

UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Stefan V. Gordanić

**EVALUACIJA MORFOLOŠKIH I HEMIJSKIH  
OSOBINA SREMUŠA (*Allium ursinum* L.) SA  
PODRUČJA REPUBLIKE SRBIJE**

Doktorska disertacija

Beograd, 2024.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF AGRICULTURE

Stefan V. Gordanić

**EVALUATION OF MORPHOLOGICAL AND  
CHEMICAL CHARACTERISTICS OF RAMSON  
(*Allium ursinum* L.) FROM THE TERRITORY OF  
THE REPUBLIC OF SERBIA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2024.

**Mentori:**

**dr Đorđe Moravčević, redovni profesor**

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

**dr Tatjana Marković, naučni savetnik**

Institut za proučavanje lekovitog bilja „Dr Josif Pančić“, Beograd

**Članovi komisije:**

**dr Aleksandar Ž. Kostić, vanredni profesor**

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

**dr Dragoja Radanović, naučni savetnik**

Institut za proučavanje lekovitog bilja „Dr Josif Pančić“, Beograd

**dr Slavica Jelačić, redovni profesor**

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Datum odbrane doktorske disertacije: \_\_\_\_\_

## **Zahvalnica**

*Prvenstveno želim da se zahvalim svevišnjem Gospodu Bogu za Njegovo vođstvo i blagoslove tokom celokupnog rada.*

*Najdublju i najiskreniju zahvalnost dugujem mentoru prof. dr Đorđu Moravčeviću koji me je prihvatio kao doktoranta i pomogao pri teorijskom i eksperimentalnom radu na ovoj doktorskoj disertaciji, kao i na nesebičnoj podršci, dragocenim i dobromernim savetima kad god je to bilo potrebno. Zahvaljujem se i mentorki dr Tatjani Marković, šefu odseka za israživanje i razvoj u poljoprivredi Instituta na kome sam zaposlen, najpre na izboru teme za ovaj doktorat, a takođe i na svim sugestijama i iskrenim savetima tokom izrade i pisanja doktorske disertacije.*

*Posebnu zahvalnost na ukazanom poverenju, strpljenju, datim savetima i prenetom znanju dugujem prof. dr Aleksandru Ž. Kostiću i njegovoj istraživačkoj grupi sa Poljoprivrednog fakulteta, koji su mi omogućili izradu najvećeg dela laboratorijskog istraživanja iz okvira ove disertacije.*

*Neizmernu zahvalnost dugujem i prof. dr Dragoju Radanoviću na profesionalnosti i raspoloživosti u mnogim segmentima mog istraživanja i rada na ovom doktoratu.*

*Zahvalnost dugujem i prof. dr Slavici Jelačić što me je još tokom studiranja zainteresovala za oblast lekovitog bilja, kao i zbog pomoći tokom izvođenja i pisanja disertacije.*

*Veliko hvala i kolegama iz Centra za primenjenu cirkularnu ekonomiju doo Šabac za analitičku podršku i savete.*

*Zahvalnost dugujem prof. dr Aleksandru Simiću na pomoći oko terenskih istraživanja i mnogim drugim dobromernim savetima.*

*Veliku zahvalnost na pomoći, podršci, druženju, kolegijalnosti i beskrajno lepim trenucima izražavam i kolegama Srđanu Radojević, Ivani Janković, Sofiji Kilibardi, Sandri Popović-Vuković i mojim dragim kolegama iz Instituta sa kojima radim.*

*Beskonačnu zahvalnost dugujem prof. dr Sretenu Jeliću za pomoć od samog početka, što je omogućilo da do ovog rada uopšte i dođe.*

*I za kraj, ovu disertaciju posvećujem svojim roditeljima, tati Veroljubu, mami Milici i bratu Ivanu, kojima sam puno zahvalan jer su nesebično i strpljivo bili uz mene u svakom trenutku!*

# EVALUACIJA MORFOLOŠKIH I HEMIJSKIH OSOBINA SREMUŠA (*Allium ursinum* L.) SA PODRUČJA REPUBLIKE SRBIJE

## Sažetak

Cilj ove doktorske disertacije je bio da se ispitaju morfološke i hemijske osobine sremuša (*Allium ursinum* L.), sa područja Republike Srbije, kao i pojedine ekološke karakteristike u kojima se nalaze proučavane populacije. Sremuš u prirodnim ekosistemima raste kao samonikla višegodišnja biljna vrsta kod koje se najviše koriste listovi, a period njihove berbe je veoma kratak i vezan je za rano proleće. Staništa u kojima on raste su često nepoznata, teško pristupačna, slabo proučena i mapirana. Ona na svoj način definišu i osobine biljke, a kvantifikacija sremuša kroz ova istraživanja usmerena je u pravcu njegove racionalne eksploatacije *in situ*, kao i mogućnostima njegove introdukcije.

Tokom trogodišnjeg perioda (2020–2022), sprovedena su terenska i laboratorijska istraživanja. Terenske aktivnosti su podrazumevale identifikaciju populacija sremuša, njihovih staništa, kao i uzorkovanje zemljišta i biljnog materijala potrebnog za laboratorijska ispitivanja. Pri terenskim aktivnostima ovog istraživanja izabrana su 43 staništa na kojima raste sremuš, od čega se 21 stanište nalazio na nadmorskoj visini do 500 m, a 22 staništa iznad 500 m. Na svakom od odabranih staništa određene su geografske koordinate, nadmorska visina, tip zemljišta, kao i najvažnije klimatske osobine korišćenjem dostupnih meteoroloških parametara, ali i podataka dobijenih direktno sa lokacija korišćenjem uređaja za merenje temperature i relativne vlažnosti vazduha.

U zemljištu su određeni osnovni parametri plodnosti i to: pH, % humusa, sadržaji N, P i K. Metodom indukovano-kuplovane plazme (ICP-OES) izvršena je elementalna analiza i određen je sadržaj biogenih i potencijalno toksičnih elemenata (Ca, Na, Mg, Al, Fe, Se, Mn, Zn, Co, V, B, Sb, Tl, Cd, Pb, Cu). Sadržaj Cr određen je jonskom hromatografijom, sadržaj Hg živinim analizatorom, a sadržaj As hibridnom tehnikom. Na biljnom materijalu izvršene su morfološke, fitohemijske analize (ukupni sadržaj polifenola i flavonoida) metodom spektrofotometrije, kao i elementalna analiza istim metodama kao kod zemljišta. Evaluacija dobijenih rezultata izvršena je na osnovu ocene stepena kontaminiranosti zemljišta, sklonosti sremuša za akumulacijom pojedinih elemenata čime je određen faktor kontaminacije, stepen zagađenja područja, bioakumulacioni faktor, kao i uticaj ekoloških faktora koji doprinose tome.

Rezultati analize zemljišta pokazuju da su se osnovni parametri plodnosti razlikovali na svim ispitivanim staništima, pri čemu su se pH vrednosti kretale u intervalu od 4,17 do 7,73 (pH u H<sub>2</sub>O), odnosno od 3,65 do 7,43 (pH u KCl). Sadržaj azota bio je od 0,12 do 0,47%, sadržaj pristupačnog fosfora od 2,58 do 14,65 mg/100 g, kalijuma od 11,25 do 39,25 mg/100 g zemljišta, dok se sadržaj humusa kretao u intervalu od 2,82% do 9,32%. Uočena je velika varijabilnost u sadržaju biogenih i potencijalno toksičnih elemenata u zemljištima na ispitivanim staništima. Ukupni detektovani sadržaj kalcijuma bio je u intervalu od 250 do 28600 mg/kg, magnezijuma od 1400 do 19166 mg/kg, gvožđa od 11900 do 88900 mg/kg, mangana od 270 do 5980 mg/kg, cinka od 35,3 do 262 mg/kg, bakra od 6,7 do čak 416 mg/kg, bora od 0,81 do 95,4 mg/kg, nikla od 9,29 mg/kg do 1200,00 mg/kg, natrijuma od 61 do 386 mg/kg, aluminijuma od 5500 do 30500 mg/kg, kobalta od 3,43 do 83,5 mg/kg, vanadijuma od 0,11 do 1370 mg/kg, olova od 18,9 do 984 mg/kg, hroma od 7,70 do 739 mg/kg, žive od 0,07 do 0,47 mg/kg i arsena od 2,15 do 520,2 mg/kg, pri čemu je sadržaj antimona (L<sub>31</sub>=51,10 mg/kg) i kadmijuma (L<sub>42</sub>=0,8 mg/kg) detektovan samo na po jednom staništu.

Određivanjem faktora kontaminacije na osnovu dobijenih rezultata o sadržaju potencijalno toksičnih elemenata u zemljištima na ispitivanim staništima definisan je značajan stepen kontaminacije

niklom i umeren stepen kontaminacije bakrom, živom, manganom, kobaltom i vanadijumom, dok su ostali elementi ispoljili nizak stepen kontaminacije. Od ispitivanih elemenata najveći pojedinačni doprinos za ispoljavanje stepena kontaminacije zemljišta može se pripisati niklu, a najmanji kadmijumu.

Ispitivanjem klimatskih parametara i njihovom analizom prema Langeovom kišnom faktoru, može se zaključiti da su populacije sremuša u blizini Niša, Kragujevca, Valjeva, Kraljeva, Zlatibora i Sjenice rasle u uslovima gde preovlađuje perhumidna klima, populacije u blizini Zrenjanina, Sremske Mitrovice i Beograda u uslovima semihumidne klime, a populacije u blizini Čuprije, Loznice i Požege u uslovima humidne klime. Analizom klimatskih parametara tokom vegetacionog perioda (februar–april), definisano je da su biljke sremuša rasle u uslovima koje su prema Langeovom i Kernerovom koeficijentu u intervalu od semihumidne do perhumidne klime. Generalno, prema stepenu kontinentalnosti klime, populacije u blizini Zlatibora i Sjenice su rasle u uslovima umereno kontinentalne klime, populacije u blizini Beograda i Zrenjanina u uslovima litoralne, dok su preostale populacije rasle u uslovima blago kontinentalne klime.

Značajan deo ovih istraživanja išao je u pravcu proučavanja morfoloških i proizvodnih osobina populacija sremuša na različitim staništima. Ispitivane su sledeće njegove osobine: masa sveže biljke, visina biljke, visina nadzemnog dela biljke, prečnik lukovice, broj i masa listova po biljci, prosečna dužina i širina listova po biljci, ukupna lisna površina po biljci, brojnost biljaka u populaciji i prinos lista, odnosno herbe. Kod svih ispitivanih osobina sremuša zabeležene su statistički značajne razlike koje su uslovljene agroekološkim uslovima uspevanja. Na to ukazuju i intervali u kojima su se kretale izmerene vrednosti gore pobrojanih parametara. Masa sveže biljke kretala se u granicama od 0,90 do 8,32 g, a visina biljke od 17,77 do 33,11 cm. Treba istaći i da je broj listova po biljci varirao od 1 do 2,07, a njihov broj po metru kvadratnom staništa od 102,5 do 237,5. Prinos svežeg lista se takođe, shodno prethodnim vrednostima kretao u širokom intervalu od 39,46 do 564,83 g/m<sup>2</sup>. Uočen je veći prosečni prinos lišća kod populacija koje rastu na nadmorskim visinama iznad 500 m (239,47 g/m<sup>2</sup>), u odnosu na one koje su rasle ispod te granice (211,63 g/m<sup>2</sup>).

Od ispitivanih biogenih i potencijalno toksičnih elemenata u svežim delovima sremuša, detektovan je najveći sadržaj kalijuma od 1544 do 3782 mg/kg u lukovicama i od 1695 do 5842 mg/kg u listovima, zatim kalcijuma 82,62–878,9 mg/kg u lukovicama i 110,8–885,9 mg/kg u listovima, gvožđa od 3,59 do 806 mg/kg u lukovicama, a od 11,4 do 502 mg/kg u listu, magnezijuma od 103,9 do 593,9 mg/kg u lukovicama, a u listovima od 165,2 do 855,6 mg/kg, mangana od 1,24 do 32,4 mg/kg u lukovicama, a u listovima od 1,84 do 21,2 mg/kg, cinka od 0,60 do 11,1 mg/kg u lukovicama, a od 2,54 do 11,00 mg/kg u listovima, bakra od 1,07 do 5,35 mg/kg u lukovicama, a od 1,02 do 2,96 mg/kg u listovima, bora od 0,21 do 2,07 mg/kg u lukovicama, a od 0,69 do 3,67 mg/kg u listovima, nikla od 1,03 do 3,62 mg/kg u lukovicama, a od 1,20 do 10,9 mg/kg u listovima, natrijuma od 10,43 do 157 mg/kg u lukovicama, a 9,78–53,72 mg/kg u listovima, aluminijuma od 13,5 do 404,0 mg/kg u lukovicama, a 3,9–103,0 mg/kg u listovima. Prisustvo kadmijuma u lukovicama ( $L_{35}=2,12$  mg/kg), olova u lukovicama ( $L_6=1,87$  mg/kg;  $L_{17}=2,95$  mg/kg) i listovima ( $L_{35}=58,1$  mg/kg;  $L_{42}=15,6$  mg/kg), hroma u lukovicama ( $L_{42}=1,79$  mg/kg) i listovima ( $L_{23}=1,11$  mg/kg) i arsena u lukovicama (od 0,11 do 4,65 mg/kg) i listovima (od 0,11 do 4,39 mg/kg) zabeleženo samo na pojedinim staništima. Rezultati ukazuju da ispitivani elementi nemaju isti translokacioni potencijal. Pojedini elementi, kao što su aluminijum, mangan, gvožđe, cink, nikl, bakar i kadmijum, imali su veći sadržaj u listu nego u lukovici. Bioakumulacioni potencijal jestivih delova (listova), na nekim staništima je bio visok u pogledu kalijuma, kalcijuma, cinka i arsena, srednji u pogledu magnezijuma, bakara, bora, nikla, natrijuma i olova i nizak u pogledu gvožđa, mangana i hroma. Korelacionom analizom odnosa prisutnosti analiziranih biogenih i potencijalno toksičnih elemenata u zemljištu i biljci sremuša, uočene su niske pozitivne korelacije za kadmijum, arsen, kalcijum, olovo, natrijum, magnezijum, kalijum,

cink, nikl i mangan i negativne korelacije za bakar, bor, aluminijum, hrom i gvožđe, što nam implicira da je njihovo poreklo prvenstveno iz zemljišta.

Stanište je značajno uticalo na sadržaj polifenola i flavonoida. Ukupni sadržaj polifenola varirao je od 1,47 do 2,49 mg FAE /g, a flavonoida od 0,27 do 0,82 mg QE/g, ukazujući na visoku varijabilnost (min/max: oko 60% za polifenole i oko 33% za flavonoide).

Generalno, većina ispitivanih zemljišta na staništima sremuša su različitog hemijskog sastava, kisele reakcije, dobro snabdevena organskom supstancom, pri čemu je sadržaj pojedinih biogenih i potencijalno toksičnih elemenata (BE i PTE) u zemljištu bio iznad graničnih vrednosti. Populacije sremuša uglavnom rastu u vlažnim uslovima, i tokom vegetacije i van vegetacionog perioda, pri čemu temperatura utiče na dužinu trajanja vegetacije. Rezultati ukazuju da sremuš koji raste na većim nadmorskim visinama (iznad 500 m) ima znatno bolji prinos lista, morfološke parametre i fitohemijska svojstva. Analizirani sremuš ima različit sadržaj pojedinih BE i PTE pri čemu je sadržaj As, Cd, Cr i Pb u listovima bio veći od dozvoljenih vrednosti na pojedinim lokacijama. Razlika u sadržaju bila je znatno izražena u zavisnosti od lokaliteta i biljnog organa, pri čemu su Al, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu, Cd imali veći sadržaj u listu nego u lukovici. Bioakumulacioni potencijal je bio visok (K, Ca, Zn, As), srednji (Mg, Cu, B, Ni, Na, Pb) i nizak (Fe, Mn, Cr) za navedene elemente. Korelacija između sadržaja BE i PTE u listu i zemljištu nije bila jaka, osim za sledeće elemente: Cd (0,37), Ca (0,34), As (0,36), Pb (0,30) i Na (0,25). Korelaciona analiza pokazuje da je usvajanje analiziranih elemenata od strane sremuša zavisilo i od drugih činilaca pored njihovog ukupnog sadržaja u zemljištu.

Na osnovu svih analiziranih parametara u okviru ovog istraživanja može se zaključiti da se najpogodnije populacije sremuša sa nižih nadmorskih visina nalaze u Bojčinskoj šumi i u podnožju Fruške Gore (Ležimir, Đipša i Svilos), a sa viših na Goču, Ravnoj Gori i u blizini Valjeva (Povlen i Bobija).

**Ključne reči:** sremuš, *Allium ursinum*, biogeni elementi, potencijalno toksični elementi, fitohemijski sastav, prinos, morfološke odlike, hemijski parametri.

**Naučna oblast:** Biotehničke nauke

**Uža naučna oblast:** Ratarstvo i povrtarstvo

**UDK:** 635.26:543(497.11)(043.3)

# EVALUATION OF THE MORPHOLOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF RAMSONS (*Allium ursinum* L.) FROM THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF SERBIA

## Abstract

The aim of this doctoral dissertation was to examine the morphological and chemical characteristics of ramsons (*Allium ursinum* L.) from the Republic of Serbia, as well as certain ecological characteristics in which the studied populations occur. Ramsons grows in natural ecosystems as a wild perennial plant species whose leaves are mostly used and whose harvesting period is very short and related to early spring. The habitats where it grows are often unknown, difficult to access, poorly studied and mapped. They also define the characteristics of the plant in their own way. The quantification of ramsons through this research is directed towards its rational exploitation *in situ*, as well as the possibilities of its introduction.

During the three-year period (2020–2022), field and laboratory research was conducted. The field activities involved the identification of populations of ramsons, their habitats, as well as the sampling of soil and plant material needed for laboratory tests. During the field activities, 43 localities where ramsons grows were selected for our research, of which 21 localities were located at an altitude of up to 500 m, and 22 localities at an altitude of above 500 m. At each of the selected localities, geographic coordinates, altitude, soil type, as well as the most important climatic features were determined using the available meteorological parameters, as well as data obtained directly from the locations using devices for measuring temperature and relative humidity.

The basic fertility parameters of the soil were determined, namely: pH, humus %, N, P and K contents. Elemental analysis was performed using the induced-coupled plasma method (ICP-OES) and the content of biogenic and potentially toxic elements (Ca, Na, Mg, Al, Fe, Se, Mn, Zn, Co, V, B, Sb, Tl, Cd, Pb, Cu) was determined. The Cr content was determined by ion chromatography, the Hg content by mercury analyzer, and the As content by hybrid technique. Morphological and phytochemical analyses (total content of polyphenols and flavonoids) were performed on the plant material using the spectrophotometry method, as well as elemental analysis using the same methods as for the soil. The evaluation of the obtained results was carried out based on the assessment of the degree of soil contamination, the tendency of the soil to accumulate certain elements, which determined the contamination factor, the degree of pollution of the area, the bioaccumulation factor, as well as the influence of contributing environmental factors.

The results of the soil analysis show that the basic parameters of fertility differed in all the examined habitats, with pH values ranging from 4.17 to 7.43 (pH in H<sub>2</sub>O) and from 3.65 to 7.69 (pH in KCl). The nitrogen content was from 0.12 to 0.47%, the available phosphorus content from 2.58 to 14.65 mg/100 g, potassium from 11.25 to 39.25 mg/100 g of soil, while the humus content ranged from 2.82% to 9.32%. A large variability was observed in the contents of biogenic and potentially toxic elements in the soils of the investigated habitats. The total detected content of calcium was in the interval from 250 to 28600 mg/kg, magnesium from 1400 to 19166 mg/kg, iron from 11900 to 88900 mg/kg, manganese from 270 to 5980 mg/kg, zinc from 35.3 to 262 mg/kg, copper from 6.7 to even 416 mg/kg, boron from 0.81 to 95.4 mg/kg, nickel from 9.29 mg/kg to 1200.00 mg/kg, sodium from 61 to 386 mg/kg, aluminum from 5500 to 30500 mg/kg, cobalt from 3.43 to 83.5 mg/kg, vanadium from 0.11 to 1370 mg/kg, lead from 18.9 to 984 mg/kg, chromium from 7.70 to 739 mg/kg, mercury from 0.07 to 0.47 mg/kg and arsenic from 2.15 to 520.2 mg/kg, while the antimony content (L<sub>31</sub>=51.10 mg/kg) and the content of cadmium (L<sub>42</sub>=0.8 mg/kg) were detected only in one habitat.

When determining the contamination factor based on the obtained results on the content of potentially toxic elements in the soils of the examined habitats, a significant degree of contamination with nickel and a moderate degree of contamination with copper, mercury, manganese, cobalt and vanadium were defined, while the other elements showed a low degree of contamination. Of the examined elements, the largest contribution to the level of soil contamination can be attributed to nickel, and the smallest to cadmium.

The study of the climatic parameters and their analysis according to Lange's rain factor leads to the conclusion that the populations of ramsons near Niš, Kragujevac, Valjevo, Kraljevo, Zlatibor and Sjenica grew in conditions of a perhumid climate, the populations near Zrenjanin, Sremska Mitrovica and Belgrade grew in the conditions of a semi-humid climate, and the populations near Ćuprija, Lozniča and Požega grew in the conditions of a humid climate. By analyzing the climatic parameters during the vegetation period (February–April), it was found that the ramsons plants grew in conditions that, according to Lange's and Kerner's coefficients, were in the interval from semi-humid to perhumid climates. Depending on the degree of continentality of the climate, the populations near Zlatibor and Sjenica grew in moderately continental climate conditions, the populations near Belgrade and Zrenjanin grew in littoral conditions, while the remaining populations grew in slightly continental climate conditions.

A significant part of this research was devoted to the morphological and production characteristics of ramsons populations in different locations. The following characteristics were examined: fresh plant weight, plant height, height of the above-ground part of the plant, diameter of the bulb, number and weight of leaves per plant, average length and width of leaves per plant, total leaf area per plant, number of plants in the population and leaf yield, i.e. herbs. Statistically significant differences were recorded in all the investigated characteristics of ramsons, which are conditioned by agro-ecological growing conditions. This is indicated by the intervals in which the measured values of the parameters listed above ranged. The mass of the fresh plant ranged from 0.90 to 8.32 g, and the height of the plant from 17.77 to 33.11 cm. In addition, the number of leaves per plant varied from 1 to 2.07, and their number per square meter of habitat from 102.5 to 237.5. The fresh leaf yield also, according to the previous values, ranged from 39.46 to 564.83 g/m<sup>2</sup>. A higher average leaf yield was observed in populations growing at altitudes above 500 m (239.47 g/m<sup>2</sup>), compared to those growing below that limit (211.63 g/m<sup>2</sup>).

Of the examined biogenic and potentially toxic elements in the fresh parts of ramsons, the highest content of potassium was detected from 1544 to 3782 mg/kg in bulbs and from 1695 to 5842 mg/kg in leaves, followed by calcium 82.62–878.9 mg/kg in bulbs and 110.8–885.9 mg/kg in leaves, iron from 3.59 to 806 mg/kg in bulbs, and from 11.4 to 502 mg/kg in leaves, magnesium from 103.9 to 593.9 mg/kg in bulbs, and in leaves from 165.2 to 855.6 mg/kg, manganese from 1.24 to 32.4 mg/kg in bulbs, and in leaves from 1.84 to 21.2 mg/kg, zinc from 0.60 to 11.1 mg/kg in bulbs, and from 2.54 to 11.00 mg/kg in leaves, copper from 1.07 to 5.35 mg/kg in bulbs, and from 1.02 to 2.96 mg/kg in leaves, boron from 0.21 to 2.07 mg/kg in bulbs, and from 0.69 to 3.67 mg/kg in leaves, nickel from 1.03 to 3.62 mg/kg in bulbs, and from 1.20 to 10.9 mg/kg in leaves, sodium from 10.43 to 157 mg/kg in bulbs, and 0.04–53.72 mg/kg in leaves, aluminum from 13.5 to 404.0 mg/kg in bulbs, and 3.9–103.0 mg/kg in leaves. The presence of cadmium in bulbs ( $L_{35}=2.12$  mg/kg), lead in bulbs ( $L_6=1.87$  mg/kg;  $L_{17}=2.95$ /mg/kg) and leaves ( $L_{35}=58.1$  mg/kg;  $L_{42}=15.6$ /mg/kg), chromium in bulbs ( $L_{42}=1.79$  mg/kg) and leaves ( $L_{23}=1.11$  mg/kg) and arsenic in bulbs (from 0.11 to 4.65 mg /kg) and leaves (from 0.11 to 4.39 mg/kg) was recorded only in certain habitats. The results indicate that the examined elements did not have the same translocation potential. Some elements, such as aluminum, manganese, iron, zinc, nickel, copper and cadmium, had a higher content in the leaf than in the bulb. The bioaccumulation potential of the edible parts (leaves) in some habitats was high for potassium, calcium, zinc and arsenic,

medium for magnesium, copper, boron, nickel, sodium and lead and low for iron, manganese and chromium. The correlation analysis of the ratio of the presence of the analyzed biogenic and potentially toxic elements in the soil and ramsons plant showed low positive correlations for cadmium, arsenic, calcium, lead, sodium, magnesium, potassium, zinc, nickel and manganese and negative correlations for copper, boron, aluminum, chromium and iron, which implies that they mainly originate from the soil.

The habitat significantly influenced the content of polyphenols and flavonoids. The total content of polyphenols varied from 1.47 to 2.49 mg FAE/g, and that of flavonoids from 0.27 to 0.82 mg QE/g, indicating a high variability (min/max: about 60% for polyphenols and about 33% for flavonoids).

In general, most of the examined soils in the habitats of ramsons had a different chemical composition, acidic reactions, were well supplied with organic matter, while the content of certain biogenic and potentially toxic elements (BE and PTE) in the soil was above the limit values. Ramsons populations generally grow in wet conditions, both during the growing season and outside the growing season, with temperature affecting the duration of the growing season. The results indicate that ramsons growing at higher altitudes (above 500 m) had a significantly better leaf yield, morphological parameters and phytochemical properties. The analyzed ramson had a different content of individual BE and PTE, whereby the content of As, Cd, Cr and Pb in the leaves was higher than the permitted values in certain locations. The difference in content was significantly expressed depending on the locality and plant organ, whereby Al, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu, Cd had a higher content in the leaf than in the bulb. The bioaccumulation potential was high (K, Ca, Zn, As), medium (Mg, Cu, B, Ni, Na, Pb) and low (Fe, Mn, Cr) for the mentioned elements. The correlation between BE and PTE content in leaf and soil was not strong, except for the following elements: Cd (0.37), Ca (0.34), As (0.36), Pb (0.30) and Na (0.25). The correlation analysis shows that the adoption of the analyzed elements by ramsons depended not only on their total content in the soil but also on other factors.

Based on all the parameters analyzed in this research, it can be concluded that the most suitable populations of ramsons from lower altitudes are found in the Bojčin forest and at the foot of Fruška Gora (Ležimir, Đipša and Svilost), and from higher altitudes on Goč, Ravna Gora and near Valjevo (Povlen and Bobija).

**Key words:** ramsons, *Allium ursinum*, biogenic elements, potentially toxic elements, phytochemical composition, yield, morphological characteristics, chemical parameters.

**Scientific field:** Biotechnical Science

**Specialized scientific field:** Agronomy

**UDC:** 635.26:543(497.11)(043.3)

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE .....</b>	<b>3</b>
2.1. Opšti deo.....	3
2.2. Etimologija, botanička i sistematska klasifikacija sremuša .....	3
2.3. Geografski položaj i rasprostranjenost sremuša .....	4
2.4. Morfološke odlike sremuša .....	9
2.5. Hemski sastav sremuša .....	11
2.5.1. Sumporna jedinjenja.....	12
2.5.2. Fenolna jedinjenja .....	14
2.5.3. Ostala bioaktivna jedinjenja u sremušu .....	16
2.6. Elementalni sastav sremuša.....	17
2.7. Upotrebska i farmakološka vrednost sremuša .....	20
2.8. Osnovni elementi ekološkog sistema na staništima .....	21
2.8.1. Klimatske odlike vegetacionog prostora (staništa).....	21
2.8.2. Odlike zemljišta vegetacionog prostora (staništa).....	24
2.8.2.1. Osnovni parametri plodnosti zemljišta .....	25
2.8.2.1.1. Reakcija zemljišta (pH) .....	25
2.8.2.1.2. Azot (N).....	25
2.8.2.1.3. Fosfor (P).....	26
2.8.2.1.4. Kalijum (K) .....	26
2.8.2.1.5. Organska supstanca (humus).....	27
2.8.1.2. Prisustvo biogenih (BE) i potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u zemljištu .....	27
2.8.1.2.1. Kalcijum (Ca).....	27
2.8.1.2.2. Magnezijum (Mg) .....	28
2.8.1.2.3. Gvožđe (Fe).....	28
2.8.1.2.4. Mangan (Mn).....	28
2.8.1.2.5. Cink (Zn) .....	28
2.8.1.2.6. Bakar (Cu) .....	28
2.8.1.2.7. Bor (B).....	29
2.8.1.2.8. Nikl (Ni) .....	29
2.8.1.2.9. Natrijum (Na) .....	29
2.8.1.2.10. Aluminijum (Al).....	29
2.8.1.2.11. Kobalt (Co).....	29

2.8.1.2.12. Vanadijum (V) .....	30
2.8.1.2.13. Kadmijum (Cd) .....	30
2.8.1.2.14. Olovo (Pb).....	30
2.8.1.2.15. Hrom (Cr).....	30
2.8.1.2.16. Živa (Hg).....	30
2.8.1.2.17. Arsen (As) .....	31
<b>3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>32</b>
<b>4. RADNE HIPOTEZE.....</b>	<b>33</b>
<b>5. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>34</b>
5.1. Terenska istraživanja.....	34
5.2. Identifikacija i odabir staništa .....	34
5.2.1. Uzorkovanje materijala sa staništa .....	34
5.2.2. Praćenje klimatskih parametara na staništima .....	35
5.3. Laboratorijska istraživanja .....	36
5.3.1. Analize uzoraka zemljišta .....	36
5.3.2. Analize biljnog materijala .....	37
5.3.3. Evaluacija dobijenih rezultata .....	39
<b>6. REZULTATI I DISKUSIJA .....</b>	<b>40</b>
6.1. Identifikacija staništa sremuša.....	40
6.2. Karakteristike zemljišta na staništima sremuša .....	43
6.2.1. Rezultati analize osnovnih hemijskih parametara .....	43
6.2.1.2. Azot (N) .....	45
6.2.1.3. Fosfor (P) .....	45
6.2.1.4. Kalijum (K).....	45
6.2.1.5. Humus.....	46
6.2.2. Sadržaj drugih biogenih (BE) i potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u zemljištu.....	46
6.2.2.1. Kalcijum (Ca).....	46
6.2.2.2. Magnezijum (Mg) .....	46
6.2.2.3. Gvožđe (Fe).....	48
6.2.2.4. Mangan (Mn).....	48
6.2.2.5. Cink (Zn) .....	48
6.2.2.6. Bakar (Cu) .....	48
6.2.2.7. Bor (B).....	48
6.2.2.8. Nikl (Ni) .....	50

6.2.2.9. Natrijum (Na) .....	50
6.2.2.10. Aluminijum (Al).....	50
6.2.2.11. Kobalt (Co).....	50
6.2.2.12. Vanadijum (V).....	50
6.2.2.13. Antimon (Sb).....	52
6.2.2.14. Kadmijum (Cd) .....	52
6.2.2.15. Olovo (Pb) .....	52
6.2.2.16. Hrom (Cr) .....	52
6.2.2.17. Živa (Hg) .....	54
6.2.2.18. Arsen (As) .....	54
6.3. Faktor kontaminacije ispitivanih zemljišta.....	55
6.4. Klimatske karakteristike ispitivanih staništa sremuša.....	61
6.4.1. Temperatura.....	61
6.4.2. Padavine .....	64
6.4.3. Relativna vlažnost vazduha.....	64
6.4.4. Intenzitet osvetljenja .....	65
6.4.5. Analiza klimatskih činilaca .....	66
6.5. Karakteristike sremuša na prirodnim staništima .....	69
6.5.1. Morfološke analize biljnog materijala.....	69
6.5.2. Sadržaja biogenih (BE) i potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u sremušu .....	76
6.5.2.1. Kalijum (K) .....	76
6.5.2.2. Kalcijum (Ca).....	78
6.5.2.3. Gvožđe (Fe).....	78
6.5.2.4. Magnezijum (Mg) .....	78
6.5.2.5. Mangan (Mn).....	78
6.5.2.6. Cink (Zn) .....	80
6.5.2.7. Bakar (Cu) .....	80
6.5.2.8. Bor (B).....	80
6.5.2.9. Nikl (Ni) .....	80
6.5.2.10. Natrijum (Na) .....	82
6.5.2.11. Aluminijum (Al).....	82
6.5.2.12. Kadmijum (Cd) .....	82
6.5.2.13. Olovo (Pb) .....	82
6.5.2.14. Hrom (Cr).....	85

6.5.2.15. Arsen (As) .....	85
6.5.2.16. Translokacioni potencijal sremuša u fazi ubiranja .....	88
6.5.2.17. Bioakomulacioni potencijal sremuša u fazi ubiranja .....	91
6.5.3. Fitohemijske analize biljnog materijala - sadržaj polifenola i flavonoida .....	93
<b>7. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>97</b>
<b>8. LITERATURA .....</b>	<b>99</b>
Prilozi .....	114
Biografija kandidata .....	120
Izjava o autorstvu .....	121
Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada.....	122
Izjava o korišćenju .....	123

## 1. UVOD

Od davnina egzistencija ljudskog roda vezana je za prirodu, odnosno njene resurse. Tu je čovek pronalazio i hranu i lek. Danas u svetu, prvenstveno u zemljama u razvoju, više stotina miliona ljudi značajan deo svojih materijalnih prihoda obezbeđuje eksplotacijom lekovitih biljnih vrsta sa prirodnih staništa (Schippmann et al., 2002). Osim toga, u velikom broju zemalja, pojedine lekovite biljne vrste imaju ključnu ulogu u mnogim tradicionalnim, verskim i kulturnim obredima što značajno povećava njihovu potražnju i potrošnju (Hariyadi, 2011).

Poslednjih godina, postoji izražena migracija stanovništva iz ruralnih u gradska područja što nepovoljno utiče na sakupljanje lekovitih biljnih vrsta u brdsko-planinskim područjima. Iz tog razloga, sve je manji broj obučenih ljudi koji poznaju i prikupljaju lekovite biljne vrste (Dajić Stevanović i sar., 2014). Nasuprot tome, potrebe za lekovitim biljnim sirovinama su sve veće posebno u prehrabenoj, farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji, pa zbog toga dolazi do njihove prekomerne eksplotacije, a kada se u obzir uzme i činjenica da se sakupljanjem lekovitih sirovina bave neiskusni i neobučeni radnici, štete po ekosistem su još izraženije.

Prevelika eksplotacija dovodi do ugrožavanja određenih lekovitih biljnih vrsta na staništima, pa je u većini zemalja stavljena zabrana za njihovo dalje sakupljanje iz prirode (Kuipers 1997; Lange 1998). Pošto se u poslednje vreme iz navedenih razloga tržište sve teže snabdeva nekim lekovitim biljnim sirovinama preporučuje se uvođenje, odnosno kultivacija samoniklih lekovitih biljnih vrsta (Misra, 2009). Da bi kultivacija samoniklih lekovitih biljnih vrsta bila efikasna potrebno je definisati tehnologiju gajenja koja podrazumeva prethodno poznavanje same fiziologije biljke i ekobioloških uslova njenog staništa (Canter et al., 2005). Kultivacija samoniklih lekovitih biljnih vrsta ima niz prednosti kao što je zadovoljavanje tržišta sirovinama odgovarajućeg kvaliteta, kontinuirano snabdevanje tržišta, proizvodnja sirovine po određenim standardima, očuvanje biodiverziteta i dr. (Schippmann et al., 2002). Međutim, kultivacija samoniklih lekovitih biljnih vrsta ima i nedostataka od kojih se jednim od osnovnih smatraju uspostavljanje tehnologije uzgoja kroz duži vremenski period i velika ekomska ulaganja (Wagner et al., 2012).

Sremuš (*Allium ursinum* L.), u narodu poznat još kao divlji beli luk, je samonikla biljna vrsta iz familije Aliaceae koja nije autohtona biljna vrsta za područje Srbije već je rasprostranjena u bukovim šumama širom Evrope (Herden et al., 2012). Najveću upotrebnu vrednost kod sremuša imaju listovi koji se koriste u farmaceutskoj i prehrabenoj industriji. Potrebe za sremušem kako u medicini tako i u ishrani, obezbeđuju se njegovim prikupljanjem iz prirode. Potražnja za ovom biljnom sirovinom je u porastu obzirom da ulazi u veliki broj prehrabnenih (začini i korigensi ukusa) i farmaceutskih proizvoda (čajevi, tinkture).

Lekovita svojstva sremuša vezuju se za sadržaj sumpornih, fenolnih jedinjenja (posebno fenolnih kiselina), saponina i karotenoida (Schmitt et al., 2005; Sobolewska et al., 2015; Lachowicz et al., 2018). Sveži listovi imaju visok antioksidativni potencijal zbog prisustva fenolnih jedinjenja (Štajner et al., 2008). Konzumiranjem lista ostvaruju se brojne prednosti koje su vezane za lečenje bolesti srca i krvnih sudova, povišenog nivoa holesterola, za lečenje kancerogenih oboljenja, za lečenje dijabetesa, gojaznosti, poremećaja gastrointestinalnog trakta, kao i protiv raznih upala (Sobolewska et al., 2015). Prema Simona et al. (2006), pored organskih sremuš sadrži i veliki broj neorganskih komponenti, kao što su biogeni (BE), (K, Ca, Mg, Na, Na, i Mn), ali i potencijalno toksični (PTE) elementi: Hg, Pb i Cd.

Da bi se iskoristile pomenute prednosti ove biljne vrste, potrebno je obezbediti dovoljnu količinu biljne sirovine lista sremuša, a koja uglavnom potiče iz spontane flore, sa retko dostupnih i

manje poznatih staništa. U mnogim slučajevima zbog needukovanih sakupljača ubrana samonikla sirovina iz prirode ne ispunjava propisane zahteve kvaliteta tržišta. Istraživanja Blazewicz-Wozniak et al. (2011) i Dželetovic et al. (2022), pokazuju kako se biljna sirovina sremuša ubrana na različitim staništima razlikuje po svom mineralnom i hemijskom sastavu i kako stanište ima veliki uticaj na kvalitet biljne sirovine.

## **2. PREGLED LITERATURE**

### **2.1. Opšti deo**

Neujednačenost morfoloških i hemijskih karakteristika sremuša do danas je bila predmet malog broja istraživanja. Ciljevi prethodnih istraživanja u najvećoj meri su se odnosili na utvrđivanje lekovitih, odnosno farmakoloških svojstava, zasnovanih pretežno na hemijskim parametrima. U daljem tekstu, ukratko je opisan pregled dosadašnjih istraživanja koja su se bavila ovom tematikom i rezultata i zaključaka do kojih su autori došli.

Uzimajući u obzir da veći deo istraživanja nije istovremeno obuhvatao hemijske, fitohemijske, farmakološke, fiziološke i morfološke parametere, a manji broj istraživanja je bio fokusiran na procenu ekoloških parametara na prirodnim staništima, pregled dosadašnjih istraživanja biće taksativno podeljen u podpoglavlja koja će biti objedinjena u jednu celinu. Ovo je odrađeno iz razloga što je često vrlo teško posmatrati ove parametre zasebno, pa se njihovim sublimiranjem dobija jasniji uvid u prirodu funkcionisanja pojedinih mehanizama kod sremuša, odnosno može se sagledati njegova fiziološka strukturno-funkcionalna povezanost i izvesti adekvatni zaključci.

### **2.2. Etimologija, botanička i sistematska klasifikacija sremuša**

Naziv sremuša (*Allium ursinum*), potiče od izvedene latinske reči *ursus*, što u prevodu znači medved, a prema predanju postoji saznanje da medvedi nakon zimskog sna konzumiraju sremuš kako bi revitalizovali organizam, obnovili energiju i snagu koju su izgubili tokom zime (Sobolewska et al., 2015). Shodno tome, u većini zemalja sremuš nazivaju i medveđi luk (Tabela 1).

Stanovništvo na području R. Srbije sremuš još naziva i crijemuš, srijemuž, srijemuža, cremoš, skremboš i divlji luk (Konjević i sar., 2006). U stranoj literaturi sremuš se naziva „ramson“ i veruje se da taj naziv potiče od saksonske reči *hramsa*, što u prevodu znači beli luk. U Jugozapadnoj Engleskoj farmeri sremuš nazivaju još i kravlji praziluk. Naziv je nastao iz razloga što krave u ispaši rado konzumiraju sremuš pri čemu njihovo mleko menja aromu što su farmeri iskorišćivali za prevremenu laktaciju (Forager's Calendar. Retrieved 2022-07-28). Davna etimološka teorija vezana za stare Grke, navodi da naziv potiče od latinske reči „*Ursa major*“ a odnosi se na sazvežđe zvezda na severnoj hemisferi, verovatno zato što sremuš zauzima severni areal (Böhling, 2008). Raniji dokazi ukazuju da su ga keltski Britanci u engleskoj kuhinji upotrebljavali kao začin još pre 1500 godina (Forager's Calendar. Retrieved 2022-07-28). Iscelitelji među Keltima, Teutonska plemena i stari Rimljani nazivali su ga još i *herba salutaris* što znači lekovita biljka (Forager's Calendar. Retrieved 2022-07-28).

Sremuš (*Allium ursinum* L.), je višegodišnja, geofitna, zeljasta biljna vrsta koja pripada rodu *Allium*. Sremuš pripada familiji Alliaceae mada ga savremena sistematika svrstava u familiju *Amarillidaceae*, red Asparagales, klasa Liliopsida, rezdeo Magniliphyta, carstvo Plantae (Friesen et al., 2006; Sobolewska et al., 2015). Isti autori navode da postoji podela ove biljne vrste na dve podvrste, podvrstu *ursinum* i podvrstu *ucrainicum*, a koje se razlikuju i morfološki i po lokalitetima na kojima su rasprostranjene. Osim sremuša, od lukova familije Alliaceae veću upotrebnu vrednost imaju i crni luk (*A. cepa*), praziluk (*A. porrum*), vlašac (*A. schoenoprasum*) i beli luk (*A. sativum*) (Sendl, 1995).

Tabela 1. Nazivi sremuša u raznim zemljama (Gernot Katzer's Spice Pages)

<b>Jezik</b>	<b>Narodni naziv</b>	<b>Prevedeni naziv</b>
Nemački	bärlauch	medveđi praziluk
Holandski	beerlook	medveđi luk
Latinski	<i>Allium ursinum</i>	medveđi luk
Italianski	erba orsina	medveđa trava
Bretonski	kignen-an-arzhed	medveđi luk
Francuski	ail des ours	beli luk za medvede
Valonski	A des oûsses	beli luk za medvede
Spanski	ajo de oso	beli luk za medvede
Albanski	qepë e arushë	luk medveda
Poljski	czosnek niedźwiedzi	medveđi luk
Češki	medvědí česnek	medveđi luk
Slovački	cesnak medvedi	medveđi luk
Ruski	chesnok medvezhij [чеснок медвежий]	medveđi luk
Ruski	luk medvezhij [лук медвежий]	medveđi luk
Beloruski	cybulia miadzvežaja [цыбуля мядзвеҗая]	medveđi luk
Ukrainski	tsybulya vedmezha [цибуля ведмежа]	medveđi luk
Bugarski	luk mechii [лук мечи]	medveđi luk
Hrvatski	medvjedji luk [медвеђи лук]	medveđi luk
Slovnski	medvedji česen	medveđi luk
Farski	sirkhers [سیرخرس]	medveđi luk
Mađarski	medvehagyma	medveđi luk
Finski	karhunlaukka	medveđi luk
Estonski	karulauk	medveđi luk
Litvanski	meškinis česnakas	medveđi luk

### 2.3. Geografski položaj i rasprostranjenost sremuša

*Allium ursinum* samoniklo raste pretežno na severnoj hemisferi, sa glavnim centrima diverziteta u Evropi, jugozapadnoj i centralnoj Aziji, dok je manjim delom rasprostranjen u severnoj Americi (Fritsch et al., 2006). Staništa sremuša rasprostranjena su na različitim nadmorskim visinama, a koje mogu biti i ispod 100 m i iznad 1000 m nadmorske visine (n.v.) (Oborny et al., 2011). Tutin et al. (1957), navode da se populacije sremuša mogu naći na Alpima do 1200 m n.v., kao i u južnoj Norveškoj, čak na 1900 m n.v. Isti autori navode da je sremuš od Evropskih zemalja najzastupljeniji u Norveškoj i Finskoj (Skandinavija), dok ga u zimzelenim predelima Mediterana ima vrlo malo ili ga skoro i nema. Prema Oborny et al. (2011), široka zastupljenost sremuša zabeležena je na prostorima Male Azije, Kavkaza i Sibira, sve do poluostrva Kamčatka. U nedavnim istraživanjima (Gordanić et al., 2021; Dzeletovic et al., 2022) utvrđeno je da se populacije sremuša na području Srbije mogu naći na nadmorskim visinama koje variraju u intervalu od 80 do 1211 m.

Istraživanje Friesen et al., (2006) i Rola (2012), ukazuje da rasprostranjenost sremuša u velikoj meri može zavisiti od njegove podvrste; biljke podvrste *ursinum* pretežno rastu u zapadnoj Evropi, Belgiji, Španiji, Portugalu, Francuskoj, Holandiji, Švajcarskoj, Velikoj Britaniji, Austriji, Češkoj,

Nemačkoj, Litvaniji, Italiji pa sve do Skandinavskih zemalja, dok su biljke podvrste *ucrainicum* zastupljene od Dnjeparskih planina do Ukrajine u istočnoj i jugoistočnoj Evropi (Rola, 2012). Osim pomenutog areala, podvrsta *ucrainicum* spontano raste u Srbiji, Belorusiji, Češkoj, Poljskoj, Austriji, Slovačkoj, Mađarskoj, Sloveniji, Hrvatskoj Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori, Makedoniji, Bugarskoj, Rumuniji, kao i nekim delovima Italije i Moldavije (Sobolewska et al., 2015).

Što se tiče Srbije, u dosadašnjim istraživanjima ne postoje podaci koji jasno definišu na koliko i na kojim tačno staništima raste sremuš. S tim u vezi, naša zemlja nije uključena u prikaz rasprostranjenosti ove biljne vrste na teritoriji Evrope (Slika 1).



Slika 1. Rasprostranjenost sremuša u Evropi (zelena boja označava potvrđena staništa)  
Izvor: <https://www.i-flora.com/en/fact-sheets/phylogenetic-tree/art/show/allium-ursinum.html>

Prema istraživanju Rola (2012), može se reći da nema značajnih razlika u zahtevima staništa između pomenute dve podvrste sremuša. Sremuš je tipični prolećni bulbiferni geofit, čiji period vegetacije traje svega nekoliko meseci u godini, pa se može reći da ima specifične zahteve prema staništu. Tutin et al. (1957), ističu da sremuš pretežno raste na ilovastim i krečnjačkim zemljištima sa visokim sadržajem humusa, slabo kiselim do slabo alkalnim (pH 5,5–7,9) ali ne i na prevlaženim zemljištima sa odsustvom baznih katjona. Međutim, Trémolières et al. (2009), navode da populacije sremuša mogu da uspevaju na lakinim, peskovitim i prevlaženim, zemljištima uz napomenu da se to negativno odražava na njihovu morfologiju i transport hranljivih supstanci kroz same biljke.

Prema Bodó et al. (2021), uticaj zemljišta se snažno odražava na sadržaj i svojstva nektara u cvetu sremuša. Tačnije, visok sadržaj humusa, gvožđa i sulfata negativno korelira sa brojem cvetova koji proizvode nektar. Prema Gordanić et al. (2021), populacije sremuša sa teritorije Srbije, koje spontano rastu na različitim tipovima zemljišta morfološki se razlikuju; na zemljištima težeg

mehaničkog sastava razvijenije su osnovne morfološke karakteristike (težina, dužina i širina lista). U dodatku, Gordanić et al. (2022), prikazuju da populacije sa kambisola i černozema, zbog povoljnog vodno-vazdušnog kapaciteta pozitivno utiču na morfo-fiziološke i fitohemijske parametre ove biljne vrste. Slično tome, Andersson (1993), ukazuje da je razvoj sremuša najpovoljniji u zemljištima sa optimalnim vodno-vazdušnim režimom i kao ograničavajući faktor ističe deficit vode i preveliku koncentraciju aluminijuma u zemljišnoj vodi.

Istraživanjem Dželetović et al. (2022) na teritoriji naše zemlje obuhvaćeno je 12 populacija sremuša i potvrđen je sličan ishod kao u istraživanju Tutin et al. (1957), a to je da su sva zemljišta na kojima su rasle populacije bila pretežno humusna, sa različitim pH vrednostima i različitim sadržajem drugih elemenata (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn). Međutim, iako sremuš preferira zasenjena staništa sa visokom vlažnošću vazduha i plodnim zemljištem, rastao je i na suvim staništima, u drugim šumama, sa nižom vlažnošću vazduha i na zemljištima težeg mehaničkog sastava (Eggert 1992). Prema Oborny et al. (2011), sremuš u većini slučajeva raste na plodnim, vlažnim, dobro dreniranim zemljištima, lakog mehaničkog sastava, u šumama hrasta, graba ili bukve, u hladovini i zaseni, sa povećanom vlažnošću vazduha.

Shodno tome, osim zemljišnih sremuš ima velike zahteve prema meteorološkim činiocima. Naime, četrdeset sedmogodišnjim istraživanjem Bartošová et al. (2010), pri ispitivanju uticaja meteoroloških činilaca na trajanje fenoloških faza došlo se do rezultata koji su pokazali da maksimalna i srednja temperatura vazduha imaju značajan uticaj, pri čemu više temperature izazvaju skraćivanje fenofaza a niže produžavanje; pri porastu temperature za  $1^{\circ}\text{C}$  trajanje fenofaze cvetanja se smanjivalo za 1,3 dana. Isti autori navode da se početak fenofaza ubrzao za 9 do 10 dana tokom ispitivanog višedecenijskog perioda.

Prirodna staništa sremuša se nalaze uglavnom u regionima sa dobro raspoređenim padavinama ali po geografskoj distribuciji ova biljna vrsta raste u različitim klimatskim zonama (Tutin et al., 1957). Višegodišnja istraživanja Heinrichs et al. (2012), ukazuju da je na staništu sremuša u severno-nizijskoj Saksoniji u Nemačkoj u periodu od 1961. do 1990. godine prosečna godišnja suma temperaturu bila  $8,7^{\circ}\text{C}$ , a prosečna godišnja suma padavina 644,9 mm. Slične srednje temperature ( $8,9^{\circ}\text{C}$ ,  $9,3^{\circ}\text{C}$  i  $8,6^{\circ}\text{C}$ ), kao i prosečne sume padavina (608,8 mm, 666,8 mm i 643,4 mm) u periodu od 2007. do 2009. godine zabeležene su u istraživanju Błażewicz-Woźniak et al. (2011), kod gajenog sremuša. Sličan temperaturni prosek ( $8,35^{\circ}\text{C}$ ) utvrdili su Gordanić et al. (2022), pri čemu je suma padavina (304,5 mm) u istom periodu vegetacije za nekoliko meseci (od septembra 2020. do marta 2021. godine) bila nešto veća od sume padavina u istraživanju Błażewicz-Woźniak et al. (2011).

Istraživanjem Voća et al. (2022), sprovedenim na četiri lokaliteta na području R. Hrvatske dobijene su mnogo više srednje temperature ( $12,6^{\circ}\text{C}$ ,  $12,6^{\circ}\text{C}$ ,  $13,6^{\circ}\text{C}$  i  $11,7^{\circ}\text{C}$ ) i sume padavina (897mm, 897mm, 888,5mm i 1167,6mm) u periodu od januara do aprila 2021. godine. Uzimajući u obzir njegovu široku rasprostranjenost, u smislu geografske širine i nadmorske visine, veruje se da sremuš nije mnogo osjetljiv na temperaturne razlike (Tutin, 1957). Sa fiziološkog aspekta, period aktivnog rasta sremuša traje od 3 do 4 meseca u godini, počevši od februara do kraja aprila. Rast započinje pre potpunog razvoja lišća na drveću, pri čemu početkom leta, sa porastom temperature, njegovi nadzemni delovi počinju da odumiru (Sobolewska et al., 2015). Takva fiziologija u početnoj fazi vegetacije (početkom proleća), pomaže biljkama da izbegne konkurenčiju za svetlost sa krošnjom drveta dok ga ta ista krošnja, krajem proleća, štiti od direktnе sunčeve svetlosti i zadržava potrebnu vlagu u vazduhu (Jandl et al., 1997). Prema istraživanju Kovacz (2007), optimalna vazdušna vлага je za biljke sremuš od presudnog značaja, baš kao i obilje svetlosti u prvih nekoliko nedelja rasta, kako se navodi u istraživanju Oborny et al. (2011); nažalost, u oba istraživanja nisu definisani intervali za pomenute parametre.

Početkom proleća sremuš je više izložen sunčevoj svetlosti, dok je kasnije zasenčen krunom drveća. U tom slučaju dolazi do redukcije fotosintetičke aktivnosti, tačnije, u kasno proleće i leto krošnja štiti biljku od direktnе sunčeve svetlosti i vетra pri čemu se povećava vlažnost vazduha koja povoljno utiče na trajanje fenofaza. Iz tog razloga ova vrsta snažno preferira šumska područja i retko se može pronaći van šumskih populacija izuzev nekih lokacija sa ravnomerno raspoređenim padavinama, duž nekih reka, potoka ili drugih vodenih ekosistema (Kevey et al., 1982).

Navedeni meteorološki parametri kao i ambijentalni uslovi potvrđuju prethodne konstatacije Obnony et al. (2011) o uskom spektru ekoloških tolerancija sremuša na prirodnim staništima, što se potvrdilo i u istraživanju Hæggström et al. (2016), sprovedenom na području Finske (Slika 2). Kako navodi Ernst (1979), prosečan životni vek jedinki na staništima je u intervalu od 8 do 10 godina, pri čemu faza reprodukcija započinje tek od četvrte-pete godine starosti biljke (Ernst, 1979).

Osim navedenih ekoloških parametara, sremuš ima jako specifične zahteve prema biodiverzitetu. Proučavanjem šumskih ekosistema na području Rumunije konstatovano je da pretežno raste na šumskim staništima u zajednicama bukove šume (*Asperulo-Fagetum*) i ilirskog hrasta (*Erythronio - Carpion*) (Nuťu et al. 2019), kao i da su na staništima prisutne i druge drvenaste vrste poput *Tilia tomentosa* (srebrna lipa), *Carpinus betulus* (evropski grab), *Quercus petraea* (hrast kitnjak), *Acer campestre* (poljski javor), *Prunus avium* (evropska trešnja), *Quercus robur* (hrast lužnjak), *Tilia cordata* (malolisna lipa), *Fagus silvatica* (evropska bukva), *Acer platanoides* (norveški javor), *Fraxinus excelsior* (evropski jasen) i *Ulmus minor* (glatkolisni brest). Osim drvenastih prisutne su i neke dominantnije žbunaste vrste, kao što su *Crataegus monogyna* (beli glog), *Ligustrum vulgare* (kalina), *Cornus mas* (dren), *Staphylea pinnata* (klokočika), *Acer tataricum* (žešlja) i *Sambucus nigra* (zova). U prizemnom delu, Nuťu et al. (2019) su od zeljastih vrsta zabeležili *Ruscus aculeatus* (bodljikava veprina), *Stellaria holostea* (velika mišjakinja), *Dactylis poligama* (ježevica), *Coridalis cava* (šupaljka), *Festuca drimeya* (vijuk), *Arum maculatum* (kozlač), *Carex digitata* (šaš), *Euphorbia amigdaloides* (šumska mlečika), *Veronica hederifolia* (čestoslavica), *Lamium galeobdolon* (mrtva kopriva), *Mercurialis perennis* (prosinac), *Symphytum tuberosum* (žuti gavez), *Galium odoratum* (lazarkinja), *Scrophularia nodosa* (čvorasti strupnik), *Corydalis solida* (mlada), *Sanicula europaea* (milogled), *Geum urbanum* (zečija stopa), *Dentaria bulbifera* (bradavičak), *Anemone nemorosa* (šumska berberina), *Melica uniflora* (mekuš), *Pulmonaria officinalis* (plućnjak), *Astragalus gliciphilus* (kozinac), *Polygonatum latifolium* (pokosnica), *Lathyrus niger* (crna kukavičica), *Lathyrus vernus* (prolećni grašak), *Ranunculus auricomus* (puzavi ljutić), *Stellaria holostea* (Velika mišjakinja), *Scilla bifolia* (dvolisni procjepak), *Asarum europaeum* (kopitanjak), *Ranunculus ficaria* (ledinjak), *Viola reichenbachiana* (ljubica), *Geum urbanum* (zečija stopa), *Dentaria bulbifera* (bradavičak), i druge. Iako je zabeležen veliki broj zeljastih biljnih vrsta koje zajedno rastu sa sremušem u šumskim ekosistemima, zbog različitog trajanja njegovog životnog ciklusa i izrazitog aleopatskog potencijala, nisu sve vrste podjednako zastupljene u populaciji sremuša. Postoji mogućnost da se pojedine biljne vrste pojave tek nakon završetka njegove vegetacije (slika 3). U svojim korenskim eksudatima sremuš sadrži razna fenolna jedinjenja, koja inhibišu rast i razvoj drugih zeljastih biljaka (alelopatiјa), na taj utičući donekle i na biodiverziteta u svom neposrednom okruženju (Djurdjević et al., 2004). Kompleksnija istraživanja Heinrichs et al. (2012), na staništima sremuša na području Apeninskog poluostrva ističu da se populacije sremuša odlikuju uskim spektrom drugih zeljastih vrsta, poput *Pulmonaria apennina*, *Milium effusum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Melica uniflora* i *Viola odorata*. Osim navedenih, prisutne su i neke nitrofilne vrste, kao što su *Chaerophyllum hirsutum*, *Lamium maculatum* i *Urtica dioica*.



*Slika 2. Staništa sremuša na području Finske*  
*Izvor: Hæggström et al. (2016).*



*Slika 3. I – Vegetacija sremuša i drugih biljnih vrsta (I-II) na području u južno-nizijskoj Saksoniji u Nemačkoj;*  
Izvor: Heinrichs et al. (2012).

#### 2.4. Morfološke odlike sremuša

Pri ispitivanju uticaja ekotipa na morfologiju sremuša, Blazewicz-Wozniak et al. (2011) su ukazali da stanište ima jak uticaj na njegove morfo-fiziološke odlike. Slična zapažanja su donela i novija istraživanja (Gordanić et al., 2021; Voća et al., 2022), u kojima se navode razlike u morfološkim parametrima. Karpaviciene (2006), ove razlike dovodi u vezu sa podvrstama, navodeći da podvrsta *ursinum* ima dlakav i maljav pedicel, dok podvrsta *ucrainicum* ima gladak pedicel. Takođe navodi da

su drugi mofološki parametri, slični kod obe podvrste, odnosno da su tipični su za predstavnike familije lukova.



Slika 4. Morfologija sremuša

Izvor: C. A. M. Lindman (1856–1928), knjiga *Bilder ur Nordens Flora*, (dopunjeno izdanje 1917–1926).

U pogledu morfoloških osobina, sremuš je tipični predstavnik vrsta roda *Allium*. Spada u višegodišnje, bulbiferne geofite. Lukovice sremuša su uske, izdužene, okružene sa nekoliko zadebljalih listova iz kojih se kasnije u povoljnim uslovima formiraju takozvane „ćerke” ili mlade lukovice koje imaju veliku ulogu u vegetativnom razmnožavanju (Sobolewska et al., 2015). U istom istraživanju se navodi da im dužina može varirati u intervalu od 1,5 do 6 cm, što je potvrđeno i u nedavnom istraživanju na sremušima u Srbiji (Gordanić et al., 2021). Trémolières et al. (2009), ističu uticaj zemljišta, posebno strukture, na veličinu lukovica sremuša, dok Ellenberg (1988) tvrdi da veličina njegovih lukovica direktno korelira sa starošću biljke, pri čemu se pri mekanom tlu kod starijih biljaka razvijaju kontraktilni korenovi koji povlače i izdužuju lukovicu dublje u zemljište, tako da se za 10 godina one mogu naći na dubini od 27 cm.

Prema Sobolewska et al. (2015), sremuš može da dosegne visinu od 50 cm. U istraživanju Gordanić i sar. (2021) visina biljaka je varirala u intervalu 20,62–42,70 cm, kao rezultat uticaja

staništa. Slično, u istraživanju Blazewicz-Wozniak et al. (2011), ekotip se ističe kao glavni uzrok morfoloških razlika.

Nadzemne delove sremuša čine rombične, uspravne, cvetne stabljike, na čijem se vrhu obrazuju poluseferične, štitaste cvasti, građene od 3 do 30 zvezdastih, snežno belih cvetova. Uz cvetu stabljiku, sremuš obrazuje 2 do 3 kraća od stabljike, izdužena, lancetasta, tamnozelena lista. Listovi su dugačkim peteljkama pričvršćeni uz lukovicu i rastu pojedinačno ili u buketu. Dužina lista varira u intervalima 70-362 mm (Blazewicz-Wozniak et al., 2011), 85,3-161,9 mm (Gordanić et al., 2021), 159,99-195,99 mm (Voća et al., 2022), i 100,9-140,9 mm (Gordanić et al., 2022), pri čemu se kao glavni uzroci navode uslovi staništa i trajanje fenofaza razvoja. Širina lisne ploče varira u intervalima 20-64 mm (Blazewicz-Wozniak et al., 2011), 19-39 mm, (Gordanić et al., 2021), 41,92-66,23 mm (Voća et al., 2022), ili 23,9-60,5 mm (Gordanić et al., 2022).

Cvetanje sremuša započinje u drugoj dekadi aprila a završava u prvoj polovini maja, kada se obrazuje seme, koje u zavisnosti od vremenskih uslova iz čaure ispada tokom juna i jula i pada na zemljište ispod same biljke. U istraživanju Ernst (1979), utvrđeno je da se u Getingenskoj šumi (Nemačka) godišnje stvara oko 10000 semenki po m<sup>2</sup>, dok se u Litovelskoj oblasti (Češka), obrazuje od 2698 do 5612 semenki po m<sup>2</sup>. Seme je crno, okruglo, prečnika oko 2-3 mm, težine 5,4±0,7 mg i ima veliku ulogu u reprodukciji obzirom da je generativna regeneracija daleko zastupljenija od vegetativne. Usled izražene dormantnosti veliki broj semenki ostane fiziološki neaktivno u prvih godinu - dve, a ako proklijaju prve zime ili proleća, to se dogodi bilo u periodu od novembra do marta (Elenberg, 1992) ili od januara do aprila (Ernst, 1972).

Pri ispitivanju ekotipova sremuša u Poljskoj, Błażewicz-Woźniak et al. (2011) zabeležene su značajne razlike u vremenu rasta i cvetanja sremuša. Ekotipovi su se razlikovali u širini lista, dužini cvetne stabljike i prečniku cvasti; ekotip *Ducla* je formirao najduže listove i najkraće cvetne stabljike sa najmanje cvetova, dok je ekotip *Bieszczady* imao najveći broj cvetova u pojedinačnoj cvasti.

## 2.5. Hemijski sastav sremuša

Hemijski sastav sremuša se može posmatrati prema različitim kriterijumima. Na osnovu jednog od njih, može se reći da se biljke sastoje od vode (70%), organske (27 %), i mineralne odnosno elementalne supstance (3%). Procentualni udio ove tri komponente u biljnem materijalu varira u širokom intervalu i zavisi od starosti biljke, biljne vrste, biljnog dela ili biljnog organa. Iako minerali čine samo manji deo, njihov značaj za biljke je ogroman pošto je izgradnja biljnog tkiva moguća samo u njihovom prisustvu; za nesmetanu fotosintetsku i drugu aktivnost neophodno je da biljka bude njima optimalno snabdevena (Radanović, 2010).

Prva naučna istraživanja vezana za ispitivanje hemijskog sastava sremuša započeta su krajem 19. veka. Vert and Semler Eima 1887. i 1892. godine, radili su destilaciju biljnog materijala, i identifikovali sulfide u belom luku i sremušu (Sendl, 1995). I drugi istraživači su utvrdili da je hemijski sastav sremuša sličan sastavu belog luka (Ivanova et al., 2009). Hemijski sastav kod *Allium* vrsta veoma je specifičan i raznovrstan. Kod *A. ursinum*, u mnogobrojnim istraživanjima je, primenom različitih metoda, ustanovljeno prisustvo preko 100 biološki aktivnih jedinjenja. Lanzotti (2014) i Sobolewska et al. (2015) ukazuju da se hemijski sastav i sadržaj bioaktivnih jedinjenja svih lukova, pa i sremuša, uglavnom karakteriše kroz prisustvo organo-sumpornih i fenolnih jedinjenja, obzirom da se ona smatraju najzaslužnijim za ispoljavanje zdravstvenog potencijala.

Ispoljavanje zdravstvenog potencijala sremuša je u direktnoj vezi sa količinom i vrstom sumpornih jedinjenja, i to se odnosi uglavnom na najvažnija dva jedinjenja, alicin i ajoen, odgovorna za upečatljiv ukus i miris sremuša. Pored njih, prisutna su i druga bioaktivna jedinjenja odgovorna za

ispoljavanje terapijskih efekata sremuša, kao što su steroidni glikozidi, lektini, ugljeni hidrati (posebno polisaharidi), glutamil peptidi, aminokiseline, masne kiseline, pigmenti i lako ispraljiva jedinjenja kao deo etarskog ulja sremuša (Sobolewska et al., 2015).

### 2.5.1. Sumporna jedinjenja

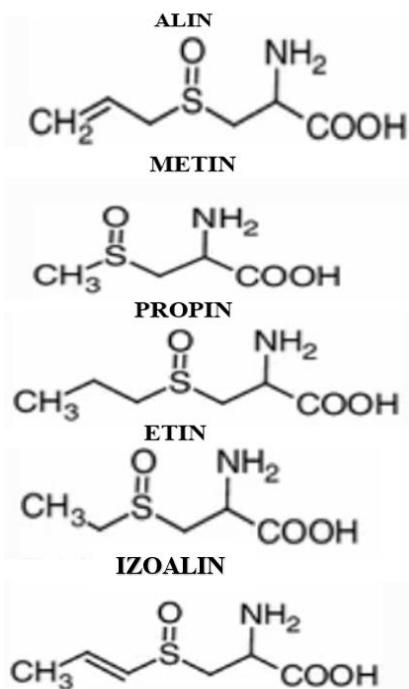
Sumporna jedinjenja predstavljaju jednu od najvažnijih grupa bioaktivnih jedinjenja prisutnih u sremušu. Osim napomenute njihove glavne uloge u određivanju mirisa i ukusa sremuša pa i svim drugim *Allium* vrstama, koja ispoljavaju jako veliku ulogu u ishrani većine živih bića (Sendl, 1995). Mnoge biljne vrste poput povrtarskih, kao što su kelj, spanać, brokoli, salata i dr., zbog svog fiziološkog ciklusa odnosno, metaboličkih procesa, podložna su akumulaciji sumpora (Toivonen et al., 2011; Barba et al., 2014). Sumporna jedinjenja se naglašavaju kao glavne komponente sremuša, odnosno, ona su najviše zaslužna za postizanje njegovog fitoterapijskog delovanja.

Hemijski sastav sremuša, pa i sadržaj prisutnih sumpornih jedinjenja u njemu, podložan je promenama. Brojnim analizama sremuša konstatovano je da su sadržaj i količina sumpornih jedinjenja direktno zavisni od faze razvoja, vrste biljnog organa, kao i njegovog staništa i uslova skladištenja nakon ubiranja (temperatura, svetlost i vlažnost vazduha), (Sendl, 1995). Pri tome, najzastupljeniju primarnu grupu sumpornih jedinjenja u sremušu čine glutamil peptidi i sulfoksidi.

Hidrolizom sulfoksida dolazi do obrazovanja isparljivih, sekundarnih jedinjenja poput polisulfida i tiosulfinata. Međutim, mnogobrojnim istraživanjima potvrđeno je prisustvo i drugih jedinjenja poput cistein sulfoksida u koja se ubrajaju: alin ((+)-S-2-propenil-1-cistein-sulfoksid); metiin ((+)-S-metil-1-cistein-sulfoksid); propiin ((+)-S-propil-1-cistein-sulfoksid); etin (S-etil-cistein-sulfoksid) i izoalin ((+)-S-(1-propenil)-L-cistein-sulfoksid), (Slika 5), (Schmitt et al., 2005). Takođe, tokom hidrolize sulfoksida dolazi do formiranja reaktivnih i nestabilnih jedinjenja – tiosulfinata. Naime, kao jedinjenja, tiosulfinati su podložni spontanim hemijskim reakcijama pri čemu usled njihove razgradnje dolazi do obrazovanja velikog broja drugih jedinjenja koja učestvuju u daljim budućim transformacijama ne gubeći svoje hemijske i biološke karakteristike. Isto tako, važno je istaći, da su tiosulfinati termolabilna jedinjenja, odnosno u većini slučajeva prilikom pripreme hrane, zbog njihove termičke nestabilnosti, dolazi do raspadanja i nestanka glavnih aktivnih bioloških tiosulfinata, što je loše, jer je sremuš zbog njih i značajan u ishrani. S druge strane, za najzastupljenija jedinjenja u sremušu smatraju se alin i metiin, dok je etiin prisutan samo u svežim listovima, pri čemu su izoalin i propiin prisutni samo u trgovima. Zbog toga se u većini slučajeva smatra da aktivnost bioaktivnih sumpornih jedinjenja u sremušu najviše zavisi od sadržaja alina i metiina.

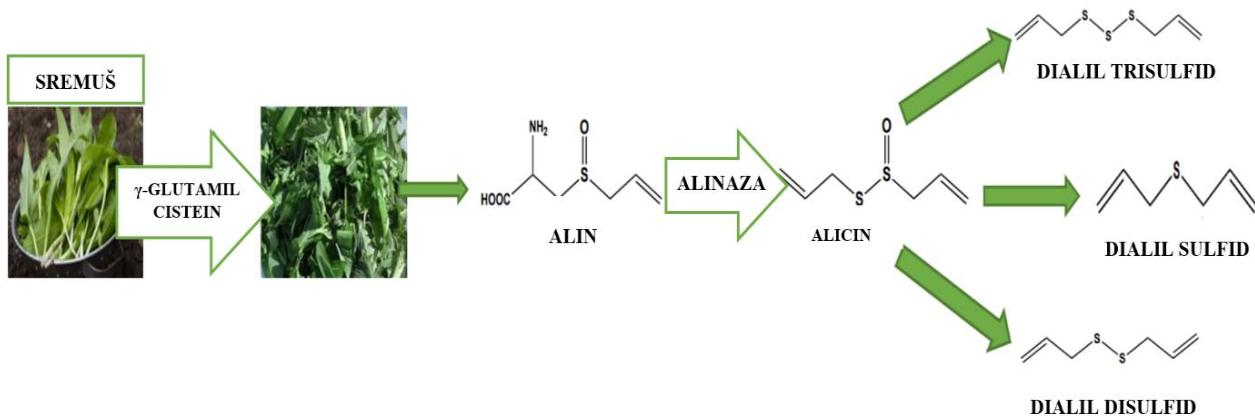
Alin je jedno od krucijalnih sumpornih jedinjenja sremuša sa izrazitim fitohemijskim odlikama - direktno je odgovoran za snižavanje nivoa glukoze u organizmu kao i za ispoljavanje antibakterijskih i antikancerogenih efekata. Alin je sumporno jedinjenje lako rastvorljivo u vodi iz kog se određenim hemijskim procesom odnosno enzimskom reakcijom pod uticajem više spoljašnjih faktora obrazuje alicin.

Enzimska reakcija najčešće započinje usled mehaničkog oštećenja biljnih tkiva (lomljenja, žvakanja, mlevenja, kidanja) ili nekog drugog fiziološkog oštećenja pri čemu dolazi do konverzije alina u alicin (Benkeblia and Lanzotti, 2007). Prilikom oštećenja ćelije ili narušavanjem njene strukture dolazi do otpuštanja enzima alinaze ( $C_{\beta}-S_{\gamma}$ -liaze) iz vakuole koja reaguje sa alinom kao supstratom i hidrolizuje veze sulfoksida ( $C\beta-S\gamma$ ), pri čemu se obrazuje alil-sulfenska kiselina, amonijak i piruvinska kiselina (Boscher et al., 1995; Sendl, 1995). U tom slučaju, dolazi do dejstva alinaze koje se odvija mehanizmom  $\beta$ -eliminacije  $S$ -alk(en)il-sulfoksidne grupe gde dolazi do nastanka piruvata, amonijaka i alk(en)il-sulfenske kiseline, koja sa jednim jon molekulom ove kiseline, gradi tiosulfinate, u ovom slučaju alicin (Ilić et al., 2011) (Slika 5).



Slika 5. Cistein sulfoksidi u sremušu  
Izvor: Autor

Alicin je bioaktivno jedinjenje čiji se efekat najviše ostvaruje u terapiji kod tumora, kardiovaskularnih oboljenja i mnogih drugih hroničnih bolesti. Po hemijskoj strukturi alicin se ubraja u tioestre sulfeinske kiseline i smatra se glavnim odgovornim za karakterističan miris i ukus sremuša. Naime, alicin ima hidrofobne karakteristike koje mu omogućavaju prođor u ćeliju i na taj način on ostvaruje svoje glavne biohemijske uloge. Po svom karakteru to je uljana blago-žuta tečnost koja čuvanjem na niskim temperaturama zadržava biološku aktivnost više godina (Mocayar et al., 2020). Alicin je takođe termolabilno jedinjenje, osetljivo na svetlost, jer se u nepovoljnim uslovima razlaže u polisulfidna jedinjenja dialil-sulfid, dialil-disulfid i dialil-trisulfid, koja ispoljavaju zaštitno dejstvo kod mnogobrojnih oboljenja (Slika 6).



Slika 6. Biotransformacija alina  
Izvor: Autor

Navedena tri jedinjenja prisutna u alicinu ispoljavaju različitu biohemiju aktivnost. Dialil-sulfid je sumporno jedinjenje koje pri oksidaciji, na atomu sumpora, daje sulfoksid i dialil-sulfon pri čemu dolazi do stvaranja karakterističnog mirisa i ukusa sremuša. Brojnim istraživanjima dokazan je pozitivan efekat ovog jedinjenja u terapiji velikog broja bolesti kao što su kancer, razne bakterijske infekcije, ateroskleroza, dijabetes i dr. Međutim, jednim od glavnih bioaktivnih organosumpornih jedinjenja sremuša smatra se dialil-disulfid. Njegova glavna prednost je u regulaciji antioksidativne i antimikrobne aktivnosti, pri čemu se njegova najveća efikasnost postiže u lečenju raznih tumorskih oboljenja. Kao treće bioaktivno jedinjenje zastupljeno u alicinu u literaturi se pominje dialil-trisulfid. Lai et al. (2013) navode da dialil-trisulfid ima veliki antikancerogeni i hipoglikemijski potencijal odnosno, da ima važnu ulogu u hemizmu kancerogenih ćelija i kontroli dijabetesa.

Zbog navedene transformacije sumpornih jedinjenja, važno je naglasiti da veliki broj faktora kao što su period sakupljanja, ekološki uslovi staništa i uslovi estrakcije, u velikoj meri utiču na njihov sadržaj (Reuter, 1995; Schmit et al., 2005).

Pema Sobolewska et al. (2013), nakon degradacije sumpornih jedinjenja neka jedinjenja zadržavaju farmakološko delovanje. Isti autori takođe tvrde da na degradaciju najviše utiču skladištenje, postupak dorade, rastvarači i temperatura.

Ranije istraživanje Schmit e al. (2005), pokazuje kako različit period sakupljanja i delovi bijnog materijala utiču na sadržaj cistein-sulfoksida, pri čemu je njihov najveći sadržaj (0,4%), dobijen početkom vegetacije, pre cvetanja. Tačnije, početkom vegetacije (mart), lukovica je sadržala dosta alina i metiina dok je u narednim nedeljama (druga polovina marta pa do juna), nivo metiina opadao. Uglavnom, navedena istraživanja praćenjem vremena sakupljanja pokazala su kako se u periodu od marta do juna nivo metiina duplo smanjio, a nivo alina duplo povećao. Zanimljivo je da je tokom navedenog istraživanja sadržaj izoalina i propiina bio relativno stalan i iznosio je oko 10% za izoalin i manje od 5% za propiin.

Kao što je napomenuto da su cistein-sulfoksidi termolabilna hemijska jedinjenja, važno je istaći da izlaganje ubrane sirovine neadekvatnoj temperaturi, kao i vreme izlaganja povišenim temperaturama, može da dovede do njihove razgradnje i do smanjenja sadržaja (Krivokapic et al., 2018). Producenjem termičke obrade od 20 do 30 minuta dolazi do smanjenja sadržaja alil-polisulfida, jer izlaganje sremuša i belog luka termičkom tretmanu znatno smanjuje sadržaj sumpornih jedinjenja (Kinalski et al., 2014). Gođevac et al. (2008), ističu da se skladištenjem sremuša na povišenoj temperaturi, tačnije usled termalne degradacije alicina, obrazuju vinilditini, odnosno ciklična jedinjenja koja predstavljaju grupu degradacionih proizvoda alicina. Iz svega navedenog, jasno je da određivanje i standardizacija alicina iz prirodnih izvora sremuša imaju niz poteškoća. Postoji nekoliko metoda za njegovu sintezu (Ilić et al., 2011) ali je inkluzionim metodama alicina u kompleksu sa  $\beta$ -ciklodekstrinima i karbamidima povećana njegova stabilnost i očuvana njegova farmakološka aktivnost (Nikolic et al., 2004).

### 2.5.2. Fenolna jedinjenja

Sremuš, pored organo-sumpornih jedinjenja sadrži i drugu, jako važnu grupu bioaktivnih fenolnih jedinjenja, koje se takođe smatraju zaslužnim za ispoljavanje fitoterapijskog delovanja sremuša. Fenolna jedinjenja su zastupljena u velikom broju biljnih vrsta. Takođe, smatraju se odgovornim za njihov karakterističan miris, ukus, boju, itd. (Kucekova et al., 2011). Ono što je za njih tipično jeste da sadrže bar jedan aromatični prsten za koji se vezuju hidroksilne grupe.

U biljnim vrstama, fenolna jedinjenja prisutna su u formi aglikona ili glikozida, spojenih direktnom vezom sa jednom ili više šećernih komponenti koje im poboljšava rastvorljivost u vodi. U

istraživanju Krivokapića (2018), prikazano je da prinos fenolnih jedinjenja zavisi od metoda estrakcije, rastvarača i dela biljke koji se koristi za estrakciju. Gîtin et al. (2012), konstatuju da im je ukupni sadržaj u ekstraktu lista pripremljenog maceracijom sa 70% etanolom veći u poređenju sa sadržajem u ekstraktu dobijenom ultrazvučnom estrakcijom. Slično, u istraživanju Sapunjieva et al. (2012), najveći sadržaj fenolnih jedinjenja (izražen kao ekvivalent galne kiseline 2,8 g GAE/100 g suve droge), ekstrahovan je iz lista sremuša upotrebom 70% etanola. Kvantitativna i kvalitativna analiza hidroalkoholnih ekstrakata iz lista sremuša ukazuju da je ekstrakt dobijen pomoću 96% metanola imao 0,0576 mg/ml GAE, ekstrakt dobijen pomoću 96% etanola je sadržavao 0,0076 mg/ml GAE, dok je sadržaj fenolnih jedinjenja u 80% metanolu iznosio 0,0165 mg/ml GAE (Condrat et al., 2010). Djurdjević et al. (2004), navode kako je ukupan sadržaj slobodnih fenola u lukovicama sremuša (2,30 mg/g GAE) bio manji nego u listovima (3,24 mg/g GAE), dok je količina vezanih fenola bila slična u ova dva biljna organa (1,00 mg/g GAE i 1,10 mg/g GAE). U istom istraživanju, sadržaj slobodnih fenolnih kiselina u lišću i lukovicama bio je 119,75 i 180,91 µg/g GAE, respektivno, dok je sadržaj vezanih oblika bio 135,30 i 248,971 µg/g GAE, respektivno. Uglavnom, listovi su sadržali slobodne oblike ferulne i vanilinske kiseline i vezane oblike *p*-kumarinske, ferulinske i vanilinske kiseline dok su lukovice sadržale slobodne oblike ferulinske, *p*-hidroksibenzoeve i vanilinske kiseline i vezane oblike *p*-kumarinske i ferulinske kiseline.

Primećene su i kvantitativne i kvalitativne razlike u fenolnim frakcijama između zelenog i žutog lista, stabljike i semena sremuša. Tačnije, sadržaji derivata kaempferola i jedinjenja acilovana sa *p*-kumarnom kiselinom bili su najveći u žutim listovima a zatim u zelenim listovima, pri čemu je seme je sadržalo minimalnu količinu fenolnih jedinjenja, mnogo manju u poređenju sa stabljikama (Oszmiański et al., 2013). Błażewicz-Woźniak et al. (2011), ukazuju da su razlike u sadržaju fenola uslovljene ekotipom dok Krivokapić (2018), tvrdi da su posledica različitih metoda kvantifikacije.

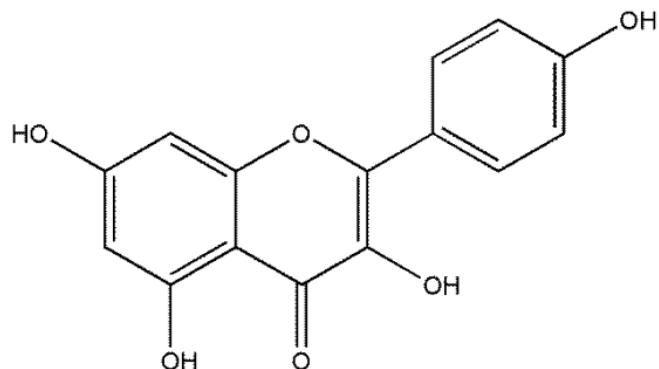
Fenolna jedinjenja se ubrajaju u najveću grupu prirodnih antioksidanasa čija se hemijska svojstva razlikuju po sastavu i sadržaju polifenolnih jedinjenja. Po hemijskoj strukturi fenolna jedinjenja se mogu podeliti u sledeće grupe: flavonoidi, fenolne kiseline, lignani i stibelini (Tsao, 2010). Sadržaj fenolnih jedinjenja najviše zavisi od sadržaja flavonoida i fenolnih kiselina, koja u lukovima predstavljaju najbrojnija polifenolna jedinjenja. Naime, sadržaj flavonoida kao i njihov sastav zavisi od broja dvostrukih veza i položaja hidroksilnih i ostalih funkcionalnih grupa/supstituenata vezanih za aromatične prstenove, pri čemu se razlikuju flavonoli, flavoni, flavanoni, izoflavoni i antocijani. Među njima su nazastupljeniji flavonoli, od kojih je čak 52 jedinjenja registrovano u vrstama lukova.

Sadržaj flavonoida u rodu *Allium* kreće se u intervalu od 7 do 1971 mg/kg sveže mase. U istraživanjima na području Rumunije, sadržaj flavonoida u ekstraktu lista sremuša prikupljenog tokom marta meseca, pripremljenog uz pomoć ultrazvučne estrakcije, iznosio je 7,3 mg kvercetin ekvivalenta (QE)/kg sveže biljke, dok je u ekstraktu pripremljenom upotrebom konvencionalne maceracije iznosio 2,7 mg (QE)/kg (Gîtin et al., 2012). Istraživanjima u Poljskoj, sadržaj flavonoida u različitim delovima sremuša prikupljenim tokom juna bio sledeći: u semenu 73,14 mg (QE)/100 g suve mase, u stabljikama 206,07 mg (QE)/100 g, u zelenom listu 1.856,31 mg (QE)/100 g listu i u žutom listu 2.362,96 mg (QE)/100 g (Oszmiański et al., 2013).

Prema Sobolewska et al. (2015), najdominantniji flavonoidi detektovani u listu sremuša su derivati kaempferola (Slika 7): 3-*O*-β-neohesperozid-7-*O*-β-D-glukopiranozid, 3-*O*-β-neohesperozid, 3-*O*-β-neohesperozid-7-*O*-[2-*O*-(trans-p-kumaroil)]-β-D-glukopiranozid i 3-*O*-β-neohesperozid-7-*O*-[2-*O*-(trans-p-feruloil)]-β-D glukopiranozid. Kod flavonola u najznačajnija i najzastupljenija jedinjenja ubrajaju se kaempferol, kvercetin, miricetin i izoramnetin. Brojnim drugim analizama utvrđeno je da se sadržaj flavonola u *Allium* vrstama razlikuje, pri čemu je ustanovljeno da su najbrojniji flavonoidi

produkti kaempferola (Pérez-Gregorio et al., 2009).

Slično sumpornim jedinjenjima, mnogobrojni literaturni navodi ukazuju, da na sadržaj i sastav polifenolnih jedinjenja estrahovanih iz sremuša veliki uticaj ima vreme sakupljanja biljke, stanište biljke i ekološki faktori na njemu, način ekstrakcije i tip rastvarača, kao i deo biljke koji se koristi za ekstrakciju (Gítin et al., 2012; Lachowicz et al., 2017; Voća et al., 2021). Lachowicz et al. (2017), su pratili promenu sadržaja polifenola tokom vegetacionog ciklusa biljke, pri čemu je najveći sadržaj bio zabeležen kod biljaka ubranih u martu a znatno manji kod onih koje su urbane tokom juna/jula. Prilikom ispitivanju uticaja različitih ekotipova na sadržaj polifenola u sremušu, Todorović et al. (2009), su utvrdili značajne razlike. Slično su utvrdili i Błażewicz-Woźniak et al. (2011), prilikom ispitivanja ekotipova u Poljskoj; ekotip *Roztocze* sadržavao je najviše flavonoida a ekotip *Ducla* najviše fenolnih kiselina. Takođe, biljke sremuša različitih ekotipova razlikovale su se prvenstveno u fenofazama razvoja i morfološkim profilima, a potom i u sadržaju polifenola. Gordanić et al. (2022), kao glavni uzrok razlika navodi tipove zemljišta i njihove karakteristike; veći sadržaj polifenola zapažen je u sremušu koji je rastao na zemljištima težeg mehaničkog sastava, kambisolu i černozemu (1,78 odnosno 1,98 mg/g ekvivalenta ferulinske kiseline (FAE) u svežem listu) nego na zemljištima lakšeg mehaničkog sastava, arenosolu i fluvisolu (1,42 i 1,44 mg/g FAE u svežem listu).



Slika 7. Kaempferol

Izvor: Autor

### 2.5.3. Ostala bioaktivna jedinjenja u sremušu

Osim navedenih sumpornih i polifenolnih bioaktivnih jedinjenja važno je navesti da postoji veliki broj drugih bioaktivnih komponenti prisutnih u sremušu kao što su: steroidni glikozidi, lektini, polisaharidi, pigmenti, itd. Pripadnici roda *Allium* se odlikuju visokim sadržajem steroidnih saponina među kojima su najznačajniji diosgenin i pregnan glikozid. Kod sremuša, pomenuta dva steroidna glikozida su najzastupljenija u listu i lukovici (Sobolewska et al., 2015).

Istraživanja Sobolewska et al. (2009) i Tomšik (2010), ukazuju da na sadržaj steroidnih glikozida, naročito diosgenina, najveći uticaj imaju vreme sakupljanja biljnog materijala i deo biljke koji se estrahuje. Najzastupljeniji steroidni glikozidi su: 3-O- $\alpha$ -L-ramnopiranozil-(1-4)- $\alpha$ -L-ramnopiranozil-(1-4)-[ $\alpha$ -L-ramnopiranozil-(1-2)]- $\beta$ -Dglukopiranozid i (25R)-spirost-5,25(27)-dien-3 $\beta$ -ol-3-O- $\alpha$ -L-ramnopiranozil-(1-4)- $\alpha$ -Lramnopiranozil-(1-4)-[ $\alpha$ -L-ramnopiranozil-(1-2)]- $\beta$ -D-glukopiranozid koji je izolovan iz lukovica sremuša. Jedan od najznačajnijih jeste glikozid koji se vezuje za trudnoću: 3-hidroksi-pregna-5,16-dien-20-on 3-O- $\alpha$ -Lramnopiranozil-(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-ramnopiranozil-(1 $\rightarrow$ 4)-[ $\alpha$ -L-ramnopiranozil-(1 $\rightarrow$ 2)]-d-d-glukopiranozid, takođe prisutan u lukovici

sremuša (Krivokapic et al., 2018). Ipak, Sobolewska et al. (2015) tvrde da listovi sremuša nisu pogodna biljna sirovina za izolaciju zbog niskog sadržaja diosgenina. Iz svežeg lista sremuša od steroidnih glikozida ekstrahovan je  $\beta$ -sitosterol-3-O- $\beta$ -D-glukopiranozid (Dhein et al., 2012).

Takođe, pripadnici roda *Allium* imaju u sebi lektine i polisaharide, kojih ima najviše u lukovicama i listu. Najveći sadržaj ovih jedinjenja zabeležen je u sremušu ubranom tokom marta i aprila (Smeets et al., 1997; Sobolewska et al., 2015). Osim njih, u lukovicama sremuša je identifikovan i veliki broj masnih kiselina kao što su linolna, oleinska, palmitinska, palmitoleinska,  $\alpha$ -linolenska, stearinska i miristinska kiselina (Sobolewska et al., 2015).

Lachowicz et al. (2017), u utvrdili da listove sremuša odlikuje i visok sadržaj pigmenata (hlorofila *a*, hlorofila *b* i karotenoida). U vodenim estraktima lista detektovan je 2-di-O- $\alpha$ -linoleil-3-O- $\beta$ -galaktopiranozil-sn-glicerol a u lukovicama  $\gamma$ -glutamilpeptid i aminokiseline glicin, alanin i treonin (Dhein et al., 2012).

Jedinjenja koja nisu prisutna u drugim *Allium* vrstama a ima ih u sremušu su:  $\beta$ -sitosterol 3-O- $\beta$ -D-glukopiranozid i 1,2-di-O- $\alpha$ -linolenoil-3-O- $\beta$ -D-galaktopiranozil-sn-glicerol (Dhein et al., 2012).

## 2.6. Elementalni sastav sremuša

Biljke se međusobno razlikuju u kvalitativnom i kvantitativnom udelu mineralnih elemenata i hemijskih jedinjenja. Vrste i količine pojedinih elemenata i molekula u organizma i tkivima biljaka zavise od niza genetskih, ekoloških i mnogih drugih faktora. Po literaturi, pretpostavlja se da su biljke izgrađene od 107 elemenata iz periodnog sistema, što ukazuje da kvalitativan sastav biljaka po broju prisutnih elemenata, odgovara kvalitativnom sastavu zemljišta. S obzirom na različitu kvantitativnu zastupljenost pojedinih elemenata u biljnim tkivima, njihovu povezanost u prostije ili složene molekulske jedinice, strukturno-organizacionu kompaktnost i funkciju u pojedinim organizma biljaka, može se reći da se biljke znatno razlikuju od zemljišta koje je glavni izvor dostupnih mineralnih elemenata za biljku. Koliko će nekog elementa biti usvojeno prvenstveno zavisi od biljne vrste, karakteristika zemljišta, biljnog organa i ekoloških faktora. U današnje vreme zbog ograničenosti fizičko-hemijskih metoda poput atomske-apsorpcione spektroskopije i dr. u biljkama se proučava oko 60 elemenata. Iako funkcija svih elemenata u biljkama nije dovoljno poznata, može se reći da su oni biljci najpotrebniji u fazi rasta i tokom trajanja najintenzivnijih biohemijski procesa (Popović, 2005).

Biogeni mineralni elementi (supstance), grade ćelijske komponente potrebne za život i razviće biljaka i svih drugih živih organizama. Biljke ih u najvećem broju slučajeva usvajaju putem korena direktno iz zemljišta u obliku jona. Njihovi jonski oblici veliki značaj za protoplazmatičnu aktivnost, normalno funkcionisanje enzimatskih sistema i akteri su redoks reakcija u ćeliji. Oni direkto utiču na propustljivost ćelijskih membrana a samim tim i na aktivan transport raznih metabolita, regulaciju osmotskog pritiska u ćeliji i održavanje puferске sposobnosti ćelije i svih drugih organa u biljci, što ih čini neizostavnim u životu biljaka (Radanović 2010).

Uloga svih biogenih elemenata bez obzira na njihovu zastupljenost odnosno količinu u živom organizmu je jednako značajna, jer bez njihovog prisustva biljka ne može da ostvari svoj životni ciklus, ne može da ispolji normalano funkcionisanje metabolizama i izgradnju svog organizma. U slučaju nedostatka biogenih mineralnih jedinjenja dolazi do poremećaja u metabolizmu i pojave karakterističnih simptoma koji negativno utiču na životni ciklus i produktivnost biljke (Džamić i sar., 2007).

Za više biljke neophodni su sledeći elementi C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni i Cl. Pored neophodnih korisnim se smatraju Na, Co, Si, Al i Se, a u i ostale elemente spadaju Pb, Hg, Cd, Cr i drugi elementi koje biljka usvaja a nemaju dokazanu biološku ulogu u njenom životu.

Prema njihovom sadržaju u biljkama dele se na makroelemente (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe) i mikroelemente (B, Mn, Cu, Zn, Mo, Co). Makroelementi su zastupljeni u količini većoj od 0,001%, mikroelementi u količini od 0,001 do 0,000001%, pri čemu neki mikroelementi elementi mogu da se pojave u koncentracijama iznad gore navedenih. Prosečne koncentracije elemenata u zemljištu i u biljkama odnosu na apsolutnu suvu masu prikazane su u Tabeli 2. (Popović, 2005; Džamić i sar., 2007).

Tabela 2. Prosečne koncentracije elemenata (Popović, 2005; Džamić i sar., 2007).

Zemljište		Biljka	
Element	Sadržaj (%)	Element	Sadržaj izražena na suvu masu (%)
O	49	C	36,05
Si	33	O	30,01
Al	7,1	H	5,04
Fe	3,7	N	7,37
C	2,0	K	0,61
Ca	1,3	Ca	0,33
K	1,3	Mg	0,13
Na	0,6	P	0,13
Mg	0,6	S	0,07
N	0,1	Cl	8,07
P	0,08	B	6,83
S	0,08	Fe	3,60
Mn	0,08	Mn	1,33
Zn	0,005	Zn	0,40
Cu	0,002	Cu	≥ 0,01
B	0,001	Mo	/
Co	0,0008		
Mo	0,0003		
Ti	0,46		
Ba	0,05		
Sr	0,03		
F	0,02		
Cl	0,01		
V	0,01		

Mineralni elementi, esencijani i neesencijalni, nalaze se u zemljištu u primarnim i sekundarnim mineralima, organskoj materiji zemljišta, u obliku teže rastvorljivih soli, u organo-mineralnom kompleksu, u adsorbovanom obliku u zemljišnom rastvoru. Mineralni elementi prisutni u zemljišnom rastvoru, u adsorptivnom kompleksu i vezani za koloidne supstance predstavljaju biljci najpristupačnije oblike, Njihova biološka funkcija nije u direktnoj vezi sa njihovom ukupnom koncentracijom u zemljištu.

Osim navedenih biogenih elemenata, u zemljištu se nalazi i niz drugih elemenata (Pb, Cd, Hg, As, Ni, Cr, Cs, U i dr.), koji su prisutni u zemljištu u niskim koncentracijama (0,001-0,0001%). Upotreboom odgovarajućih analitičkih metoda može se odrediti ukupna količina mineralnih elemenata u zemljištu kao i njihovakoličina u biljkama. Biljka mineralne elemente usvaja iz zemljišta, a čovek ih putem ishrane unosi u svoj organizam u nekim slučajevima u mnogo većim količinama nego što je

potrebno (Daničić, 2002).

Poznavanje ukupnog sadržaja mineralnih supstanci kod sremuša značajno je zbog same njegove upotrebe, jer se on u većini slučajeva koristi u ishrani kao sveža salata (Djurdjević et al., 2004). Piatkowska et al. (2015), ukazuju da sremuš ima veliku ulogu u ishrani ljudi. Najvećim delom u sremušu od mineralnih supstanci prisutni su: kalcijum, kalijum, sumpor, gvožđe, fosfor, magnezijum. Osim navedenih makroelemenata, prisutni su i mikroelementi kao što su: kobalt, mangan, cink, hrom, selen, nikl, aluminijum, molibden i dr. Slično istraživanje Nagori et al. (2010), pokazuje da se sadržaj makro i mikroelemenata u sremušu i belom luku značajno razlikuje. Sremuš se odlikuje većim sadržajem mangana (1600 mg/kg), magnezijuma (7000 mg/kg) i gvožđa (230 mg/kg), nego beli luk.

Mnoge studije ukazuju na to da je mineralni sastav u sremušu jako važan jer ima direktni uticaj na produktivnost i sadržaj polifenolnih jedinjenja. Naime, njihovim većim sadržajem povećava se stabilnost i biološka aktivnost polifenolnih jedinjenja jer dolazi do formiranja helatnih (metalnih) kompleksa (Symonowicz and Kolanek, 2012). Istraživanje Vučić i sar. (2018), sprovedeno na četiri lokaliteta, na području Bosne i Hercegovine, prikazuje veliku promenljivost u mineralnom sastavu sremuša i navode ekološke faktore kao glavne uzročnike. Detektovani sadržaj Na, Ca, K, Mg, P, Fe, Cu, Mn, Zn, Ni, Mo, Cr, Co, Se, Al značajno je varirao (31,07-32,91 mg/kg; 1532,55-1559,1 mg/kg; 4703-4803 mg/kg; 317,16-335,04 mg/kg; 483,95-487,45 mg/kg; 19,97-15,59 mg/kg; 1,56-1,93 mg/kg; 13,51-14,4 mg/kg; 2,31-2,61 mg/kg; 0,358-0,388 mg/kg; 0,015-0,017 mg/kg; 0,07-0,08 mg/kg; 0,024-0,035 mg/kg; 0,0053-0,0058 mg/kg; 9,48-9,89 mg/kg, respektivno).

Slično i detaljnije istraživanje Dželetović et al. (2022), sprovedeno na dvanaest lokaliteta sa područja R. Srbije potvrđuju prethodno uočenu varijabilnost, pri čemu ukazuju na prisustvo nekih potencijalno toksičnih elemenata. Tačnije, u zavisnosti od biljnog organa, sadržaj Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn bio je u različitom intervalu (0,09-0,32 mg/kg; 0,41-1,05 mg/kg; 3,23-11,02 mg/kg; 0,00-9,12 mg/kg; 2,55-5,91 mg/kg; 1,42-4,68 mg/kg; 8,75-12,17 mg/kg) pri čemu je ispoljen različit translokacioni potencijal (1,07; 0,40; 0,29; 0,21; 0,59; 1,47; 0,96).

Mineralni elementi u biljci uglavnom potiču iz zemljišta. Izvor mineralnih elemenata u zemljištu je litosfera, iz koje se oni oslobađaju se pod uticajem fizičkih, hemijskih i bioloških činilaca. Prema Džamiću i sar. (2017), njihova distribucija kao i koncentracija u zemljišnim profilima uglavnom zavisi od pedoloških procesa i ekoloških i antropogenih faktora (poljoprivreda i industrija). Prema Kabata-Pendias (2011), krucijalni parametri zemljišta koji utiču na procese apsorpcije i desorpcije mineralnih elemenata su: granulometrijski sastav (naročito čestice veličine <0,02 mm), sadržaj organske supstance, pH vrednost, prisustvo oksida i hidroksida (u najvećoj meri Fe, Mn i Al), katjonski izmenjivački kapacitet (CEC), kao i aktivnost mikroorganizama. S druge strane mineralni elementi u biljkama zavisni su od koncentracije i oblika elementa, a zatim od usvajanja, translokacije (transporta unutar biljke), enzimskih procesa i interakcije između jona različitih elemenata. Prema navodima Stikić i sar. (2015), reakcija biljaka na njihov nedostatak i višak teško se objašnjava jer je većina biljnih vrsta tokom evolucije adaptirana na neuravnoteženu sredinu. Shodno tome, to se povezuje sa nekoliko procesa kao što je vezivanje jona za ćelijske zidove, kompleksiranje i helatiranje jona, selektivno usvajanje jona, transport kroz plazma membranu, imobilizacija u različitim organima u vidu nerastvorljivih jedinjenja, ograničena isparljivost toksičnih jedinjenja i uklanjanje elemenata odbacivanjem lišća.

Na osnovu svega iznetog, može se reći da hemijski sastav biljaka u izvesnoj meri odražava hemijski sastav supstrata i njihov odnos koji je veoma varijabilan i zavisi od velikog broja različitih faktora.

## 2.7. Upotreba i farmakološka vrednost sremuša

Sremuš se vekovima koristi kako u ishrani tako i u tradicionalnoj medicini. Kod sremuša svih delova biljke su jestivi i u sirovom (kao salata) i kuhanom obliku (kao začin), mada se najviše koriste listovi i lukovice. U Evropskoj tradicionalnoj medicini, najveću upotrebu vrednost imaju nadzemni organi, odnosno sveži listovi koji se ubiraju pre početka cvetanja, dok se lukovice ubiraju pre početka sazrevanja semena. Kao takvi, koriste se u sprečavanju kardiovaskularnih poremećaja, kod lečenja respiratornih oboljenja, lečenja kožnih oboljenja i zarastanja rana, pri detoksikaciji organizma i kao pomoć pri varenju (Sobolewska et al., 2015). Pomenuti pozitivni efekti motivišu sve više ljudi da se fokusiraju na zdravstveno-bezbednu ishranu koja se zasniva na konzumaciji sremuša, dostupnog od ranog do kasnog proleća/početka leta. Naučnici su u skorije vreme otkrili da se jestivi delovi sremuša mogu koristiti za pripremu raznih tinktura i čajeva koji se koriste za lečenje bolesti srca i krvnih sudova, kancerogenih oboljenja, dijabetesa, gojaznosti, povišenog nivoa holesterola, poremećaja gastrointestinalnog trakta, i protiv raznih upala (Tomšik, 2018). Sveži listovi ove biljne vrste se sve više koriste za dobijanje tinkture (vodenog-alkoholnog ekstrakta), dok se osušeni listovi i lukovice najčešće koriste kao topli infuz (čaj).

Kao što je napomenuto, sremuš ostvaruje visok potencijal u **lečenju dijabetesa**, što je potvrđeno u *in vivo* istraživanjima na eksperimentalnim životinjama; na pacovima je ispitivan efekat hrane sa dodatkom sremuša i utvrđeno je da dovodi do smanjenja nivoa glukoze u krvi. Smatra se da ima više bioaktivnih jedinjenja u sremušu koja utiču na glikoregulaciju, među kojima su najzaslužnija fenolna jedinjenja koja su sposobna da inhibiraju enzime koji učestvuju u metabolizmu ugljenih hidrata. Sumporna jedinjenja deluju sinergistički na transfer natrijum-glukoze koji učestvuje u regulaciji glukoze i ispoljava preventivni efekat nastao pod uticajem dijabetesa (Fallahi et al., 2010; Tomšik, 2018).

Isto tako važno je navesti da su organo-sumporna jedinjenja u sremušu zaslužna za ispoljavanje **antikancerogenog efekata** ove biljke. Naime, ta jedinjenja smanjuju rizik od nastanka karcinoma pankreasa, prostate, debelog creva, ezofagusa, dojke. postoje neki literaturni podaci u kojima se ukazuje da muškarci koji su konzumirali sremuš imaju manje verovatnoće za pojavu i razvoj kancera prostate (Xu et al., 2013; Tomšik, 2018).

Jedinjenja poput ajoena, metil ajoena, aicina i dr., ispoljavaju **antiaterogeni efekat** – efekat na inhibiciju holesterola. Rezultati *in vivo* istraživanja na eksperimentalnim životinjama koje su konzumirali sremuš su pokazala da ishrana sremušem kod pacova smanjuje sadržaj lipida dok je kod zečeva delovala preventivno i lekovito na aterosklerotične poremećaje (Bombicz et al. 2016).

Usled sadržaja bioaktivnih jedinjenja koja nisu karakteristična za rod *Allium*, poput fitosterola i galakto-lipida, sremuš ispoljava i **antiagregacioni efekat**. Ovaj efekat nastaje kao rezultat inhibicije ADP-a i ima veliki značaj u sprečavanju nastanka i razvijanja kardiovaskularnih oboljenja; u pitanju su galakto-lipidni derivati, koji sremuš čine dominantijim u poređenju sa drugim vrstama roda *Allium* (Dhein et al., 2012; Tomšik, 2018).

Druga *in vivo* istraživanja, na hipersenzitivnim pacovima, pokazala su da sremuš može da smanji krvni pritisak i ispolji **hipotenzitivni efekat**. Istraživanje je vršeno sa vodenim ekstraktima lista sremuša koji su sadržavali različite koncentracije aicina; kod pacova koji su konzumirali ekstrakt sa većom koncentracijom aicina ispoljena je veća redukcija krvnog pritiska (Bombicz et al., 2017; Tomšik, 2018).

U drugim eksperimentima potvrđeno je **kardioprotektivno delovanje** sremuša, koje je opravdalo njegovu upotrebu u tradicionalnoj i savremenoj medicini u prevenciji srčanih oboljenja. Istraživanja su potvrdila da konzumacija sremuša poboljšava rad i funkciju srca (Rankovic et al., 2021;

Tomšik, 2018).

Zahvaljujući sadržaju bioaktivnih jedinjenja, karotenoida i flavonoida, sremuš ispoljava izrazit **antioksidacioni efekat**. Istraživanja ističu da se konzumacijom sremuša može postići neutralizacija pojedinih štetnih radikalih i na taj način se može ispoljiti njegov antioksidacioni potencijal (Štajner et al., 2008). Takođe, pojedine komponente etarskog ulja lista sremuša mogu umanjiti štetno delovanje slobodnih radikalih (Stanisavljević et al., 2020).

Takođe je poznato da ekstrakti sremuša dobijeni iz cveta i lista sremuša ispoljavaju **antimikrobnو** (antibakterijsko i antiglivično) dejstvo. Delovanje ekstrakta je u većini slučajeva zavisilo od načina primene (peroralno ili spolja) a jedinjenja koja se smatraju zaslužnim za ovakav efekat su sulfidi, posebno alicin. Antimikrobeno dejstvo sremuša zavisi i od biljnog organa, pa važi da cvet zbog većeg sadržaja bioaktivnih jedinjenja ima snažniji na gljive, parazite i bakterije od lista i lukovica (Ankri et al., 1999; Pârvu et al., 2011; Mihaylova et al., 2012).

Važno je napomenuti da efikasnost ekstrakta sremuša direktno zavisi od načina ekstrakcije odnosno od rastvarača koji se koristi. Primera radi, metanolni ekstrakti sremuša su bili najefikasniji u testovima na gram-pozitivne i gram-negativne bakterije. Inače, ekstrakti sremuša pokazuju efikasnost na *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella enteritidis*, *Saccharomyces fibuligera*, *Geotrichum candidum*, *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium spp.* (Mihaylova et al., 2012).

Osim toga, u prethodnim studijama izučavani su uticaji ekstrakata *Allium* vrsta (belog luka i sremuša), i već su potvrđeni **antiinflamatorni i imunomodularni efekti**, a koji su postignuti uticajem pojedinih komponenti iz ekstrakata na smanjenje oksidacionog stresa i povećanje sinteze različitih citokinina (Pârvu et al., 2014; Schepetkin et al., 2019).

## 2.8. Osnovni elementi ekološkog sistema na staništima

Prema Kovačeviću (2008), u osnovne elemente ekološkog sistema na staništima koji se još nazivaju vegetacionim činiocima, jer neposredno utiču na sudbinu vegetacionog prostora, ubrajaju se klimatski i zemljjišni činioci staništa.

### 2.8.1. Klimatske odlike vegetacionog prostora (staništa)

Postojanje i opstanak biljne vrste, kao i većine drugih živih organizama u određenom prostoru, pored velikog broja ekoloških faktora, posebno zavise od klimatskih karakteristika područja. Klima karakteriše naizmeničnost meteoroloških procesa koji su definisani kompleksom fizičko-geografskih uslova, a ispoljeni su višegodišnjim režimom vremena jednog područja. U osnovne klimatske parametre koji je definišu ubrajaju se: temperatura, količina padavina, relativna vlažnost vazduha i količina svetlosti. Klima predstavlja krucijalni faktor prirodne sredine i kompleksno je povezana sa ostalim ekološkim faktorima (abiotičkim, biotičkim i antropogenim) (Milosavljević, 1990).

Temperaturni režim kojem su biljke izložene tokom vegetacije najviše je povezan sa potencijalnim prinosom. Svi fiziološki procesi koji se odigravaju u biljci imaju određeni temperaturni opseg na koji je biljka prilagođena. Optimalna temperatura neophodna je biljci tokom celog vegetacionog perioda jer reguliše trajanje i tok svake fenofaze (Milosavljević, 1990). Naime, iznenadna pojava nepovoljnih temperatura tokom vegetacije može značajno uticati na cvetanje i plodonošenje. Prvenstveno, sama temperatura biljke zavisi od temperature okolne sredine koja ima veliki uticaj na geografski raspored vegetacije (Woodward, 1990).

Osnovni izvor vode u prirodi predstavlja dotok putem padavina u obliku kiše ili snega. Padavine su deo ekološkog ciklusa i veoma su promenljive. Pomenuti oblici padavina veoma se

razlikuju na lokalnom nivou, zbog njihovog načina obrazovanja na koje prvenstveno, veliki uticaj ima geografska širina, godišnje doba, temperatura i topografija (Oljača, 2008).

Relativna vlažnost vazduha predstavlja, stepen zasićenosti vazduha vodenom parom. Od vlažnosti vazduha najviše zavisi isparavanje vode sa zemljišta i transpiracija. Da bi biljka ispoljila svoj fiziološki ciklus nije povoljna ni niska, ali ni suviše visoka relativna vlažnost vazduha. Pri niskoj relativnoj vlažnosti vazduha (<60%), odvija se intenzivna transpiracija i isparavanje zemljишne vode, pa u tom slučaju biljka gubi više vode nego što je uspeva nadoknaditi putem korenovnog sistema. Takođe, sa fiziološkog aspekta, dolazi do redukcije fotosintetičke aktivnosti, a samim tim smanjuje se produkcija asimilata čime dolazi do sušenja lista i smanjenja prinosa. U kasnijim fazama, oplodnje, niska relativna vlažnost vazduha može izazvati sušenje polenovog praha pri čemu dolazi do nepotpunog opršivanja i smanjenog prinosa. Nasuprot tome, povećana vlažnost vazduha, ubrzava porast nadzemnih vegetativnih organa, usporava cvetanje i sazrevanje plodova. Povećana vlažnost vazduha može pospešiti pojavu velikog broja štetočina i bolesti, pogotovo gljivičnih oboljenja. Shodno tome, kod oplodnje, povećana relativna vlažnost vazduha može omesti raznošenje polena i otvaranje prašnika, sto se negativno odražava na prinos (Rumul, 2005).

Svetlost, a ujedno i toplota koja nastaje kao rezultat sunčevog zračenja, predstavljaju dva neophodna faktora za odvijanje fizioloških i biohemijских procesa u biljci. Svetlost, predstavlja jedan od najznačajnijih ekoloških faktora koji ispoljava direktni uticaj na proces fotosinteze. Osvetljenje fotosintetičkih organa veoma je značajno za njenu efikasnost, jer biljni pokrivač apsorbuje, reflektuje i propušta sunčevu zračenje. S druge strane mali intenzitet sunčevog zračenja, nepovoljno utiče na proces fotosinteze, prinos i sam kvalitet plodova (sadržaj šećera, količinu ulja, sadržaj skroba, proteina itd.). U takvim uslovima biljka slabije napreduje, slabo se razvija koren i list, a samim tim hlorofil ima bledožutu boju. Svetlost ispoljava i veliki uticaj na rast, morfološka i anatomska svojstva. Naime, intenzitet svetlosti utiče na gradu i raspored listova. Efekat zračenja unutar biljnog pokrivača zavisi prvenstveno od biljne vrste, gustine i arhitekture sklopa (oblika krune, boje, veličine, oblika i položaja listova), kao i od spektralnog sastava zračenja (Rumul, 2005).

Uzimajući u obzir da sremuš pretežno raste u prizemnom sloju mešovitih šumske populacije nehomogene vegetacijske strukture, merenje količine i intenziteta sunčevog zračenja predstavlja složen proces. Prema Jankoviću (1959), svetlosni uslovi u šumskoj vegetaciji zavise od niza faktora, odnosno, količina svetlosti koja dopre do prizemnog sloja teško se određuje, jer nije konstantna. Tačnije, svetlost koja dopre do prizemnog sloja deli se na direktnu i difuznu; tj. onu koja je uvek u manjoj ili većoj meri prisutna u sastojinama, a prvenstveno zavisi od pomeranja krošnji stabala uslovijenim vazdušnim strujanjem. Istraživanjima Krstića (1989), utvrđeno je da intenzitet svetlosti u prizemnim slojevima šumske vegetacije ima približno istu vrednost kao na otvorenom polju. Novijim istraživanjima Babićeve (2014), prikazano je kako svetlosni režimi u šumskim populacijama zavise od orografskih činilaca, prvenstveno, ekspozicije, gustine sklopa, površine krune stabala, doba dana, visine sunca iznad horizonta itd. Međutim, u istim istraživanjima uočeni su različiti koeficijenti propusnosti svetlosti što je prvenstveno uslovljeno stepenom sklopa krune stabla.

U praksi, klimatske prilike nekog područja izražavaju se preko klimatskih indeksa. Jedan od najčešće korišćenih jeste Langov kišni faktor, koji se dobija iz odnosa ukupne količine padavina i srednje godišnje temperature vazduha. Prema Lang-u, računanjem kišnog faktora (KF), po formuli  $KF = P/t$  ( $P$  - prosečna godišnja visina padavina,  $t$  - prosečna godišnja temperatura), dobija se jednostavna bioklimatska klasifikacija (Tabela 3).

Tabela 3. Langova bioklimatska klasifikacija (Oljača i sar, 2003)

Langov kišni faktor (KF)	Klimatska klasifikacija
0-20	Pustinje
20-40	Polupustinje
40-60	Stepe i savane
60-100	Niske šume
100-160	Visoke šume
preko 160	Pustare i tundre

Prema Koliću (1988), vrednosti KF od 0 do 40 predstavljaju aridnu klimu, od 40 do 100 predstavljaju humidnu, a vrednosti iznad 160 predstavljaju perhumidnu klimu. Langov kišni faktor nije dovoljan pokazatelj klime jer ne izražava klimatske karakteristike po mesecima. Gračanin (1950) je predložio izračunavanje mesečnog kišnog faktora (KFm), koji predstavlja odnos mesečne količine padavina (P) i srednje mesečne temperature (T) (Oljača i sar, 2003):

$$KFm = \frac{P}{T}$$

Na osnovu dobijenih vrednosti, prema mesečnom kišnom faktoru (KFm), Gračanin (1950), je predložio klasifikaciju klime u kojoj su oznake aridnosti i humidnosti (Tabela 4).

Tabela 4. Klasifikacija klime prema mesečnom kišnom faktoru

Indeks	Klasifikacija klime
do 3,3	aridna klima
3,4-5,0	semiaridna klima
5,1-6,6	semihumidna klima
6,7-13,3	humidna klima
preko 13,3	perhumidna klima

#### ***Klasifikacije klime prema stepenu kontinentalnosti***

Ovaj parametar izražava uticaj kopna na klimu nekog područja. Izračunava se upotrebom Kernerovog koeficijenta (KK) prema formuli:

$$KK = \frac{T_x - T_{iv}}{A} * 100 (\%)$$

gde  $T_x$  i  $T_{iv}$  predstavljaju prosečne temperature vazduha, dok  $A$  predstavlja prosečnu godišnju temperaturnu amplitudu. Shodno tome, na osnovu vrednosti koeficijenta (KK), Kerner je napravio klasifikaciju klime prikazanu u Tabeli 5.

Ovaj parametar ima jako veliki značaj jer određuje stepen kontinentalnosti, odnosno maritimnosti klime, ali to važi uglavnom samo za umerene geografske širine na kontinentima kojima pripada i R. Srbija. Na osnovu dva najvažnija kriterijuma prema kojim se izdvajaju oblasti sa preovlađujućim uticajem maritimne i preovlađujućim uticajem kontinentalne klime su režimi temperature i padavina. U oblasti maritimne klime, više padavina se izluči u zimskoj polovini godine nego u letnjoj, a jesen je toplija od proleća.

Tabela 5. Klasifikacija klime prema Kernerovom koeficientu (KK), (Kolić, 1988; Gburčik, 1995)

Vrednost Kernerovog koeficijenta, KK (%)	Klasifikacija klime
>15	Maritimna klima
10-15%	Prelazna litoralna (obalska) klima
5-10%	Blaga kontinentalna (planinska) klima
0-5%	Umereno kontinentalna klima
0-(-10)%	Pojačana kontinentalnost
< -10%	Jaka kontinentalnost

S obzirom da prema Horvat i sar. (1974), na području R. Srbije dominiraju prelazni tipovi kontinenralne klime možemo naglasiti da srednja godišnja temperatura iznosi oko 11 °C; najtoplji mesec je jul sa oko 23 °C, a najhladiji januar sa oko -1 °C srednje mesečne temperature. Temperatura u proleće naglo raste, a takav obrat ima samo pad temperature u jesen. Trajne perioda iznad 5 °C srednje temperature jeste 260 dana. Dužina trajanja srednje temperature iznad 20 °C traje tokom tri letnja meseca (oko 80 dana). Bezmrazni period traje prosečno od 1 aprila do 15 novembra što je oko 230 dana godišnje. Godišnja suma padavina iznosi 600-750 mm, pri čemu je odnos između toplog i hladnog dela godine 55-60% prema 40-45%. Drugim rečima, maksimalna količina padavina je u junu mesecu, najmanje ih ima u januaru i februaru. Godišnja količina padavina u različitim delovima R. Srbije uglavnom je zadovoljavajuća, iako se mogu javiti ekstremne godine sa nedostatkom padavina. Generalno, najviše padavina izluči u letnjoj polovini godine, a proleće je toplije od jeseni. (Milosavljević, 1990).

### 2.8.2. Odlike zemljišta vegetacionog prostora (staništa)

Zemljište je jedan od najvažnijih prirodnih resursa i predstavlja najznačajniji faktor biljne proizvodnje. Definiše se kao višefazni sistem sastavljen od čvrste, tečne i gasovite faze. Sa aspekta biljne proizvodnje, orientaciono, zemljište bi trebalo da sadrži 45% mineralnih materija, 5% organskih supstanci i 50% šupljina od kojih bi polovina (25%) trebala da bude ispunjena vazduhom, a polovina (25%) vodom. U prirodi, zemljišta nastaju ispoljavanjem dejstva pedogenetskih faktora (matični supstrat, klima, reljef, organska supstanaca i vreme formiranja), koji određuju pravac i intenzitet pedogenetskih procesa (Djordjević, 2018). Kao rezultat uticaja fizičkih, hemijskih i bioloških procesa, oslobađaju se mineralne supstance pristupačne biljkama i čine plodnost zemljišta (Džamić i sar., 2007).

Zemljište se još naziva rastresit površinski sloj zemljine kore koji poseduje plodnost i sposobnost za biljnu proizvodnju. Termin plodnost, predstavlja dinamičko stanje fizičkih, hemijskih i bioloških procesa u zemljištu, a ujedno na različit način, posebno utiče na stepen života biljaka, životinja i ljudi. Sama plodnost, ima veliki značaj za kvalitet životne sredine, jer zajedno sa vazduhom i vodom, čini osnovu života na Zemlji. Plodnost zemljišta određena je reakcijom zemljišta, sadržajem organske supstance, prisustvom, pristupačnih, neophodnih, i korisnih makro i mikro elemenata, kao i odsustvom rastvorljivih oblika toksičnih elemenata, poput teških metala, radionuklida i dr. (Džamić i sar., 2007). Međutim, antropogenim aktivnostima plodnost zemljišta može da se menja u pozitivnom ali nažalost i u negativnom pravcu. Zemljište je vrlo dinamičan sistem u kojem elementi prelaze u različite oblike koji mogu biti manje ili više pristupačni biljakama (Kovačević i sar., 2003). Sa aspekta uticaja na životnu sredinu, vrlo je važno, poznavati hemijske karakteristike zemljišta jer one imaju najveći značaj za opstanak biljne vrste na određenom području. Zbog toga je neophodno hemijskom analizom, obavljati konstantan monitoring plodnosti zemljišta i dostupnosti mineralnih elemenata biljci

(Merry, 2010).

### 2.8.2.1. Osnovni parametri plodnosti zemljišta

#### 2.8.2.1.1. Reakcija zemljišta (pH)

Reakcija zemljišta ili njegova pH vrednost je jedna od njegovih najznačajnijih hemijskih osobina. Ona ispoljava direktni uticaj na pravac i tok hemijskih reakcija koje se odvijaju u zemljištu a samim tim utiče na rast određenih biljnih zajednica na njemu. Naime, svaka biljna vrsta ima optimalan opseg pH vrednosti u kojima može ispoljiti različite produktivne sposobnosti, jer pH indirektno utiče na intenzitet mikrobioloških procesa u zemljištu, razlaganje organske supstance i tok ishrane biljaka. pH reakcija definiše neutralnost, kiselost ili alkalnost zemljišta, tj. ona predstavlja koncentraciju vodonikovih jona u zemljишnom rastvoru i na adsorptivnom kompleksu. Vodonikovi joni se obrazuju pri disocijaciji molekula vode, raznih kiselina i soli. Najvažniji izvori vodonikovih jona u zemljištu su ugljena kiselina ( $H_2CO_3$ ) koja dospeva u zemljiste zajedno sa atmosferskim talogom i nastaje kao rezultat produkcije  $CO_2$  koji nastaje disanjem organizama zemljišta, kao i ostale kiseline ( $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ) poreklom iz organskih i neorganskih jedinjenja. Vodonikovi joni iz zemljishnog rastvora stupaju u međudejstvo sa česticama zemljišta pri čemu dolazi do njihove adsorpcije od strane zemljishnih koloida (Djordjević, 2018). Praćenje reakcije zemljišta od suštinske je važnosti jer direktno utiče na mobilnost mnogih elemenata i na njihovu dinamiku usvajanja od strane biljaka. Naime, dostupnost Ca, Mg, P, Mo i B pri niskim pH vrednostima je smanjena, dok je dostupnost Fe, Mn, Zn, Cu i Co povećana. Zbog toga, pH vrednost kao jedan od značajnih indikatora plodnosti zemljišta određuje se merenjem aktivne kiselosti u  $H_2O$  i supstitucione kiselosti u KCl (Tabela 6), pri čemu one mogu znatno varirati u zavisnosti od ekoloških faktora (Oljača, 2008). Kisela zemljišta nisu povoljna za biljke zbog njihovog uticaja na raspoloživost đubriva. Najbolja pristupačnost glavnih đubriva jeste kada se pH vrednost kreće između 6 i 8 (Oljača, 2008).

Tabela 6. Klasifikacija zemljišta prema pH vrednostima u  $H_2O$  i KCl (Belić i sar., 2014)

Klasifikacija zemljišta	pH	
	u $H_2O$	u KCl
Ekstremno kiselo	< 4,6	< 2,5
Vrlo jako kiselo	nd	2,6 – 3,5
Jako kiselo	4,7 – 5,2	3,6 – 4,5
Kiselo	5,3 – 5,8	4,6 – 5,5
Slabo kiselo	5,9 – 6,7	5,6 – 6,5
Neutralno	6,8 – 7,2	6,6 – 7,5
Slabo alkalno	7,3 – 7,6	7,6 – 8,5
Alkalno	> 7,6	> 8,5

\*nd-nije detektovano

#### 2.8.1.1.2. Azot (N)

Azot u zemljištu vodi poreklo od organskih jedinjenja. Najveći deo azota zemljišta (97-98%), nalazi se u humusu, i drugim organskim supstancama zemljišta i nije direktno pristupačan biljci. Taj deo azota postaje biljkama pristupačan tek posle njene mineralizacije pri čemu, on čini samo 2-3% ukupnog azota zemljišta. Mineralni azot može biti u više oblika, dok su biljci pristupačni  $NO_3^-$  i  $NH_4^+$  oblici azota (Džamić i sar., 2007). Shodno tome u tabeli 7 prikazana je klasifikacija zemljišta na

osnovu njegovog sadržaja.

Tabela 7. Klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja azota (Džamić i sar., 2007)

Nivo snadbevenosti	Sadržaj N (%)
Dobro obezbeđena	> 0,2
Srednje obezbeđena	0,1-0,2
Siromašna	< 0,1

### 2.8.1.1.3. Fosfor (P)

Ukupni sadržaj fosfora se u zemljištu nalazi u koncentraciji od 0,03 % do 0,20 % u organskom (20-40%) i mineralnom obliku (60-80%). Intervali variranja dosta su izraženi kod različitih tipova i varijeteta zemljišta, a prvenstveno su uslovljene nejednakim sadržajem fosfora u matičnim supstratima. Pod pristupačnim fosforom podrazumeva se fosfor u zemljišnom rastvoru, fosfor u apsortivnom kompleksu, fosfor u obliku primarnih, sekundarnih i tercijarnih soli alkalnih elemenata (Na i K), a zatim primarnih i delimično tercijarnih sekundarnih jedinjenja zemnoalkalnih elemenata (Ca i Mg). Snabdevenost fosforom određuje se analizom njegovih lako-prusupačnih oblika (Tabela 8), (Džamiću i sar., 2007).

Tabela 8. Klasifikacija zemljišta prema sadržaju lakopristupačnog fosfora (Džamić i sar., 2007)

Nivo snabdevenosti	Sadržaj P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g)
Vrlo nizak (meliorativan)	5
Nizak (siromašno)	5-10
Srednji (srednje siromašno)	10-15
Optimalan (dobro obezbeđeno)	15-25
Visok (preterano obezbeđeno)	25-40
Vrlo visok (ekstremno obezbeđeno)	40-50
Štetan	>50

### 2.8.1.1.4. Kalijum (K)

Prema Džamiću et al. (2007), ukupni sadržaj kalijuma u zemljištu je u intervalu od 0,5 do 2,5 % i uglavnom se nalazi u mineralnoj frakciji zemljišta. Sadržaj kalijuma u zemljištu uslovлен je vrstom i količinom minerala u matičnom supstratu na kom je zemljište obrazovano. Od ukupne njegove količine u zemljištu u mineralima zemljišta nalazi se 90-98%; fiksirani K čini 1-10%; izmenljivi 1-2% i kalijum u zemljišnom rastvoru 6-20 mg/l (Džamić i sar., 2007). Pod pristupačnim kalijumom podrazumeva se adsorbovani kalijum i kalijum u zemljišnom rastvoru (rastvorljivi K). Snabdevenost zemljišta kalijumom određuje se na osnovu analize njegovih lako-pristupačnih oblika i na osnovu toga izvršena je klasifikacija prikazana u tabeli 9.

Tabela 9. Klasifikacije zemljišta na osnovu lako-pristupačnog kalijuma (Džamić i sar., 2007)

Nivo snabdevenosti	Sadržaj K <sub>2</sub> O (mg/100 g)
Vrlo nizak (meliorativan)	5
Nizak (siromašan)	5-10
Srednji	10-15
Optimalan	15-25
Visok	25-40
Vrlo visok	40-50
Štetan	>50

#### 2.8.1.1.5. Organska supstanca (humus)

Organska supstanca zemljišta podrazumeva ukupnu količinu organskih jedinjenja nastalih od izumrlih delova biljaka, zemljишne faune i plazme mikroorganizama. Iako je njen procentualni udeo u zemljisu uglavnom nizak (najčešće ne prelazi 5%) njen značaj za plodnost je nezamenjiv. Organske supstance (humus) zemljishi sadrži i neke biogene elemente koji se pri njenoj razgradnji (mineralizaciji) oslobođaju, a zatim u mineralnom obliku ulaze u hemizam zemljishnog rastvora i mogu poslužiti kao biljna hrana. Prema Džamić i sar. (2007), na sadržaj humusa prvenstveno može uticati topografija, geološki supstrat, klima, vegetacija, dubrenje i mnogi antropogeni faktori. S tim u vezi izvršena je podela zemljishi na osnovu njegovog sadržaja (Tabela 10).

Tabela 10. Klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja humusa (Belić i sar., 2014)

Klasa zemljišta	Sadržaj humusa (%)
Vrlo slabo humusna	<1,00
Slabo humusna	1,01 – 3,00
Humusno	3,01 – 5,00
Jako humusno	5,01 – 10,00

#### 2.8.1.2. Prisustvo biogenih (BE) i potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u zemljisu

Osim poznavanja osnovnih parametara plodnosti zemljishi, za ova istraživanja važna je i analiza ukupnog sadržaja drugih biljnih makro - i mikronutrijenata (kalcijuma, magnezijuma, gvožđa, sumpora, mangana, cinka, bakra, bora i molibdена). Prema Kabata-Pendias (2004), poznavanje sadržaja mineralnih elemenata, posebno potencijalno štetnih, važno je za održivo korišćenje zemljishi prvenstveno zbog potencijalnih zdravstvenih rizika usled moguće kontaminacije vegetacije koja raste na zemljishima sa povećanim sadržajem teških metala.

##### 2.8.1.2.1. Kalcijum (Ca)

Prema Džamić i sar. (2007), prosečan ukupni sadržaj kalcijuma u zemljishima kreće se od 1,40 do 1,50 % CaO. Kalcijum zemljishi vodi poreklo od primarnih jedinjenja: silikata i karbonata, a u većini zemljishi našeg podneblja potiče od minerala kalcita ( $\text{CaCO}_3$ ) koji dominira u brojnim krečnjačkim stenama. Sadržaj kalcijuma kao baza najviše utiče na reakciju zemljishi (pH). Njegovi pristupačni oblik  $\text{Ca}^{2+}$  nalaze se u adsorptivnom kompleksu i u zemljishnom rastvoru. Ukoliko je adsorptivni kompleks zasićen preko 50% jonima  $\text{Ca}^{2+}$  zemljishi ima povoljna fizičko-hemijska

svojstva. Ukoliko je adsorptivni kompleks zemljišta prezasićen  $\text{Ca}^{2+}$  jonima uz nizak sadržaj organske supstance može doći do smanjenja mobilnosti jona Fe, B, Zn, Mn i Cu (Đorđević i sar., 2018).

#### **2.8.1.2.2. Magnezijum (Mg)**

Prosečna količina ukupnog magnezijuma u zemljištu varira u granicama od 0,1 do 1,5 %. Izvor magnezijuma u zemljištu predstavljaju primarni i sekundarni minerali čijom se razgradnjom oslobođaju  $\text{Mg}^{2+}$  joni koji se mogu vezivati za adsorptivni kompleks ili preći u zemljišni rastvor. Značajan izvor magnezijuma čine organske supstance i mineralna đubriva. Generalno, retko se sreće deficit magnezijuma, osim na jako kiselim i peskovitim zemljištima. Magnezijum se u zemljištu nalazi u obliku karbonata, bikarbonata, silikata, nitrata, sulfata. Prema Popoviću i sar. (1989), sadržaj magnezijuma zavisi od tipa zemljišta: karbonatni černozem (1,45%), bezkarbonatni černozem (1,26%), gajnjača (1,31%), degradirani černozem (1,13%), smonica (1,41%), karbonatni aluvijum (2,44%).

#### **2.8.1.2.3. Gvožđe (Fe)**

Sadržaj ukupnog gvožđa u zemljištu varira u intervalu od 0,5% do 5%. Džamić i sar. (2007), navode da sadržaj gvožđa varira u zavisnosti od tipa zemljišta: podzolu od 2 do 4%; crnice 5 do 6%, crvenice 7,5-10,5%, dok neka karbonatna i silikatna zemljišta sadrže manje od 1% gvožđa. Glavni izvor gvožđa u zemljištu predstavlja mineralna komponenta, primarni minerali (olvin, amfiboli, biotit) i sekundarni (oksidi, karbonati, sulfidi, hidroksidi), dok joni i helati gvožđa u zemljišnom rastvoru i adsorptivnom kompleksu predstavljaju njegov najpristupačniju formu za biljke.

#### **2.8.1.2.4. Mangan (Mn)**

Sadržaj ukupnog mangana u zemljištu varira u intervalu od 200 do 2000 mg/kg (Džamić i sar. (2007). U zavisnosti od tipa zemljišta, ukupni sadržaj može biti od 490 mg/kg u karbonatnom černozemu, 670 mg/kg u smonici, 650 mg/kg u gajnjači do 800 mg/kg u pseudogleju, pri čemu njegov sadržaj sa dubinom znatno opada (Đorđević i sar. 2018). U zemljištu se može naći i u organskim jedinjenjima (acetati, laktati, formijati), teško rastvorljivim solima, adsorptivnom kompleksu i zemljišnom rastvoru. Mangan se u zemljištu može naći u različitim redukovanim oblicima što direktno utiče na njegovu pristupačnost biljakama (Džamić i sar., 2007).

#### **2.8.1.2.5. Cink (Zn)**

Sadržaj ukupnog cinka u pojedinim tipovima zemljišta kreće se u širokim granicama. Najmanji sadržaj cinka zabeležen je u peskovitim zemljištima (ispod 30 mg/kg) dok je znatno veći u černozemu (120-150 mg/kg), pri čemu Džamić i sar. (2007), ukazuju da sadržaj cinka prvenstveno zavisi od mehaničkog sastava zemljišta. Zemljišta težeg mehaničkog sastava sadrže po pravilu više ukupnog cinka. Sadržaj cinka u zemljištu zavisi od mineraloškog sastava matičnog supstrata od kog je zemljište nastalo. Pristupačni  $\text{Zn}^{2+}$  se u zemljištu može naći, u adsorptivnom kompleksu i zemljišnom rastvoru. Pristupačnost cinka se smanjuje sa povećanjem pH vrednosti zemljišta. Alkalna i karbonatna zemljišta sklonija su nedostatku pristupačnog cinka u odnosu na neutralna i blago kisela zemljišta (Alloway, 2008).

#### **2.8.1.2.6. Bakar (Cu)**

Prema Džamić i sar. (2007), optimalna količina ukupnog bakra u zemljištu je u intervalu od 10 do 140 mg/kg. Kabata-Pendias (2004), sugerisu da optimalan sadržaj bakra varira između 14 i 109 mg/kg, pri čemu njegov sadržaj zavisi i od teksture zemljišta, odnosno, najniži je u lakin peskovitim

zemljištima, a najviši u ilovastim zemljištima. U zavisnosti od tipa, zemljišta na području R. Srbije sadrže od 10 do 60 mg/kg bakra. Istraživanjima Popovića i sar. (1989), konstatovano je u černozemu 60 mg/kg, u podzolu 10 mg/kg u tresetnim zemljištima 4 mg/kg, dok je prema Jekiću (1989), sadržaj bakra bio u gajnjači 35,0-49,0 mg/kg; u černozemu 33,0-46,0 mg/kg; u smonici 25,2-44,2 mg/kg; u aluvijumu 14,4-41,6 mg/kg; u pseudogleju 28,0-37,0 mg/kg; u deluvijumu 10,8-66,8 mg/kg.

#### **2.8.1.2.7. Bor (B)**

Prema Džamiću (2007), prosečan sadržaj ukupnog bora u zemljištima varira između 5 i 10 mg/kg. Izvor bora u zemljištu predstavljaju primarni i sekundarni minerali (datolit, turmalin, boracit, dumorterit, hidroboracit i kolemanit), mineralni koloidi (hidroksidi i slobodni oksidi Al i Fe), i organska supstanca zemljišta. Sadržaj bora u zemljištima zavisi i od mehaničkog sastava zemljišta, tako da zemljišta bogata glinom imaju veći sadržaj bora dok su peskovita zemljišta siromašna borom.

#### **2.8.1.2.8. Nikl (Ni)**

Previsok sadržaj nikla u zemljištu može nepovoljno uticati na biljke i posredno lancem ishrane može dospeti do ljudi. Zbog toga se ovaj element ubraja u grupu potencijalno toksičnih elemenata. Prema Pravilniku o dozvoljenim količinama (Službeni glasnik RS, br. 23/1994) maksimalno dozvoljena količina nikla u zemljištu iznosi 50 mg/kg. Njegov sadržaj prvenstveno zavisi od mineralnog sastava zemljišta pri čemu povećan sadržaj nikla imaju zemljišta obrazovana na serpentinima, preko 600 mg/kg, dok zemljišta obrazovana na eruptivnim stenama imaju sadržaj ispod 50 mg/kg (Džamić i sar., 2007). Prema Kabata-Pendias (2004), prosečan sadržaj nikla u zemljištu na svetskom nivou iznosi 40 mg/kg.

#### **2.8.1.2.9. Natrijum (Na)**

Sadržaj natrijuma u zemljištu zavisi od matičnog supstrata na kome je zemljište formirano. Zemljišta formirana na granitima imaju više natrijuma nego ona formirana na peščarima. Drugi značajni izvori natrijuma u zemljištu su organska i mineralna đubriva, kao i morska voda na zemljištima priobalnih područja (Džamić i sar., 2007). Prema Jakšić-u (2015), sadržaj natrijuma zavisi od tipa zemljišta, i to: vertisol (613,35 mg/kg), eutrični kambisol (619,78 mg/kg), fluvisol (525,19 mg/kg), humoglej (474,38 mg/kg), černozem (435,89 mg/kg) i humofluvisol (380,07 mg/kg). Svi oblici natrijuma u zemljištu su lako rastvorljivi u vodi a pretežno su zastupljene sledeće soli: NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. Njegov sadržaj u zemljištu zavisi u velikoj meri od klimatskih uslova. Zemljišta aridnih predela mogu da sadrže preko 1% natrijuma, što se većinom javlja na alkalnim zemljištima.

#### **2.8.1.2.10. Aluminijum (Al)**

Aluminijum spada u grupu najzastupljenijih elemenata u zemljištu čineći 7-9 % njegovog sastava, a jedan je od najvažnijih konstitutivnih elemenata čvrste faze zemljišta, gradeći primarne i sekundarne (glinene) minerale. Međutim, Al nije esencijalni element, već se pojavljuje kao potencijalno toksičan element. U slučaju povećanih koncentracija njegovih mobilnih oblika (vodorastvorljivog i adsorbovanog) u zemljištu, izaziva štetne efekte na koren biljaka. (Džamić i sar., 2007).

#### **2.8.1.2.11. Kobalt (Co)**

Prosečan sadržaj kobalta u zemljištu iznosi 12 mg/kg. Najviše je koncentrisan u magmatskim stenama i crnim škrljcima (do 200 mg/kg), a manje ga ima u kiselim stenama (1-15 mg/kg). Najznačajniji minerali kobalata su: smaltit, kobaltit i eritit (Kabata-Pendias 2007). Ukupan sadržaj varira

u zavisnosti od tipa zemljišta. Najzastupljeniji je u glinovitim zemljištima (20-30 mg/kg), a nešto manje u peskovitim zemljištima (0,5-3 mg/kg) (Kisić 2012). Sadržaj kobalta u nezagađenim zemljištima varira od 1 do 40 mg/kg i u tom slučaju se za srednju vrednost njegovog sadržaja 8 mg/kg (Adriano 2001). Kod ljudi, prilikom unošenja izaziva toksične efekte koji se javljaju u hroničnom obliku. Sama inhalacija kobalta može dovesti do bronhijalne asme, a izloženost njegovim solima ima štetan uticaj na srce, pluća, štitnu žlezdu, kožu i koštanu srž (Swennen et al., 1993).

#### **2.8.1.2.12. Vanadijum (V)**

Sadržaj vanadijuma u zemljištu usko je povezan sa matičnim supstratom. Najčešće se nalazi u magmatskim stenama u koncentraciji do 130 mg/kg, u ilovasto-glinovitim i sedimentnim stenama do 250 mg/kg. Procenjuje se da je njegov prosečni sadržaj u zemljištima oko 129 mg/kg, a može biti u intervalu od 69 do 320 mg/kg (Kabata-Pendias 2011). Njegova mobilnost zavisi od atmosferskih faktora, od minerala u čiji sastav ulazi, od pH zemljišta i prisustva hidroksida gvožđa (Džamić i sar. 2007). Istraživanja su pokazala da zavisno od vrste biljaka i tipa zemljišta na kojem biljka raste, toksičnost se može javiti pri koncentraciji od 0,5-2 mg/kg u hranljivom rastvoru, a u zemljišnom rastvoru koncentracija ovog elementa može biti i mnogo veća, čak do 140 mg/kg (Kabata-Pendias 2011).

#### **2.8.1.2.13. Kadmijum (Cd)**

Prema Kabata-Pendias (2004), prosečan sadržaj kadmijuma u zemljištu varira u intervalu od 0,2 do 1,1 mg/kg. U nezagađenim zemljištima, njegov sadržaj uslovjen je teksturom zemljišta i kreće se u intervalu od 0,01 do 0,3 mg/kg u peskovitim zemljištima, odnosno od 0,2 do 0,8 mg/kg u ilovastim zemljištima. Značajan izvor kadmijuma u zemljištu predstavlja matični supstrat, mineral sfalerit (ZnS), razni sekundarni minerali, neke sedimentne stene i crni škrljci i dr. (Kabata-Pendias 2004).

#### **2.8.1.2.14. Olovo (Pb)**

Sadržaj olova prema Kabata-Pendias (2004), zavisi od matičnog supstrata, pri čemu njegov sadržaj može varirati od 0,1 do 20 mg/kg. Isti autor navodi je da je sadržaj olova u uskoj korelaciji sa granulometrijskim sastavom zemljišta pri čemu peskovita zemljišta sadrže 12,6 mg/kg, srednje ilovasta zemljišta 16,4 mg/kg i teška ilovasta zemljišta 20,9 mg/kg.

#### **2.8.1.2.15. Hrom (Cr)**

Prosečan sadržaj hroma u zemljištima je oko 60 mg/kg (Kabata-Pendias, 2004). On vodi poreklo od matičnih stena. Najveći sadržaj imaju zemljišta nastala od silikatnih stena i glinovith sedimenata. Osim toga, sadržaj hroma u serpentinskim zemljištima može da bude i do 80.000 mg/kg (Oze et al., 2004). Hrom ulazi u sastav velikog broja jedinjenja i lako prelazi iz jednog u drugi oksidacioni oblik. Najstabilniji je Cr(III) i Cr(VI). Trovalentni hrom slabo je pokretan osim u veoma kiselim sredinama dok sa porastom pH izrazito opada; na  $\text{pH} > 5,5$  potpuno se istaloži zbog čega su njegova jedinjenja u zemljištu veoma stabilna. Šestovalentni hrom je postojaniji kao anjon i brže se ekstrahuje iz zemljišta, taloži i veoma je toksičan. Veoma je nestabilan u zemljištu i lako mobilan i u kiseloj i alkalnoj sredini (Kabata-Pendias, 2004).

#### **2.8.1.2.16. Živa (Hg)**

Prema Kumar et al. (2023), živa se ubraja u toksične elemente čak i pri malim koncentracijama. Kod biljkaka, redukuje fotosintetičku aktivnost i narušava sadržaj proteina. Prema Kabata-Pendias (2004), najveće koncentracije žive su u histosolima i kambisolima, pri čemu isti autor navodi da je u

devičanskim zemljištima Hg nasleđena od matičnog supstrata. Akumulacija žive povezana je sa sadržajem organskog C i S u zemljištu, zbog čega je njena koncentracija viša u površinskim, nego u dubljim slojevima zemljišta (Obrist et al., 2018). Prosečan sadržaj žive u zemljištima kreće se između 0,58 i 1,8 mg/kg (Kabata-Pendias 2004).

#### **2.8.1.2.17. Arsen (As)**

Prosečan sadržaj arsena u zemljištima procenjuje se na oko 1,8 mg/kg, mada u glinovitim zemljištima može iznositi i do 13 mg/kg (Kabata-Pendias 2004). Niži sadržaj utvrđen je u granitnim, peskovitim zemljištima, dok se viši najčešće vezuje za aluvijalna zemljišta bogata organskim supstancama. Arsen vodi poreklo iz velikog broja minerala od kojih su oko 60% arsenati. Značajno poreklo arsena mogu biti i antropogene aktivnosti koje su vezane za industriju (prerada metala, proizvodnja mineralnih đubriva na bazi S i P, sagorevanje uglja itd.) kao i upotreba pesticida na bazi arsena. U zavisnosti od tipa zemljišta, previsoka koncentracija u lakinim zemljištima (preko 100 mg/g) i teškim zemljištima (preko 1000 mg/kg) dovodi do fitotoksičnosti i fiziološkog poremećaja kod biljaka (Kabata-Pendias, 2004).

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (WHO) smatra se da oko 80% svetskog stanovništva, odnosno oko 5,2 milijarde živi u manje razvijenim zemljama, pri čemu se procenjuje da se 80% tih ljudi za svoje primarne zdravstvene potrebe oslanja isključivo na tradicionalnu medicinu. U tom smislu 3,3 milijarde ljudi u manje razvijenim zemljama redovno koristi lekovito bilje koje predstavlja osnov tradicionalne medicine.

Sremuš se vekovima koristi u tradicionalnoj medicini, a savremena medicina je wegovu upotrebu nastavila i unapredila. Iz tog razloga se poslednjih godina uočava trend povećane potražnje za ovom lekovitom biljnom sirovinom, tj. listom sremuša (*Ursi folium*) kako na domaćem, tako i na svetskom tržištu. Pomenuta sirovina predstavlja značajan resurs u ishrani, kao rana prolećna salata. Sastojak je mnogobrojnih višekomponentnih čajeva, a kao monokomponentni čaj ili tinktura ispoljava brojne terapijske efekte.

Potrebe tržišta za ovom biljnom sirovnjem većinom se zadovoljavaju iz prirodnih resursa. Populacije iz prirode izložene su preteranoj eksploataciji, a promene ekoloških uslova u velikoj meri utiču na smanjenje njihove produktivnosti. Iz tih razloga u većini evropskih zemalja uvedene su specijalne mere zaštite ove biljne vrste.

Uzimajući u obzir da Srbija ima visok potencijal za izvozom velikih količina visokokvalitetnih „nezagađenih“ lekovitih biljnih sirovina i da su područja na kojima raste sremuš sa aspekta sakupljača nedovoljno istražena, poznavanje staništa na kojima se nalaze populacije sremuša i poznavanje njegovih kvantitativnih i kvalitativnih osobina može samo olakšati održivo upravljanje resursima, a lokalnim zajednicama omogućiti dodatni prihod od njegovog sakupljanja.

Uporedo sa porastom svetskog stanovništva i razvojem prehrabnenih i farmaceutskih kompanija rašće i globalna potreba za sremušem, što se neće moći obezbeđivati samo sakupljanjem iz prirode. Stoga je poznavanje ekoloških uslova staništa na kojima raste sremuš najboljeg kvaliteta od presudnog značaja za uspeh njegovog uvođenja u proizvodnju. S tim u vezu, u ovom istraživanju definisano je više ciljeva koji čine nerazvojivu celinu:

- 1) da se kroz kvantitativnu i kvalitativnu analizu svežeg biljnog materijala sremuša, koji spontatno raste na preko 40 različitim staništa na teritorije Republike Srbije, utvrdi koji su to ekološki faktori koji imaju ključni uticaj na ispoljavanje poželjnih morfo-fizioloških odlika, elementarnog i fitohemijskog sastava biljne sirovine.
- 2) da se utvrdi veza između elementarnog sastava u biljnom materijalu, uključujući i one elemente koji mogu naškoditi ljudskom zdravlju i ekoloških uslova u kojima su biljke sremuša rasle, sa posebnim osvrtom na zemljište.
- 3) da se definišu najpogodniji klimatski i zemljišni uslovi u kojima bi se mogao gajiti sremuš poželjnog mineralnog i hemijskog sastava u cilju uspostavljanja njegove proizvodnje i dobijanja kvalitetne biljne sirovine.
- 4) da se definišu najbolje populacije sremuša koje su pogodne za introdukciju i kultivisanu proizvodnju u Srbiji.

## **4. RADNE HIPOTEZE**

U ovom istraživanju pošlo se od sledećih prepostavki:

- Klimatski uslovi sredine u kojima sremuš prirodno raste utiču na dužinu njegove vegetacije, različito ispoljavanje morfoloških svojstava (visinu biljke, oblik i dimenzije lista, masu cele biljke i njenih pojedinačnih delova) i hemijskog sastava (sadržaj polifenola, posebno flavonoida i biogenih elemenata);
- Kvalitet zemljišta na kojima sremuš prirodno raste, utiče na dužinu njegove vegetacije i na različito ispoljavanje morfoloških svojstava (visinu biljke, oblik i dimenzije lista, masu cele biljke, odnosno njenih pojedinačnih delova) i hemijskog sastava (sadržaj polifenola, posebno flavonoida i biogenih elemenata);
- Izdvojiće se populacije sremuša koje su sa aspekta prehrambene i farmaceutske industrije poželjnog hemijskog kvaliteta;
- Korelacionom analizom podataka klimatskih i zemljišnih činilaca sa mnogobrojnih prirodnih staništa sremuša, definisaće se optimalni klimatski i zemljišni uslovi za kultivaciju visoko-kvalitetne biljne sirovine sremuša u ekološkim uslovima Republike Srbije.

## **5. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA**

Istraživanja predviđena ovom doktorskom disertacijom su obuhvatila i terenske i laboratorijske aktivnosti.

### **5.1. Terenska istraživanja**

Terenska istraživanja objedinila su pronalaženje i odabir staništa na kojima spontano uspevaju populacije sremuša na teritoriji Republike Srbije, a zatim praćenje klimatskih parametara na staništima, i uzorkovanje materijala sa njih u periodu od 2020. do 2022. godine.

### **5.2. Identifikacija i odabir staništa**

Za pronalaženje prirodnih staništa populacija sremuša korišćeni su navodi Oborny et al. (2011) u kojima su opisane odlike staništa sremuša, a takođe su korišćene i etnobotaničke ankete lokalnog stanovništva, prema metodi Kala (2005), kako bi se došlo do informacija o staništima na kojima sremuš spontano raste u našoj zemlji. Za uzorkovanje materijala su birani staništa na različitim nadmorskim visinama, u pretežno šumskim populacijama, udaljenim od bilo kakvih izvora zagađenja.

Nakon pronalaska lokaliteta sa prirodnim populacijama sremuša, korišćenjem GPS uređaja utvrđene su precizne koordinate i nadmorska visina staništa (Tabela 12), dok je upotrebo pedološke karte utvrđen preovlađujući tip zemljišta (Tabela 13). Definisana staništa označena su oznakama od L<sub>1</sub> do L<sub>43</sub>.

Populacije su bile rasprostranjene u različitim geografskim regionima naše zemlje; vojvođanski, beogradski, region Južne i region Istočne Srbije. Odabir lokaliteta izvršen je na način da oni predstavljaju što veći broj različitih ekoloških parametara. Pri tom je kao glavni kriterijum za odabir upotrebljena topografska odlika - nadmorska visina lokaliteta, a kao dodatak ovom kriterijumu bile su klimatske odnosno subklimatske odlike lokaliteta. Nastojalo se da populacije sremuša budu što ravnomernije raspoređene u klimatskim zonama i da što veći broj populacija bude distribuiran u što manjem broju klimatskih tipova odnosno podtipova.

Pri odabiru populacija su korišćeni i podaci o prosečnim godišnjim temperaturama lokaliteta Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda Srbije (RHMZS). Uzimajući u obzir adaptibilne uslove populacija, pri odabiru na osnovu klimatskih karakteristika korišćene su i globalne ekološke podele klime i bioma (Walter et al., 1967) i klimatske podele jugoistočne Evrope (Horvat et al., 1974), te su populacije sremuša grupisane na one koje pripadaju: (I) prelaznoj subkontinentalno-kontinentalnoj klimi, (II) semiaridnoj umereno kontinentalnoj (subkontinentalna) klimi – centralno-istočno-balkanski ili mezijski podtip, (III) humidnoj umereno kontinentalnoj klimi – zapadnobalkanski ili ilirski podtip, i (IV) prelaznoj submediteransko egejsko-subkontinentalnoj klimi.

#### **5.2.1. Uzorkovanje materijala sa staništa**

Sa prethodno odabranih lokaliteta na kojima spontano rastu populacije sremuša, tokom 2021. godine je uzorkovan i biljni i zemljjišni materijal.

*Biljni materijal:* 1) za morfološke analize uzorkovano je po 30 celih biljaka u svežem stanju, pri čemu je merena i dubina na kojoj su se lukovice sremuša nalazile; 2) za fitohemijske analize uzorkovano je po 20 svežih listova i po 20 celih biljaka za analize njihovog elementalnog sastava.

*Zemljjišni materijal:* za analizu osnovnih hemijskih svojstava i sadržaja biogenih i potencijalno toksičnih elemenata u zemljjištu na svim lokalitetima obavljeno je uzorkovanje iz

površinskog sloja u poremećenom stanju u zoni rizosfere. Dubina sloja zemljišta koji je obuhvaćen analizom bila je različita, zavisno od staništa, a kretala se u intervalu od 10 do 20 cm (zona rizosfere). U zavisnosti od veličine populacije na datom staništu, uzorkovanje je rađeno u krugu čiji je prečnik varirao u intervalu 5–50 m. Biljni materijal je uzorkovan neposredno pred cvetanje kada prema Lachowicz et al. (2017), sremuš ima najpovoljniji hemijski sastav. Uzimajući u obzir da ekspozicija terena favorizuje različit vremenski interval trajanja fenoloških faza razvoja (Polgar et al. 2011), uzorkovanje materijala na nadmorskim visinama ispod 500 m rađeno je tokom marta, dok je materijal sa nadmorskih visina iznad 500 m uzorkovan tokom aprila meseca. Prema tome u drugoj dekadi marta prikupljan je materijal sa staništa od L<sub>1</sub> do L<sub>8</sub>, u trećoj dekadi od L<sub>9</sub> do L<sub>14</sub> a u četvrtoj, dekadi od L<sub>15</sub> do L<sub>21</sub>. U prvoj dekadi aprila materijal je prikupljan sa staništa od L<sub>22</sub> do L<sub>30</sub>, u drugoj od L<sub>31</sub> do L<sub>38</sub> i u četvrtoj od L<sub>39</sub> do L<sub>43</sub>.

### **5.2.2. Praćenje klimatskih parametara na staništima**

Klimatski parametri su praćeni upotrebom klimatskih srednjih vrednosti za period 1991–2020. godina, sa sinoptičkih stanica koje su najbliže ispitivanim staništima sremuša. Podaci su preuzeti sa web stranice Hidrometeorološkog zavoda Republike Srbije ([www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija\\_srednjaci.php](http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_srednjaci.php)).

Ukoliko bi se lokaliteti nalazili na različitim nadmorskim visinama nego što su one na kojima su meteorološke stanice, rađena je aproksimacija izmerenih vrednosti pomoću data logera sa vrednostima najbližih meteoroloških stanica. Na pet reprezentativnih i međusobno udaljenih lokaliteta mereni su temperatura i relativna vlažnost vazduha tokom vegetacionog perioda sremuša upotrebom sofisticiranih preciznih mernih instrumenata, data logera marke HAXO-8, proizvođača LogTag iz Sjedinjenih Američkih Država. Pred početak vegetacije, krajem januara 2021. godine, instrumenti su bili postavljeni u neposrednoj blizini biljaka, na visinu od 2 m, a programirani su da beleže navedene klimatske parametre na sat vremena. Dobijeni podaci su prikazani dekadno, za svaki praćeni mesec u godini. Za podatke o količini padavina na svakom lokalitetu upotrebljeni su podaci sa obližnjih meteoroloških stanica.

Aproksimacija temperatura vršena je metodom termičkih gradijenata (Kolić, 1988), prema kojoj je za svakih 100 m porasta nadmorske visine temperatura u letnjim mesecima smanjena za 0,75°C, u zimskim za 0,30°C, dok je u proleće i jesen smanjena za iznos srednje godišnje vrednosti termičkog gradijenta, što je 0,56°C.

Aproksimacija količine padavina rađena je po Schreiber-ovoј formuli opisanoj u literaturi Milosavljević (1990), a uzima se kao linearna međuzavisnost povećanja količine padavina sa povećanjem nadmorske visine, odnosno, godišnja količina padavina povećava se za 54 mm na svakih 100 m povećanja nadmorske visine. To je odradeno na osnovu sledeće proporcije: količina padavina izmerena na meteorološkoj stanicici/količina padavina dobijena na osnovu Schreiber-ove formule=količina padavina u određenom mesecu izmerena na meteorološkoj stanicici/količina padavina u određenom mesecu izmerena na osnovu Schreiber-ove formule.

Nakon merenja i aproksimacije klimatskih parametara izvršena je bioklimatska klasifikacija po Lange-u (KF=P/t, gde je „P“ prosečna godišnja visina padavina, a „t“ prosečna godišnja temperature) i određen je Kernerov stepen kontinentalnosti pomoću termodromskog koeficijenta (KK) po formuli:

$$KK = \frac{TR - TRI}{GA} * 100 (\%)$$

pri čemu su TR i TRI prosečne temperature vazduha u oktobru i aprilu, a GA je prosečna godišnja temperaturna amplituda.

Za procenu uticaja intenziteta osvetljenosti na produktivne odlike sremuša na svim lokalitetima korišćena je metoda analize sklopa sastojine, prema Krstiću (1989), merama projekcije krune. Prilikom uzorkovanja biljnog materijala, na svakom staništu sa populacijom sremuša fotografisane su vršne krune stabala iznad biljaka sremuša, i na osnovu tih fotografija je kasnije rađena ocena nadzemne gustine sklopa, u intervalu od 0,1 do 1,0. Tom prilikom su korišćene slike iz doktorske disertacije Babić (2014), prikazane u nastavku (Slike 8 i 9).

Da bi se utvrdila veza između intenziteta osvetljenja i prinosa nadzemne lisne mase sremuša na lokalitetu je rađen i indeks lisne površine (LAI), prema detaljnoj metodi koju su opisali Oljača i sar. (2003).



Slika 8. (leva) Potpun (0,7) i slika 9. (desna) nepotpun (0,5-0,6) sklop u sastojini  
Izvor: Babić, 2014

### 5.3. Laboratorijska istraživanja

Laboratorijska istraživanja su obuhvatala analizu uzorkovanog materijala i obradu dobijenih rezultata. Sprovedena su u više laboratorija: u agronomskoj laboratoriji Instituta za proučavanje lekovitog bilja „dr Josif Pančić“, Beograd, u laboratoriji za hemiju i biohemiju Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu i u laboratoriji fabrike mineralnih đubriva „Elixir-Zorka“ iz Šapca.

#### 5.3.1. Analize uzoraka zemljišta

Po povratku sa terena, uzorci zemljišta sa staništa su ostavljeni da se prosuše na promajnom mestu u sloju debljine 1-2 cm, a potom su usitnjavani pomoću avana i tučka i prosejavani kroz sito otvora 2 mm. Nakon toga su u uzorcima određivani sledeći parametri:

- pH-reakcija zemljišta u H<sub>2</sub>O i KCl – po metodi ISO 10390:2005, uz pomoć pH metra (intoLab pH 7110).
- Sadržaj organske supstance (humusa) – metodom Tjurina (ISO 14235:2005).
- Sadržaj ukupnog azota – metodom destilacije po Kjeldahu.
- Sadržaj pristupačnog fosfora i kalijuma – Al-metodom Egner-Riehm-a. Nakon ekstrakcije sa Al-rastvorom (amonijum-laktat i sirčetna kiselina), sadržaj fosfora određivan je spektrofotometrijski na aparatu Hewlett packard 8453, a sadržaj kalijuma plamenfotometrijski, na aparatu Flame photometer PFP7.

- Sadržaj biogenih elemenata (N, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Ni, B), korisnih (Na, Se) i sadržaj elemenata koji su potencijalno toksični po ljudsko zdravlje (Cd, Pb, Cr, Hg, As, Al, V, Sb, Tl), odrađeni su po postupcima koji obuhvataju:
  - *Pripremu uzorka za analize* – nakon već opisane pripreme, dodatno je odrđena priprema po metodama EPA 3050B i EPA 3052, koje podrazumevaju razaranje uzorka zemljišta koncentrovanom azotnom kiselinom uz dodatak vodonik-peroksida (Kimbrough et al., 1989).
  - *Određivanje sadržaja biogenih i potencijalno toksičnih elemenata*, izuzev Cr, Hg i As – rađeno je metodom indukovano-kuplovane plazme spregnute sa optičkom emisionom spektroskopijom (ICP-OES), upotrebom uređaja ICPE-9800.
  - *Određivanje sadržaja Cr, Hg i As* – Sadržaj Cr određivan je jonskom hromatografijom, korišćenjem aparata 930 Compact IC Flex Oven/Deg, detektora 947 Professional UV/VIS Detector Vario MW i autosamplera 919 IC, sadržaj Hg određivan je na živinom analizatoru AMA 254, dok je sadržaj As određivan hibridnom tehnikom AAS, pomoću uređaja AA-7000 uz korišćenje hibrida HGV-1 Hydride generator for AAS. Limit kvantifikacije za ispitivane elemente prikazan je u Tabeli 11.

### **5.3.2. Analize biljnog materijala**

U uzorcima svežeg biljnog materijala sremuša sa svih staništa rađene su morfološke, fitohemijske i elementalne analize.

- Morfološkim analizama su obuhvaćeni sledeći parametri:

- Masa sveže biljke (g/biljci), visina biljke (cm), visina nadzemnog dela biljke (cm), prečnik lukovice (mm), broj listova po biljci (kom), masa listova po biljci (g), prosečna dužina i širina listova po biljci (cm), ukupna lisna površina po biljci ( $\text{cm}^2$ ), brojnost biljaka u populaciji i prinos svežeg lista ( $\text{g/m}^2$ ).

Navedeni parametri su mereni na analitičkoj vagi (KERN ABJ), kao i lenjirom. Za određivanje lisne površine korišćen je softver „ImageJ“ po metodi opisanoj u radu Easlon et al. (2014).

Procena prinosa svežeg lista sremuša na prirodnim staništima rađena je u 2022. godini. Korišćena je apsolutna metoda kvadrata, detaljno opisana u istraživanju Ljevnaić-Mašić i sar. (2020). Preciznije, u svim populacijama sremuša na staništu nasumično je postavljeno po četiri kvadrata veličine  $1 \text{ m}^2$  iz kojih su pobrojane sve jedinke, a zatim je iz svakog kvadrata izvršeno ubiranje nadzemne mase (lista), koja je zatim izmerena i evidentirana. U tom slučaju determinisana je gustina populacije sremuša, kao i njihov prinos na staništima.

- Fitohemijske analize su obuhvatile pripremu uzorka za analizu i izvođenje analiza:

- *Priprema uzorka za analizu*. Uzorci svežih listova sremuša samleveni su upotrebom električnog mlina. Po 2 g homogenizovanog uzorka je preneto u plastične samostojće kivete zapremine 50 ml, prethodno zaštićene od uticaja svetlosti upotrebom aluminijumske folije, u koje je potom dodato 10 ml 80% acetona, uz kontinuirano mučkanje na linearnoj mehaničkoj mešalici u trajanju od 90 minuta, nakon čega je ceo postupak ponovljen. Odnos između uzorka i rastvarača je bio 1:10. Po završetku ekstrakcije odvajan je precipitat od supernatanta, ekstrakt je filtriran kroz filter papir i potom odložen u frižider na  $4^\circ\text{C}$ , do početka analiza.
- *Određivanje ukupnog sadržaja polifenola* je rađeno primenom Folin-Cicocalteu reagensa, po metodi Ng et al. (2000). Razblaženi biljni ekstrakti (0,625 ml) pomešani su sa 0,625 ml

Folinovog radnog rastvora. Nakon toga je dodato 0,625 ml 7,5% natrijum-karbonata. Kontrolni uzorak je umesto biljnog ekstrakta sadržao samo destilovanu vodu. Pripremljene smeše su ostavljene u mraku, na sobnoj temperaturi, u trajanju od 90 minuta, nakon čega je upotrebom spektrofotometra (Shimadzu UV-1800 UV-Vis) izmerena apsorbanca na 765 nm. Kvantifikacija ukupnih polifenola određena je na osnovu kalibracione krive prethodno pripremljene sa ferulinskom kiselinom, koja je korišćena kao standard obzirom da je to jedno od dominantnih fenolnih jedinjenja kod *Allium* vrsta (Simin et al., 2013; Asemani et al., 2019). Dobijeni rezultati su izraženi u mg ekvivalenta ferulinske kiseline po gramu sveže mase uzorka.

- *Određivanje ukupnog sadržaja flavonoida* je rađeno primenom spektrofotometra, po metodi Santas et al. (2010), koja je podrazumevala mešanje iste zapremine biljnog ekstrakta i 2% rastvora aluminijum-hlorida u zakišljenom metanolu. Umesto biljnog ekstrakta kontrolni uzorak je sadržavao samo destilovanu vodu. Pripremljene smeše su ostavljene 10 minuta na sobnoj temperaturi u mraku, nakon čega je upotrebom spektrofotometra (Shimadzu UV-1800 UV-Vis) izmerena apsorbanca na 430 nm. Ukupan sadržaj flavonoida određen je pomoću kalibracione krive, sa kvercetinom kao standardom. Dobijeni rezultati su izraženi u mg ekvivalenta kvercetina po gramu mase svežeg uzorka.

Tabela 11. Limit kvantifikacije analiziranih elemenata u zemljištu i biljci

Limit sadržaja elemenata (mg/kg)	
u zemljištu	u biljci
As – 0,1 mg/kg	
Mn, Cu, Co, Zn – 0,2 mg/kg	As, Cd, Tl, Sn, Sb, Mo – 0,1 mg/kg
Se, Pb, B, Cd, Mo, Sb, Sn, V, Tl – 0,5 mg/kg	Mn, Cu, Co, Zn – 0,2 mg/kg
Cr, Ni – 1 mg/kg	Se, Pb, B – 0,5 mg/kg
Fe, Al – 5 mg/kg	Cr, Ni, Na – 1 mg/kg
Na – 10 mg/kg (0,001%)	Fe, Al – 5 mg/kg
Mg, Ca, K – 100 mg/kg (0,01%)	Mg, Ca, K – 10 mg/kg
Hg – 0,01 mg/kg	Hg – 0,01 mg/kg
Cr <sup>6+</sup> – 0,75 mg/kg	

- Elementalne analize su podrazumevale pripremu uzorka za analizu i izvođenje analize:

- *Pripremu uzorka za analizu.* Uzorci svežih listova i lukovica sremuša oprani su u destilovanoj vodi, a zatim su zasebno usitnjavani, nakon čega je odraćen postupak digestije koji je podrazumevao da se 1 g homogenizovanog biljnog uzorka u čaši zapremine 250 ml tretira sa 10 ml HNO<sub>3</sub> i 30 ml HCl, a potom i sa 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Pripremljeni rastvor je zagrevan tokom 1 h u vodenom kupatilu, a potom se radi bolje oksidacije azota u nju dodalo još 20 ml vode, i ostavljeno je da ključa još 10 min. Nakon što se rastvor prohladio, profiltriran je kroz plavu filter traku u normalan sud zapremine 50 ml, čime je dobijen uzorak za dalje analize.
- *Analiza sadržaja biogenih (K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Co, B, Ni), korisnih (Na, Se) i potencijalno toksičnih elemenata po ljudsko zdravlje (Cd, Pb, Cr, Hg, As, Al, V, Sb, Tl).* Izuvez Cr, Hg i As, sadržaj ovih elemenata je utvrđivan metodom indukovano-kuplovane plazme spregnute sa optičkom emisionom spektroskopijom (ICP-OES), na aparatu ICPE-9800. Sadržaj Cr je određivan jonskom hromatografijom na aparatu 930 Compact IC Flex Oven/Deg, detektoru 947 Professional UV/VIS Detector Vario MW i autosampleru 919 IC,

dok je sadržaj Hg odrađivan na živinom analizatoru AMA 254, a sadržaj As e hibridnom tehnikom AAS, na aparatu AA-7000 uz korišćenje hibrida HGV-1 (Hydride generator for AAS). Limit kvantifikacije za ispitivane elemente prikazan je u Tabeli 11.

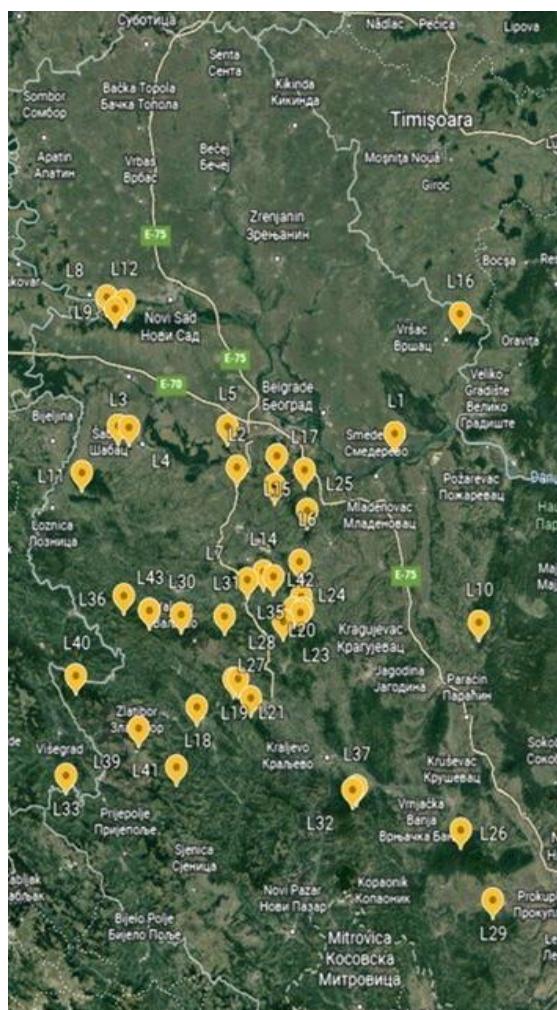
### **5.3.3. Evaluacija dobijenih rezultata**

Dobijeni rezultati statistički su obrađeni primenom softverskog paketa SPSS i Excel-a. U zavisnosti od potrebe i dobijenih rezultata, kombinovane su i korišćene metode deskriptivne statistike, analize varijanse, korelace analize i druge statističke metode. Kvantitativno prikazivanje stepena kontaminiranosti zemljišta, sklonosti biljke za akumulacijom pojedinih biogenih ili toksičnih elemenata iz zemljišta, odrđeno je pomoću opisanih metoda Loska (2004), Wei (2010), Mganga et al. (2014), Ociepa-Kubicka et al. (2016), čime je određen faktor kontaminacije, translokacioni potencijal i bioakomulacioni faktor biljaka.

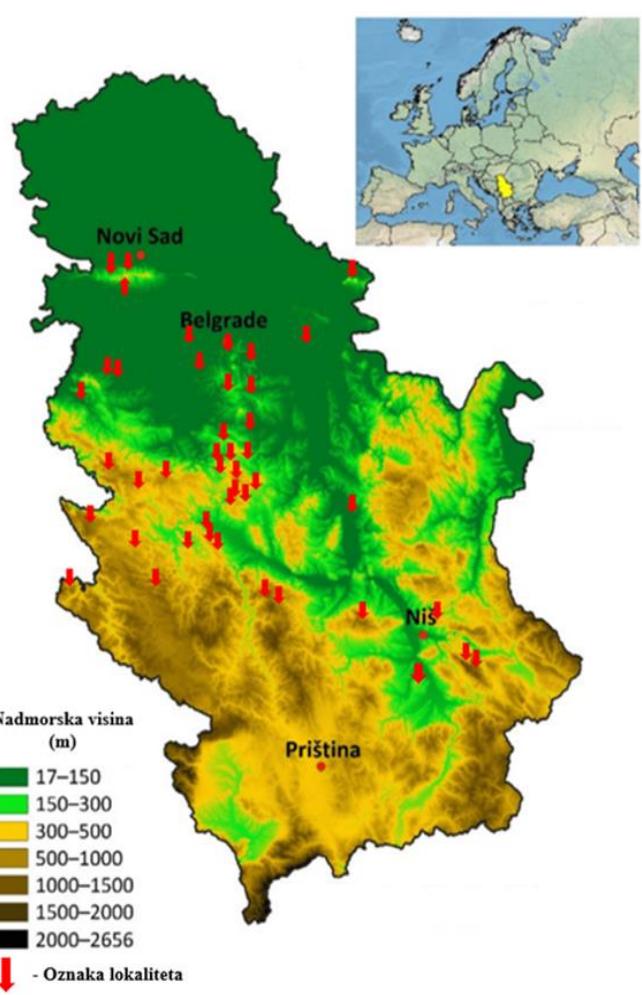
## 6. REZULTATI I DISKUSIJA

### 6.1. Identifikacija staništa sremuša

Na osnovu sprovedenih istraživanja detektovane su 43 populacije sremuša na različitim lokacijama i nadmorskim visinama od 70 do 1211 m.n.v. Osnovne informacije o staništima prikazane su u Tabelama 12 i 13, na slikama 10 i 11 i u Prilogu (Slike P1-P12). Prema klimatskoj klasifikaciji (Tabela 5), 12 populacija pripada prelaznoj subkontinentalno-kontinentalnoj klimi (I), 21 semiaridnoj umereno kontinentalnoj (subkontinentalna) klimi – centralno-istočno-balkanski ili mezijski podtip (II), 6 humidnoj umereno kontinentalnoj klimi – zapadnobalkanski ili ilirski podtip (III) i 4 prelaznoj submediteransko egejsko-subkontinentalnoj klimi (IV). Najveći broj populacija detektovan je na područjima gde preovlađuje umereno-kontinentalna i prelazna subkontinentalno-kontinentalnoj klimi, koja je uglavnom prisutna na staništima sremuša sirom Evrope (Panferov i sar. 2009; Heinrichs i sar., 2018).



Slika 10. Staništa sremuša



Slika 11. Detektovana staništa sremuša distribuirana po nadmorskoj visini

Tabela 12. Staništa i geografska pozicija analiziranih staništa sremuša u Republici Srbiji

Oznaka staništa	Naziv/toponim staništa	Geografske koordinate		Nadmorska visina (m)	Klimatski tipovi/podtipovi
		Dužina	Širina		
L <sub>1</sub>	Kovin	44°43'46.1"N	21°01'46.0"E	70	I
L <sub>2</sub>	Jozića koliba	44°36'34.0"N	20°12'02.8"E	77	I
L <sub>3</sub>	Slepčević	44°44'14.3"N	19°33'52.3"E	82	I
L <sub>4</sub>	Bogosavac	44°44'04.4"N	19°37'20.1"E	83	I
L <sub>5</sub>	Bojčinska Šuma	44°44'41.2"N	20°08'46.5"E	83	I
L <sub>6</sub>	Božidarevac	44°33'01.5"N	20°23'54.4"E	130	I
L <sub>7</sub>	Moravci	44°14'08.9"N	20°15'44.2"E	139	II
L <sub>8</sub>	Dipša	45°10'03.1"N	19°29'10.6"E	200	I
L <sub>9</sub>	Ležimir	45°07'44.5"N	19°31'58.8"E	216	I
L <sub>10</sub>	Despotovac	44°06'10.7"N	21°28'29.2"E	221	II
L <sub>11</sub>	Iverak	44°34'43.1"N	19°22'44.5"E	222	II
L <sub>12</sub>	Sviloš	45°09'14.8"N	19°34'56.4"E	264	I
L <sub>13</sub>	Belanovica	44°14'53.6"N	20°23'55.3"E	266	II
L <sub>14</sub>	Dudovica	44°01'46.9"N	20°20'45.1"E	268	II
L <sub>15</sub>	Lipovačka Šuma	44°39'02.0"N	20°24'23.0"E	277	I
L <sub>16</sub>	Vršačke planine	45°07'45.2"N	21°22'09.1"E	287	I
L <sub>17</sub>	Avala	44°36'17.8"N	20°33'18.2"E	302	I
L <sub>18</sub>	Zlakusa	43°48'30.5"N	20°00'41.8"E	346	II
L <sub>19</sub>	O. Banja (pre tunela)	43°54'13.2"N	20°12'04.6"E	359	II
L <sub>20</sub>	Jarmenovci hotel	44°10'58.4"N	20°32'47.6"E	386	II
L <sub>21</sub>	O. Kablarska klisura	43°54'17.7"N	20°13'20.5"E	405	II
L <sub>22</sub>	Bojanine Vode	43°14'37.0"N	22°06'06.9"E	502	IV
L <sub>23</sub>	Mutaj-Šilopaj	44°05'57.4"N	20°27'13.8"E	508	II
L <sub>24</sub>	Bukulja	44°17'57.7"N	20°32'08.2"E	529	II
L <sub>25</sub>	Kosmaj	44°28'11.5"N	20°34'17.0"E	550	II
L <sub>26</sub>	Jastrebac	43°24'42.5"N	21°22'56.1"E	660	II
L <sub>27</sub>	Jezdina	43°50'33.6"N	20°17'35.4"E	662	II
L <sub>28</sub>	Stragari	44°08'31.2"N	20°30'29.1"E	675	II
L <sub>29</sub>	Vidovača	43°10'45.7"N	21°32'52.7"E	684	IV
L <sub>30</sub>	Mrčići	44°06'54.2"N	19°55'19.2"E	737	II
L <sub>31</sub>	Ravna gora	44°06'48.1"N	20°08'58.8"E	748	II
L <sub>32</sub>	Goč – Suvi Jarak	43°54'86.3"N	20°73'88.4"E	756	II
L <sub>33</sub>	Sjeverin	43°34'01.8"N	19°20'09.5"E	776	III
L <sub>34</sub>	Kamenički vrh	43°24'07.7"N	21°56'58.3"E	793	IV
L <sub>35</sub>	Jarmenovci- vode	44°08'31.3"N	20°33'20.3"E	814	II
L <sub>36</sub>	Bobija	44°10'21.6"N	19°37'11.1"E	823	III
L <sub>37</sub>	Goč – Bele vode	43°55'22.6"N	20°73'64.9"E	837	II
L <sub>38</sub>	Bojanine V. Vrh	43°12'17.6"N	22°09'12.2"E	854	IV
L <sub>39</sub>	Zlatibor	43°43'58.2"N	19°42'36.8"E	996	III
L <sub>40</sub>	Zaovine	43°54'03.4"N	19°22'41.0"E	1021	III
L <sub>41</sub>	Visoka-Arilje	43°36'24.9"N	19°54'36.3"E	1053	III
L <sub>42</sub>	Rudnik	44°07'47.9"N	20°32'40.1"E	1061	II
L <sub>43</sub>	Povlen	44°07'34.1"N	19°45'25.8"E	1211	III

\*I-subkontinentalno-kontinentalna klima; II- semiaridna umerena kontinentalna (subkontinentalna) klima – centralnoistočnobalkanski ili mezijski podtip; III- humidna umereno kontinentalna klima – zapadnobalkanski ili ilirski podtip ; IV- prelazno submediteranska egejsko-subkontinentalna klima;

Prema važećoj klasifikaciji zemljišta (Škorić i sar., 1985), na detektovanim staništima sremuša identifikovani su sledeći tipovi zemljišta: eutrični kambisol > distrični kambisol > luvisol > rendzina > ranker > euglej > crvenica > černozem. Detektovani tipovi pripadaju redu automorfnih zemljišta i klasama: humusno akumulativna (černozem, rendzina i ranker), kambičnih (eutrični kambisol, distrični kambisol, crvenica), eluvijanlo iluvijalna (luvisol), dok redu hidromorfnih zemljišta pripada klasa glejnih (euglej) zemljišta (Škorić i sar., 1985).

Najzastupljeniji tip zemljišta na lokalitetima gde prirodno uspeva sremuš u Srbiji, je eutrični kambisol (gajnjača), koji detektovan je na 11 staništa (Tabela 13). Generalno, u R. Srbiji gajnjača predstavlja jedan od najrasprostranjeniji tipova zemljišta (oko 750.000 ha), (Djordjević i sar. 2018). To su većinom zemljišta na nižim nadmorskim visinama, na manje ili više zaravnjenim površinama, relativnom homogene građe i dubokog fiziološkog aktivnog sloja (Škorić i sar., 1985). Prema Đoređević-u i sar. (2018), gajanjače su neutralne do slabo kisele reakcije, pri čemu je sadržaj humusa kod obradivih gajnjača od 2 do 3% a pod šumskom vegetacijom oko 4-5%, što potvrđuju dobijeni rezultati ovog istraživanja (Tabela 13).

Drugi po zastupljenosti jeste, distrični kambisol koji je detektovan na 8 staništa sremuša (Tabela 13). Ovaj tip zajedno sa rankerima predstavlja najrasprostranjeniji tip (oko 1.300.000 ha), (Djordjević i sar. 2018). Prema Škorić-u i sar. (1985), to su duboka zemljišta, povoljnijih fizičkih osobina, ali manje pogodna za poljoprivrednu proizvodnju, jer su to planinska zemljišta, većinom strmih terena i nepovoljnijih hemijskih osobina. Prema Đorđević-u i sar. (2018), glavna odlika ovih zemljišta jeste visoka aktivna i potencijalna kiselost i siromašno adsorbovanim baznim katjonima, kao i veliki varjabilitet u sadržaju humusa u zavisnosti od nadmorske visine (ispod 1000 metara, 2-5% a preko 1000 m, 5-10%). Isti autor navodi da je distrični kambisol siromašan priostupačnim fosforom (a sadržaj pristupačnog kalijuma je veoma različit). Generalno, navedene konstatacije mogu se potvrditim ishodom ovog istraživanja (Tabela 13), jer determinisana zemljišta u ovom istraživanju imaju slične odlike.

Treći tip zemljišta prema zastupljenosti jeste, luvisol čije je prisustvo detektovano na 11 staništa sremuša (Tabela 13). Prisustvo luvisola na području R. Srbiji kartirano je na 130.000 ha (Djordjević i sar., 2018). Prema Škorić-u i sar. (1985), pretežno se nalaze na balog nagnutim terenima pogodnim za poljoprivrednu proizvodnju. Prema Đorđević-u i sar. (2018), to su zemljišta slabo do umerene kisele reakcije, slabo snabdevena humusom (2%) u njivskim uslovima dok je pod prirodnim vegetacijom (livade, šume), njegov sadržaj relativno visok 4-8%. Isti autor navodi da luvisol sadrži malu količinu azotnih i fosfornih hraniva, a da su dobro snabdevena kalijumom, što se vidi i iz rezultata dobijenih u ovom istraživanju (Tabela 13).

Četvrti tip po zastupljenosti je rendzina, koja je detektovana na 6 staništa sremuša (Tabela 13). Do sada je u R. Srbiji kartirano oko 260.000 ha renzina (Djordjević i sar. 2018). Prema Škorić-u i sar. (1985), renzine imaju dobre proizvodne osobine. Prema Đorđeviću i sar. (2018), rendzine imaju neutralno do blago alkalnu reakciju, dobru snabdevenost humusom (5-10%), azotom, fosforom i kalijumom, što je potvrđeno dobijenim rezultatima (Tabela 13).

Peti tip po zastupljenosti je ranker a njegovo prisustvo uočeno je na 3 staništa sremuša (Tabela 13). Prema Djordjević-u i sar. (2018), u R. Srbiji ranker zauzima oko 460.000 ha. Rankeri se najčešće nalaze na šumskim staništima ili kao pašnjaci i livade a manjim delom kao oranice (Škorić i sar. 1985). Reakcija se kreće od jako kisele do neutralne ali je najčešće kisela (Djordjević i sar. 2018). Prema istim autorima sadržaj humusa se kreće od 5 do 50% a najčešće je oko 10%, dok je prisustvo ostalih elemenata varjabilno, što je bio slučaj i kod ovog istraživanja (Tabela 13).

Šesti tip prema zastupljenosti jeste euglej, a njegovo prisustvo uočeno je na 2 staništa sremuša

(Tabela 13). Prema Djordjević-u i sar. (2018), lokalno se javljaju u svim oblastima a u R. Srbiji kartirano je oko 50.000 ha. Prema Škorić-u i sar. (1985), euglej je trajno vlažno zemljište na kojima uspevaju biljke koje podnose nedostatak kiseonika. Reakcija zemljišta može biti neutralna do slabo alkalna ali može biti i kisela (Djordjević i sar. 2018). Isti autor navodi da sadržaj humusa varira od 2 do 10% dok je sadržaj N, P, K visok ali je proces mineralizacije i mobilizacije u anaerobnim uslovima neznatan. Slične karakteristike površinskog sloja detektovane su i na staništima sa ovim tipom zemljišta u ovom istraživanju (Tabela 13).

Pisutnost crvenice i černozema uočena je na po jednom staništu sremuša (Tabela 13). Crvenica je u našoj zemlji kartirana na oko 140000 ha (Djordjević i sar., 2018). Prema Škorić-u i sar. (1985), erodirane i plitke crvenice obrasle su šumskom vegetacijom ili oskudnom travnom vegetacijom. Prema Đorđević-u i sar. (2018), obično su neutralne do slabo kisele reakcije, sadrže 2-3% humusa dobro su snabdevena azotom i kalijumom a siromašna fosforom, što je bio slučaj u ovom istraživanju (Tabela 13). Černozem, je kartiran na preko 1.050.000 ha u R. Srbiji (Djordjević i sar. 2018). Prema Škorić-u i sar. (1985), černozem se nalazi na nižim nadmorskim visinama i zaravljenim formama reljefa i poseduje najveću prirodnu plodnost. Reakcija je neutralna do blago alkalna sa visokim sadržajem humusa, azota, fosfora i kalijuma pod prirodnom vegetacijom oko (Djordjević i sar. 2018). Shodno tome, konstataciju mogu potvrditi dobijeni rezultati (Tabela 13), izuzev sadržaja fosfora koji je u našem istraživanju bio znatno niži.

Prisustvo veoma različitih tipova zemljišta na staništima sremuša zabeležena je i u istraživanju Gordanić et al. (2021). U istraživanju Meesenburg i sar. (2009), sprovedenom na području Nemačke najdominantiji tip zemljišta staništu sremuša (11 ha), jeste rendzina što je prisutno na šest detektovana staništa. Generalno, sremuš nastanjuje staništa na kojima su razvijeni veoma različiti tipovi zemljišta u R. Srbiji na nadmorskim visinama od 70 do 1211 m.

## 6.2. Karakteristike zemljišta na staništima sremuša

### 6.2.1. Rezultati analize osnovnih hemijskih parametara

Osnovni parametri plodnosti zemljišta na ispitivanim staništima prikazani su u Tabeli 13.

#### 6.2.1.1. Reakcija zemljišta (pH)

Dobijene pH vrednosti ovog istraživanja kretale su se u intervalu od 4,17 do 7,73 (pH u H<sub>2</sub>O), odnosno od 3,65 do 7,43 (pH u KCl). U istraživanju Dželetovića i sar. (2022), sprovedenim na 12 staništa sremuša sa područja R. Srbije pH vrednosti su se kretale u intervalu od 5,46 do 6,97 (pH u H<sub>2</sub>O), odnosno od 4,42 do 6,25 (pH u KCl), što je u delimičnom skladu sa većinom ispitivanih staništa u našem istraživanju. Generalno, poređenjem dobijenih vrednosti (Tabela 13), prema klasifikaciji po pH vrednostima (Tabela 6), na 34 lokaliteta reakcija zemljišta bila je jako kisela do slabo kisela a na 9 lokaliteta neutralna do slabo alkalna. U istraživanju Falkengren-Grerup i sar. (1993), navedeno je da sremuš preferira kisela do slabo kisela zemljišta dok je u ranijem istraživanju Ernst-a (1979), navedeno suprotno, tačnije da sremuš uspeva na neutralnim i slabo alkalnim zemljištima. Ovim istraživanjem potvrđena je i jedna i druga konstatacija. Naime, od ukupnog broja ispitivanih staništa 79,1% ima ekstremno kiselu do slabo kiselu reakciju zemljišta, a samo 20,9 % staništa ima neutralnu do slabo alkalnu reakciju zemljišta. Dobijeni rezultati delimično potvrđuju činjenicu Obony-ja i sar. (2011), da sremuš najbolje uspeva na zemljištima kojima je pH vrednost (u KCl-u) u intervalu od 5,5 do 7,9 koja je u ovom istraživanju pristuna na 19 ispitivanih staništa (45%).

Tabela 13. Osnovni parametri plodnosti površinskog sloja zemljišta (10–20 cm)

Oznaka staništa	Toponim	N (%)	Dostupnost biljci (mg/100 g zemljišta)		pH	Humus (%)	Tip zemljišta
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
L <sub>1</sub>	Kovin	0,15	3,69	19,85	7,69	7,43	3,02 černozem
L <sub>2</sub>	Jozića koliba	0,2	3,21	26,32	7,08	6,26	4,07 eutrični kambisol
L <sub>3</sub>	Slepčević	0,24	2,58	18,78	6,57	5,76	4,89 euglej
L <sub>4</sub>	Bogosavac	0,28	3,01	19,87	6,52	5,67	5,59 euglej
L <sub>5</sub>	Bojčinska šuma	0,19	7,45	26,78	5,34	4,37	3,79 eutrični kambisol
L <sub>6</sub>	Božidarevac	0,23	4,21	25,65	7,64	6,93	4,67 eutrični kambisol
L <sub>7</sub>	Moravci	0,17	3,52	27,65	5,37	4,69	3,45 luvisol
L <sub>8</sub>	Đipša	0,24	4,75	19,87	7,73	7,18	4,87 eutrični kambisol
L <sub>9</sub>	Ležimir	0,26	4,89	21,56	7,60	7,04	5,17 eutrični kambisol
L <sub>10</sub>	Despotovac	0,27	3,65	16,52	4,17	3,65	5,49 distrični kambisol
L <sub>11</sub>	Iverak	0,15	4,39	18,23	6,50	5,67	2,97 luvisol
L <sub>12</sub>	Sviloš	0,24	4,69	21,36	7,72	6,97	4,83 eutrični kambisol
L <sub>13</sub>	Belanovica	0,26	5,26	25,68	6,44	5,86	5,16 eutrični kambisol
L <sub>14</sub>	Dudovica	0,14	6,21	29,63	6,32	5,45	2,82 eutrični kambisol
L <sub>15</sub>	Lipovačka Šuma	0,14	3,29	15,69	5,60	4,91	2,84 eutrični kambisol
L <sub>16</sub>	Vršačke planine	0,16	5,62	15,69	5,46	4,77	3,18 ranker
L <sub>17</sub>	Avala	0,15	4,69	19,87	5,46	4,26	3,09 luvisol
L <sub>18</sub>	Zlakusa	0,33	6,32	11,25	7,64	7,17	6,61 rendzina
L <sub>19</sub>	O. Banja (pre tunela)	0,24	7,89	26,98	7,64	7,17	4,71 rendzina
L <sub>20</sub>	Jarmenovci hotel	0,2	6,89	18,92	4,41	3,84	4,08 luvisol
L <sub>21</sub>	O. Kablarska klisura	0,39	5,98	28,98	6,90	6,45	7,82 eutrični kambisol
L <sub>22</sub>	Bojanine Vode	0,27	9,87	22,36	5,00	4,23	5,48 distrični kambisol
L <sub>23</sub>	Mutaj-Šilopaj	0,26	8,96	25,36	7,45	6,96	5,14 eutrični kambisol
L <sub>24</sub>	Bukulja	0,22	4,89	18,63	4,84	4,28	4,42 distrični kambisol
L <sub>25</sub>	Kosmaj	0,19	5,61	22,69	5,37	4,52	3,73 luvisol
L <sub>26</sub>	Jastrebac	0,35	7,49	17,98	5,37	4,85	6,90 ranker
L <sub>27</sub>	Jezdina	0,22	14,65	26,35	5,92	5,04	4,30 ranker
L <sub>28</sub>	Stragari	0,17	12,31	21,56	5,34	4,39	3,31 distrični kambisol
L <sub>29</sub>	Vidovača	0,44	6,32	19,85	5,67	5,29	8,75 luvisol
L <sub>30</sub>	Mrčići	0,19	5,69	23,69	6,08	5,04	3,78 crvenica
L <sub>31</sub>	Ravna gora	0,44	7,56	16,31	5,67	5,29	8,75 luvisol
L <sub>32</sub>	Goč – Suti Jarak	0,47	8,65	14,89	5,24	4,87	9,33 distrični kambisol
L <sub>33</sub>	Sjeverin	0,21	7,89	11,27	5,19	4,38	4,17 luvisol
L <sub>34</sub>	Kamenički vrh	0,37	9,81	16,23	5,53	5,01	7,42 luvisol
L <sub>35</sub>	Jarmenovci-vode	0,43	10,87	17,91	4,77	4,17	8,52 luvisol
L <sub>36</sub>	Bobija	0,42	10,32	21,84	6,73	6,23	8,38 rendzina
L <sub>37</sub>	Goč – Bele vode	0,37	7,69	19,89	4,54	4,05	7,49 distrični kambisol
L <sub>38</sub>	Bojanine V. Vrh	0,12	8,9	22,12	4,80	4,06	2,39 distrični kambisol
L <sub>39</sub>	Zlatibor	0,2	14,54	39,25	5,85	4,89	3,95 luvisol
L <sub>40</sub>	Zaovine	0,31	11,92	33,62	4,71	3,70	6,12 distrični kambisol
L <sub>41</sub>	Visoka-Arilje	0,27	9,81	37,36	7,03	6,06	5,48 rendzina
L <sub>42</sub>	Rudnik	0,42	9,91	21,26	7,65	7,01	8,32 rendzina
L <sub>43</sub>	Povlen	0,24	5,36	19,88	7,38	6,53	4,83 rendzina

\*tip zemljišta-definisan na osnovu pedološke karte i dobijenih rezultata analiza površinskog horizonta zemljišta. Korišćena je Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić, Čirić, Filipovski, 1985).

#### **6.2.1.2. Azot (N)**

Sadržaj azota u zemljištu u našem istraživanju bio je od 0,12 do 0,47 % (Tabela 13), što prema Džamiću i sar. (2007) spada u klasu srednje i dobro obezbeđenih zemljišta. Slične rezultate navode Dželetović i sar. (2022), da je sadržaj azota na staništima gde je pronađen sremuš bio u približnom opsegu od 0,10 do 0,57 %. U ovom istraživanju 23,25 % lokaliteta imalo je srednju obezbeđenost, a 76,74 % lokaliteta dobru snabdevenost azotom. Dobra snabdevenost ispitivanih zemljišta azotom delom je posledica toga što su zemljišta mahom uzorkovana iz plitkih površinskih, rizosfernih slojeva šumskih biljnih zajednica koji su pretežno dobro snabdeveni organskom materijom (Tabela 13). Velika promenljivost njegovog sadržaja prema Džamiću i sar. (2007), objašnjava se promenljivošću sadržaja organske supstance (humusa) u zemljištu. Istraživanja Jakšić i sar. (2015), prikazuju da sadržaj azota može varirati u zavisnosti od tipa zemljišta (fluvisol 0,15 %, humofluvisol 0,13 %, eutrični kambisol 0,12 %, aluvijum 0,119 %, smonica 0,129 %, gajnjača 0,095 %). Uzimajući u obzir prisutnost različitih tipova zemljišta na lokalitetima može se pretpostaviti da je i to uzrok variranja sadržaja azota na ispitivanim lokalitetima. Prema Džamiću i sar. (2007), veliki varjabilitet može se takođe pripisati i uticaju klimatskih činilaca, vegetacije, topografije, matične stene i starosti zemljišta što je verovatno ispoljilo uticaj na različit sadržaj azota u ovom istraživanju.

#### **6.2.1.3. Fosfor (P)**

Detektovani sadržaj pristupačnog fosfora (Tabela 13), bio je od 2,58 do 14,65 mg/100 g zemljišta što je delimično slično (2,46-40,18 mg/100 g) istraživanju Dželetovića i sar. (2022). Prema klasifikaciji obezbeđenosti zemljišta fosforom (Džamić i sar. 2007) može se konstatovati da 32,5 % istraživanih lokaliteta ima vrlo nizak sadržaj fosfora; 53,4 % staništa ima nizak sadržaj fosfora, a 13,9% staništa ima srednji sadržaj fosfora. Nizak sadržaj lako-pristupačnog fosfora može da se objasni velikom prisutnošću kiselih zemljišta (79,1 %) na lokalitetima. U kiselim a posebno jako kiselim zemljištima zemljištima povećano je prisustvo aktivnog gvožđa i aluminijuma u adsorptivnom kompleksu pri čemu se obrazuju teško rastvoriljivi fosfati (Fe - i Al-fosfati) koji ograničavaju njegovu pristupačnost (Radanović, 2010). Međutim, Quesada i sar. (2015), varijabilnost u sadržaju fosfora u šumskim ekosistemima pripisuje prvenstveno klimatskim karakteristikama i tipu zemljišta, što je verovatno uticalo na širok interval obezbeđenosti naših ispitivanih zemljišta fosforom.

#### **6.2.1.4. Kalijum (K)**

Detektovani sadržaj pristupačnog kalijuma u zemljištu (Tabela 13) bio je u intervalu od 11,25 do 39,25 mg/100 g, što je u delimičnoj saglasnosti sa rezultatima Dželetovića i sar. (2022), koji su na staništima sremuša u Srbiji pronašli kalijum u intervalu 13,75 – 64,50 mg/100 g. Na osnovu klasifikacije i dobijenih rezultata (Tabela 13), 3 lokaliteta imala su srednji sadržaj kalijuma; 27 lokaliteta imala su optimalan sadržaj kalijuma a 13 lokaliteta imali su visok sadržaj kalijuma. Dobru snabdevenost kalijumom šumskih zemljišta uočena su kod Kapović-a, (2013). Dobar sadržaj lakopristupačnog kalijuma u šumskim zemljištima područja centralne Srbije, dobijen je u istraživanju Nešić i sar. (2008). Varijabilnost sadržaja kalijuma prema Džamić i sar. (2000), može se obrazložiti uticajem tipa zemljišta, klimatskih uslova, vegetacije i mnogih drugih faktora. To potvrđuje i istraživanje Bodo-a i sar. (2021), koje je sprovedeno na više staništa sremša sa područja Mađarske gde je sadržaj lakopristupačnog kalijuma bio u znatno širem intervalu (od 13,6 mg/100 g do 117,6 mg/100 g zemljišta).

### **6.2.1.5. Humus**

U ovom istraživanju sadržaj humusa bio je u intervalu od 2,39% do 9,33% (Tabela 13). Sličan interval od od 1,9% do 6,2%, pronašli su na 13 staništa sremuša u Mađarskoj Bodó i sar. (2021), što je bilo kao na 32 ispitivana staništa (75%) u ovom istraživanju. Prema klasifikaciji zemljišta o sadržaju humusa (Tabela 10) i dobijenih rezultata (Tabela 13) može se konstatovati da 9,30 % staništa ima slabo humusna zemljišta; 46,51 % lokaliteta ima srednje humusno zemljište a 44,19 % staništa ima jako humusno zemljište. Ispitivana zemljišta na staništima sremuša obično su dobro snabdevena humusom, što je prema navodima Kögel-Knabner i sar. (1988), posledica zemljišta koja potiču iz šumskih zajednica uzorkovanih iz površinskih slojeva. Isti rezultat postignut je u istraživanju Dželetovića i sar. (2022), gde su takođe zemljišta na staništima sremuša dobro snabdevena organskim ugljenikom (1,31% - 7,25%), a to nam ukazuje na njihovu dobru snabdevenost humusom.

Generalno, ispitivana zemljišta na staništima sremuša su kisela do slabo kisela sa prosečnom vrednošću pH u KCl-u  $5,4 \pm 1,14$  a u  $H_2O$   $6,1 \pm 1,09$ . Zemljišta na staništima su dobro obezbeđena azotom sa prosečnim sadržajem  $0,26 \pm 0,10\%$ . Prosečan sadržaj fosfora i kalijuma u zemljištu bio je  $7,0 \pm 3,0$  i  $22,0 \pm 5,9$  mg/100 g zemljišta što znači da zemljišta imaju nizak sadržaj fosfora i u većini slučajeva dobar i visok sadržaj kalijuma. Prosečan sadržaj organske supstance (humusa) bio je  $5,2 \pm 1,9\%$  što nam ukazuje da su zemljišta jako humusna. U globalu, može se naglasiti da ispitivana zemljišta na staništima sremuša imaju visoku plodnost, iz čega bi se moglo istaći da sremuš preferira plodna humusom bogata zemljišta. Visoka plodnost zemljišta na staništima sremuša ističe se u istraživanjima Tutin, (1957); Sobolewska i sar. (2015); Bodó i sar. (2021); Dželetović i sar. (2022).

### **6.2.2. Sadržaj drugih biogenih (BE) i potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u zemljištu**

Sadržaj BE/PTE u zemljištima gde spontano raste sremuš u Srbiji prikazan je u Tabelama 14 i 15, 16 i 17.

#### **6.2.2.1. Kalcijum (Ca)**

Detektovani sadržaj ukupnog kalcijuma u zemljištu ispitivanih lokaliteta varirao je u intervalu od 250 do 28600 mg/kg (0,025-2,86%), (Tabela 14), što je u delimičnoj saglasnosti sa istraživanjem Bodó i sar. (2021), gde je sadržaj na staništima sremuša u Mađarskoj bio od 0,10 % do 9,65 %. U sličnom istraživanju Dželetović et al. (2022), pronašli su Ca na zemljištima prirodnih staništa sremuša u Srbiji u intervalu 18,37-3229,89 mg/kg. Džamić i sar. (2007), navode da je varijabilitet saržaja ukupnog kalcijuma u zemljištu direktno uslovavljen tipom zemljišta: pa navode količine za peskoviti deluvijum (0,25%), tresetno zemljište (0,2%), humusno (2,0%), glinovito (3-6 %), krečno zemljište (30 %). Obzirom da je ovim istraživanjem obuhvaćen veliki broj različitih tipova zemljišta (Tabela 13) i sadržaj kalcijuma je takođe varirao u navedenom širokom intervalu (Tabela 14).

#### **6.2.2.2. Magnezijum (Mg)**

Izmereni sadržaj ukupnog magnezijuma u zemljištu u ovom istraživanju varirao je u intervalu od 1400 do 19166 mg/kg (0,14-1,91 %), kako je prikazano u Tabeli 14, što je u saglasnosti sa podacima o prosečnim sadržaju u zemljištima. Slična varijabilnost (1366,64-7285,23 mg/kg) prikazana je i u radu Dželetović et al. (2022). Kao glavni razlog velikog varijabiliteta (max-min = 18166 mg/kg), može se navesti pH reakcija zemljišta koja je takođe varirala u zavisnosti od lokaliteta. U kiselim zemljištima povećava se rastvorljivost jedinjenja magnezijuma u zemljištu i dolazi do njihovog ispiranja u dublje slojeve (Džamić i sar. 2007).

Tabela 14. Pseudoukupni sadržaj ( $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ) biogenih elemenata Ca, Mg i Fe u površinskom sloju zemljišta (10–20 cm) na prirodnim staništima sremuša u R. Srbiji (mg/kg)

Stanište	Pseudoukupni sadržaj biogenih elemenata (mg/kg)		
	Ca	Mg	Fe
L <sub>1</sub>	24600,00±816,5b	13100,00±81,65bc	12600,00±1632,99x
L <sub>2</sub>	2022,00±653,2klm	6700,00±163,3fg	29700,00±244,95ijkl
L <sub>3</sub>	250,00±81,65m	4000,00±163,3klmn	21600,00±1632,99pqrstuv
L <sub>4</sub>	7300,00±244,95hi	4100,00±163,3jklm	17600,00±326,6vw
L <sub>5</sub>	700,00±147,2lm	2900,00±408,25nopqr	22400,00±1632,99opqrs
L <sub>6</sub>	14004,00±408,25ef	3700,00±81,65lmno	28300,00±1632,99jklm
L <sub>7</sub>	1200,00±163,3klm	2900,00±326,6nopqr	17900,00±816,5tuvw
L <sub>8</sub>	17200,00±816,5d	4900,00±653,2ijk	20200,00±816,5rstuv
L <sub>9</sub>	6000,00±81,65ij	4566,67±124,72ijkl	14966,30±46,88wx
L <sub>10</sub>	350,00±81,65m	2707,00±163,3 opqr	21800,00±1469,69pqrstu
L <sub>11</sub>	1500,00±81,65klm	2800,00±40,82opqr	23200,00±163,3opqrs
L <sub>12</sub>	22200,00±816,5lm	5700,00±489,9	20800,00±244,95qrstuv
L <sub>13</sub>	1400,00±163,3klm	5400,00±326,6hi	21900,00±816,5pqrst
L <sub>14</sub>	15600,00±244,95de	2800,00±81,65opqr	21066,67±249,44pqrstu
L <sub>15</sub>	580,00±16,33lm	2200,00±326,6pqrs	17800,00±816,5uvw
L <sub>16</sub>	806,67±82,19lm	2400,00±326,6pqrs	19400,00±816,5stuv
L <sub>17</sub>	986,67±156,28lm	2900,00±81,65nopqr	24000,00±1632,99nopqr
L <sub>18</sub>	14900,00±816,5ef	13700,00±816,5b	34200,00±1632,99fgh
L <sub>19</sub>	24003,00±244,95bc	7000,00±163,3f	38000,00±816,5def
L <sub>20</sub>	260,00±8,16m	1800,00±81,65rst	11900,00±326,6x
L <sub>21</sub>	10022,00±244,95g	19166,67±410,96a	50600,00±244,95b
L <sub>22</sub>	8700,00±816,5gh	3000,00±244,9mnopq	37200,00±816,5defg
L <sub>23</sub>	943,33±44,97lm	4800,00±489,9ijkl	38266,67±249,44de
L <sub>24</sub>	1033,3±47,14lm	2100,00±244,95	13300,00±244,95x
L <sub>25</sub>	10033,33±817,86g	4000,00±408,25klmn	24000,00±1632,99nopqr
L <sub>26</sub>	1900,00±244,95klm	3800,00±326,6klmno	30100,00±1632,99ijkl
L <sub>27</sub>	1300,00±163,3klm	4000,00±244,95klmn	40800,00±163,3cd
L <sub>28</sub>	800,00±81,65	9400,00±163,3e	43900,00±1632,99c
L <sub>29</sub>	1900,00±326,6klm	1400,00±163,3t	24200,00±1632,99nopqr
L <sub>30</sub>	2900,00±571,55k	18533,33±205,48a	32300,00±244,95hij
L <sub>31</sub>	1300,00±244,95klm	5203,00±163,3hij	88900,00±81,65a
L <sub>32</sub>	1500,00±326,6klm	6206,00±163,3fgh	33300,00±244,95ghi
L <sub>33</sub>	750,00±81,65lm	1605,00±163,3st	27800,00±1632,99klmn
L <sub>34</sub>	2400,00±408,25kl	3303,00±81,65mnop	39200,00±163,3d
L <sub>35</sub>	1000,00±81,65lm	5200,00±326,6hij	34300,00±816,5efgh
L <sub>36</sub>	8800,00±163,3gh	3000,00±81,65mnopq	30800,00±81,65hijk
L <sub>37</sub>	713,33±20,55lm	2700,00±244,95opqr	25100,00±163,3mnop
L <sub>38</sub>	533,33±12,47m	1500,00±326,6t	24700,00±81,65mnopq
L <sub>39</sub>	4900,00±326,6j	11003,00±163,3d	33700,00±1632,99ghi
L <sub>40</sub>	28600,00±1632,99a	2300,00±326,6pqrs	23900,00±816,5nopqr
L <sub>41</sub>	7103,33±12,47hi	3200,00±24,49mnopq	23300,00±816,50opqrs
L <sub>42</sub>	870,00±81,65lm	4700,00±81,65ijkl	26400,00±326,6lmno
L <sub>43</sub>	13100,00±163,3f	12500,00±326,6c	30500,00±898,15hijk

### **6.2.2.3. Gvožđe (Fe)**

Detektovani sadržaj ukupnog gvožđa u zemljištima na prirodnim staništima sremuša bio je od 11900 do 88900 mg/kg (1,19-8,89 %), kako se vidi u Tabeli 14. Ovi podaci su delimično u saglasnosti sa istraživanjem Jakšića (2015), u kojem se navodi da ukupni sadržaj gvožđa varira u zavisnosti od tipa zemljišta, i to u sledećim intervalima: vertisol (2,08%), fluvisol (2,05%), kambisol (2,01%), humofluvisol (1,63%), černozem (1,53%) i humoglej (1,49%). Poredajući sa rezultatima dobijenim u ovom istraživanju, može se reći da je samo mali broj lokaliteta imao sličan sadržaj gvožđa, dok je na preko 80 % lokaliteta sadržaj gvožđa bio veći. Sadržaj pristupačnog gvožđa zavisi prvenstveno od reakcije (pH) zemljišta. U jako kiseloj sredini ( $\text{pH} < 4$ ) pristupačnog gvožđa ima u suvišku, dok je njegova pristupačnost optimalna u slabo kiseloj sredini, pri intervalu pH od 5 do 6,5 (Džamić i sar. 2007), što je slučaj na većini ispitivanih staništa i u ovom istraživanju.

### **6.2.2.4. Mangan (Mn)**

Sadržaj ukupnog mangana u ovom istraživanju varirao je od 270 do 5980 mg/kg (Tabela 15). U sličnom istraživanju Bodó i sar. (2021), sprovedenom na 13 staništa sremuša sadržaj mangana bio je u sličnom opsegu (od 206 do 695 mg/kg). Prema Jakšić-u (2015), velika varijabilnost (max-min = 5710 mg/kg) se objašnjava uticajem zemljišta (humoglej 310,66 mg/kg i fluvisol 1159,94 mg/kg), pri čemu ključnu ulogu ima matični supstrat, a utiču i neki drugi ekološki faktori.

### **6.2.2.5. Cink (Zn)**

Izmereni ukupni sadržaj cinka u ovom istraživanju bio je od 35,3 do 262 mg/kg, (Tabela 15), što je u delimičnoj saglasnosti sa navodima Džamića i sar., (2007). Slična varijabilnost rezultata (32,43-167,08 mg/kg) utvrđena je u istraživanju Dzeletovića et al. (2022), na zemljištima sa prirodnih staništa sremuša. Visok sadržaj Zn (više od 100 mg/kg) utvrđen je samo na 4 i to planinska staništa, što se može povezati sa specifičnom geološkom podlogom koja je verovatno bogata cinkom na tim planinama (npr. Rudnik L<sub>42</sub> i L<sub>28</sub>). Reakcija zemljišta (pH) igra značajnu ulogu u mobilnosti jona cinka u zemljištu (Džamić i sar. 2007), te će od nje i specifičnosti same biljke zavisiti koliko će se Zn naći u biljnom materijalu.

### **6.2.2.6. Bakar (Cu)**

Sadržaj bakra u ispitivanim zemljištima (Tabela 15), bio je izrazito varijabilan i na jednom lokalitetu je varivao u intervalu od 6,7 do čak 416 mg/kg. Ipak, na 95,3% lokaliteta je sadržaj ukupnog bakra bio < 50 mg/kg, pri čemu je na 10 lokaliteta sadržaj bio iznad granice Svetske zdravstvene organozacije (36 mg/kg), što može da naruši korišćenje zemljišta za bezbednu biljnu proizvodnju. Prema Kabata-Pendias (2004), pored geochemijskih, postoji i više antropogenih izvora Cu u zemljištu. Obzirom da se navedeni lokaliteti sa povišenim sadržajem Cu nalaze u planinskim krajevima izvan realnog uticaja antropogenog zagađenja, može se pretpostaviti da se na ovim staništima radi o geochemijskom poreklu Cu. Sirok interval sadržaja Cu (5,49–22,15 mg/kg) na staništima gde raste samonikli sremuš nedavno su utvrdili Dzeletovic et al. (2022).

### **6.2.2.7. Bor (B)**

Sadržaj ukupnog bora je na većini staništa bio ispod granice detekcije (0,5 mg/kg), dok je samo na 17 staništa koncentracija ovog elementa bila iznad granice i to u intervalu od 0,81 do 95,4 mg/kg. Prema pravilniku (Službeni glasnik RS, br. 23/1994), na 7 staništa sadržaj je bio iznad dozvoljenih 50 mg/kg (Tabela 15). Prema Kabata-Pendias (2004), glavni uticaj na sadržaj ovog elementa u zemljištu ima sadržaj organske supstance. Pored toga, B je u zemljištu prisutan u različitim mineralima pri čemu je za biljke pristupačan samo u obliku borne kiseline, koja je u uslovima obilnijih padavina podložna inspiranju. Varjabilnost sadržaja ukupnog B u ovom istraživanju vrlo je verovatno posledica njegovog

različitog sadržaja u mineralima i organskoj materiji različitih tipova zemljišta na prirodnim staništima sremuša u Srbiji.

Tabela 15. Pseudoukupni sadržaj ( $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ) pojedinih biogenih elemenata (Mn, Zn, Cu, B, Ni) u površinskom sloju zemljišta (0 – 20 cm) na prirodnim staništima sremuša u R. Srbiji (mg/kg)

Stanište	Pseudoukupni sadržaj biogenih elemenata (mg/kg)				
	Mn	Zn	Cu	B	Ni
L <sub>1</sub>	270,0±4,08zj	46,7±0,57uv	14,8±0,48stuvw	<0,5	20,6±0,48stu
L <sub>2</sub>	484,0±0,89zh	68,8±0,81mn	25,3±0,08klm	4,19±0,01hi	120,0±0,73f
L <sub>3</sub>	662,0±1,63zc	68,8±0,65mn	19,5±0,24opqr	95,4±1,63a	28,5±0,4pqrs
L <sub>4</sub>	308,0±0,49zi	54,0±0,32pqr	18,3±0,89pqrs	66,1±0,16b	27,3±0,89qrst
L <sub>5</sub>	849,0±3,26v	56,0±0,81p	16,1±1,63pqrstu	<0,5	29,9±0,73opqrs
L <sub>6</sub>	867,0±1,63u	74,3±0,24kl	30,6±0,16ij	38,4±1,63cdef	93,2±0,16gh
L <sub>7</sub>	627,0±0,81zd	50,6±0,48rst	10,8±0,32wxyz	<0,5	41,1±0,08nopqr
L <sub>8</sub>	609,0±3,26ze	46,7±0,81uv	17,8±1,63pqrst	54,4±1,63bc	23,9±0,73 stu
L <sub>9</sub>	536,0±0,81zg	46,9±0,08uv	17,3±0,07pqrst	<0,5	44,1±0,08mno
L <sub>10</sub>	827,0±1,63w	51,5±0,4rst	13,7±0,16tvvwx	66,2±1,633cde	25,6±0,48rst
L <sub>11</sub>	1750,0±0,81f	66,1±0,32n	20,3±0,48nop	<0,5	29,3±0,12opqrs
L <sub>12</sub>	773,0±0,81y	52,5±0,4qrst	19,4±0,16opqr	<0,5	98,8±0,65g
L <sub>13</sub>	692,0±0,81zc	80,0±0,81ij	24,1±1,63lmn	17,0±1,63ghi	79,6±0,48hij
L <sub>14</sub>	1020,0±0,81s	45,0±0,24v	15,4±0,4rstuv	54,7±0,97bc	29,0±0,81opqrs
L <sub>15</sub>	5980,0±8,16a	49,3±0,81tu	15,6±0,81qrst	<0,5	28,1±0,08pqrs
L <sub>16</sub>	1280,0±1,63l	91,4±0,32e	11,0±0,81vwxyz	<0,5	22,0±0,81 stu
L <sub>17</sub>	716,0±4,89zb	50,1±0,08stu	13,4±0,16tvvwx	<0,5	33,3±0,24stu
L <sub>18</sub>	822,0±1,63w	262,0±1,63a	416,0±1,63a	22,4±0,08fgh	395,0±24,83b
L <sub>19</sub>	1240,0±1,63m	73,3±0,89l	40,4±2,44fgh	<0,5	66,8±0,89jk
L <sub>20</sub>	791,0±0,81x	53,5±0,4pqrs	6,70±0,16z	3,49±0,08hi	9,29±0,07b
L <sub>21</sub>	1590,0±0,81g	87,1±0,16fg	84,5±0,73b	93,9±0,08a	68,6±0,24ijk
L <sub>22</sub>	1090,0±4,082p	77,5±0,4jk	24,0±1,63lmn	<0,5	43,0±0,81nop
L <sub>23</sub>	1040,0±4,08r	83,2±0,16hi	41,1±2,44f	<0,5	164,0±0,81e
L <sub>24</sub>	738,0±1,63z	35,3±1,63x	16,1±0,08pqrs	<0,5	20,1±0,81stu
L <sub>25</sub>	1000,0±1,63t	70,8±0,65lm	20,0±1,63nopq	52,7±1,63 bc	61,9±0,73kl
L <sub>26</sub>	1240,0±4,08m	73,0±0,81l	28,0±1,63jkl	<0,5	83,8±0,65ghi
L <sub>27</sub>	2390,0±0,81c	71,7±0,57lm	35,6±1,63h	<0,5	296,0±0,81c
L <sub>28</sub>	1370,0±4,89k	160,0±4,08c	50,0±1,63c	<0,5	219,0±0,81d
L <sub>29</sub>	1200,0±8,98n	98,2±0,16d	20,4±0,81nop	<0,5	20,6±0,48stu
L <sub>30</sub>	1070,0±1,63q	40,7±0,57w	23,0±0,81mno	48,8±1,63cd	154,0±0,81e
L <sub>31</sub>	2960,0±4,08b	83,3±0,24hi	25,2±0,81lm	<0,5	1200,0±0,81a
L <sub>32</sub>	1930,0±4,08d	79,1±0,08j	36,6±0,16gh	<0,5	47,3±0,24lmn
L <sub>33</sub>	607,0±1,63ze	60,5±0,4o	27,5±0,08jkl	<0,5	24,6±0,48stu
L <sub>34</sub>	1490,0±4,08i	90,2±0,1633ef	29,8±0,08jk	40,1±1,63cdef	40,6±0,48nopqr
L <sub>35</sub>	1400,0±4,08j	96,1±0,08de	34,8±0,81hi	0,81±1,63bc	73,5±0,4ijk
L <sub>36</sub>	1120,0±1,63o	91,6±0,8e	27,1±0,32jklm	<0,5	48,1±0,65lmn
L <sub>37</sub>	1400,0±1,63j	85,2±0,16gh	12,6±0,16uvwx	26,9±1,63efg	12,0±0,81tu
L <sub>38</sub>	1880,0±8,16e	49,3±0,24tu	8,91±0,16yz	<0,5	23,2±0,16stu
L <sub>39</sub>	591,0±5,35zf	60,1±0,08o	36,7±0,16fgh	<0,5	62,2±0,16kl
L <sub>40</sub>	590,0±8,16zf	43,8±0,24vw	9,76±0,16xyz	<0,5	29,9±0,73opqrs
L <sub>41</sub>	1510,0±0,81h	155,2±0,16pq	44,5±1,63de	<0,5	33,5±0,08stu
L <sub>42</sub>	716,0±0,81za	252,0±1,63b	46,4±0,81cd	30,9±2,44defg	42,6±0,48nopq
L <sub>43</sub>	1100±0,81p	61,7±0,97o	37,0±2,44fgh	<0,5	59,5±0,48klm

### **6.2.2.8. Nikl (Ni)**

U ovom istraživanju sadržaj ukupnog nikla u zemljištu je varirao u intervalu od 9,29 do 1200,00 mg/kg (Tabela 15). U izvesnoj meri, slični su rezultati Dželetovića i saradnika (2022), u čijim istraživanjima je interval variranja ovog elementa bio 7,78–208,90 mg/kg. Upoređujući dobijene rezultate sa maksimalno dozvoljenim količinama, na 24 lokaliteta je pronađen viši sadržaj nikla od propisanih za nekontaminirana zemljišta (do 35 mg/kg). Istraživanja Jakovljevića i saradnika (1997) ukazuju da je u Srbiji najveći sadržaj nikla detektovan na aluvijalnim zemljištima (3,5–465 mg/kg), dok Kostić i sar. (1998) navode da serpentinska zemljišta u Srbiji prosečno sadrže 1,180 mg/kg nikla. Takođe, Dozet i sar. (2010), tvrde da na sadržaj nikla u zemljištu veliki uticaj ima tip zemljišta, i da on varira u sledećim intervalima: černozem 50,77–128,63 mg/kg, gajnjaka 45,84–167,75 mg/kg, aluvijalno-deluvijalna zemljišta 52,87–254,87 mg/kg, humofluvisol 51,45–80,86 mg/kg i ritska crnica 52,92–69,71 mg/kg. Prema Džamiću i sar. (2007), veliki varijabilitet sadržaja Ni u zemljištima pripisuje se reakciji zemljišta, kao i sadržaju organskih supstanci i gline. Obzirom da su na istraživanim staništima detektovani različiti tipovi zemljišta, od kojih se neki nalaze na planinama sa serpentinskom geološkom podlogom, ne iznenađuje činjenica da je na tim staništima njegov sadržaj povišen. S tim u vezi se u većini slučajeva radi o geochemijskom poreklu ovog elementa u zemljištu.

### **6.2.2.9. Natrijum (Na)**

Detektovani sadržaj natrijuma u ovom istraživanju bio je od 61 do 386 mg/kg, (0,006 - 0,038%), kao što se vidi iz Tabele 16, pri čemu je 97,6% lokaliteta imalo niže vrednosti nego što je prikazano u istraživanju Jakšića (2015). Prema Džamiću i sar., (2007), sadržaj Na u zemljištu zavisi od pH vrednosti što je delimično u saglasnosti sa ovim istraživanjem (Tabela 13).

### **6.2.2.10. Aluminijum (Al)**

Izmereni sadržaj ukupnog aluminijuma u zemljištu u ovom istraživanju bio je od 5500 do 30500 mg/kg (1,81-3,05 %), što je prikazano u Tabeli 16. Ovi podaci su delimično u saglasnosti sa istraživanju Jakšić-a (2015) u kome se navodi da sadržaj Al može varirati u zavisnosti od tipa zemljišta u sledećim intervalima: kambisol (2,66%), vertisol (2,52%), humofluvisol (1,81%), humoglej (1,79%), černozem (1,66%) i fluvisol (1,62%), a zatim i od mnogih drugih ekoloških faktora (Kabata-Pendias 2004).

### **6.2.2.11. Kobalt (Co)**

Prisustvo kobalta u zemljištu je detektovano na 42 ispitivana staništa sremuša, pri čemu je prema važećem pravilniku (Službeni glasnik RS, br. 23/1994), na 34 staništa utvrđen sadržaj iznad dozvoljenih (9 mg/kg). Utvrđene vrednosti su varirale u intervalu od 3,43 do 83,5 mg/kg (Tabela 16). U istraživanju Dželetovića et al. (2022), sadržaj kobalta na 12 staništa bio je u intervalu od 3,10 do 15,89 mg/kg, a tako je bilo utvrđeno na 72% staništa ispitivanih u ovom istraživanju. Koncentracija mobilnog – pristupačnog Co u zemljištu zavisi od pH vrednosti zemljišta, sadržaju organske materije i minerala gline (Kabata-Pendias 2004).

### **6.2.2.12. Vanadijum (V)**

Sadržaj V na staništima obuhvaćenih ovim istraživanjem je bio u intervalu od 22,5 do 1370 mg/kg (Tabela 16), pri čemu je na 24 lokaliteta njegov sadržaj prema pravilniku (Službeni glasnik RS, br. 23/1994), bio iznad dozvoljenih 42 mg/kg. Prema Kabata-Pendias (2004), na mobilnost vanadijuma najviše mogu uticati klimatski činioci, teksturna klasa zemljišta, reakcija zemljišta i sadržaj organske materije u njemu.

Tabela 16. Pseudoukupni sadržaj potencijalno štetnih elemenata (Na, Al, Co, V) u površinskom sloju zemljišta (0–20 cm) na lokacijama prirodnih staništa sremuša u R. Srbiji (mg/kg)

Stanište	Pseudoukupni sadržaj potencijalno štetnih elemenata u zemljištu (mg/kg)			
	Na	Al	Co	V
L <sub>1</sub>	120,0±3,26 ghij	5500,00±116,5s	3,43±0,02v	163,0±0,81m
L <sub>2</sub>	118,0±0,81hijk	17100,00±163,3fghi	12,3±0,65ijkl	26,8±0,89zza
L <sub>3</sub>	111,0±1,63klm	16100,00±163,99ghij	5,94±0,03tu	236,0±0,81k
L <sub>4</sub>	89,0±0,81pq	15500,00±107,11hijklm	<0,2	267,0±0,08j
L <sub>5</sub>	92,6±1,63op	13100,00±816,5jklmnop	10,6±0,48lmno	314,0±0,81f
L <sub>6</sub>	210,0±3,26d	21800,00±816,5bcde	9,70±0,04mnop	35,8±0,65uv
L <sub>7</sub>	121,0±1,63ghi	10400,00±326,6opq	9,20±0,16nopq	26,6±0,08zza
L <sub>8</sub>	86,2±3,26 pqr	13100,00±163,99jklmnop	7,16±0,03st	323,0±0,81e
L <sub>9</sub>	73,7±0,08tu	8800,00±163,3qrs	7,54±0,25qrst	27,2±0,01yzza
L <sub>10</sub>	83,3±0,8165qrs	13000,00±81,65jklmnop	13,3±0,24hij	324,0±0,81e
L <sub>11</sub>	365,0±0,81b	13100,00±244,95jklmnop	11,1±0,24klmn	29,7±0,08wxy
L <sub>12</sub>	110,0±3,26m	10300,00±244,95opq	10,5±0,4lmno	25,3±0,24za
L <sub>13</sub>	97,7±1,63no	11700,00±138,04mnopq	13,1±0,24hijk	35,2±0,16v
L <sub>14</sub>	61,0±2,04w	12066,67±249,44lmnopq	11,0±0,48klmn	28,0±0,81xyz
L <sub>15</sub>	61,8±0,16vw	12200,00±163,3klmnopq	8,81±0,01opqr	284,0±0,81h
L <sub>16</sub>	97,9±2,44no	11300,00±816,5nopq	11,2±0,24jklm	26,8±0,08zza
L <sub>17</sub>	105,0±2,44mn	13900,00±163,99ijklmno	13,3±0,24hij	30,6±0,48wx
L <sub>18</sub>	115,0±0,81ijkl	14100,00±163,3ijklmno	24,7±0,81d	28,9±0,08wxyz
L <sub>19</sub>	169,0±1,63e	24900,00±979,8b	16,8±0,89f	72,3±0,36p
L <sub>20</sub>	116,0±1,63hijkl	10800,00±153,2opq	4,58±0,08uv	15,8±0,65zd
L <sub>21</sub>	176,0±0,4e	29800,00±163,3a	29,2±0,16c	142,0±0,81n
L <sub>22</sub>	111,0±3,26klm	30500,00±408,25a	13,5±0,4hih	56,1±0,08r
L <sub>23</sub>	121,0±0,81ghi	12900,00±816,5jklmnop	21,1±0,08e	43,4±0,08s
L <sub>24</sub>	127,0±0,4g	10333,33±134,43opq	7,96±0,04pqrs	315,0±,81f
L <sub>25</sub>	101,0±2,44n	17166,67±205,8fghi	16,0±0,4fg	455,0±,81d
L <sub>26</sub>	69,0±2,44uv	16000,00±81,5ghijk	16,2±0,16fg	31,3±0,24w
L <sub>27</sub>	97,3±1,63no	15000,00±163,99hijklmn	32,5±1,63b	71,3±0,24p
L <sub>28</sub>	67,2±1,63uvw	21900,00±81,5bcd	27,8±0,32c	37,7±0,57tuv
L <sub>29</sub>	92,5±1,63op	9400,00±816,5pqr	9,66±0,04mnop	22,5±0,4zb
L <sub>30</sub>	280,0±1,63c	21600,00±48,9bcde	27,9±0,81c	82,1±0,08o
L <sub>31</sub>	100,0±2,44no	24700,00±163,3b	83,5±0,81a	1370,0±0,81a
L <sub>32</sub>	60,9±1,63w	20400,00±326,6cdef	14,6±0,48gh	44,2±0,16s
L <sub>33</sub>	79,2±1,63rst	5800,00±244,95rs	12,5±0,81ijkl	218,0±0,811
L <sub>34</sub>	123,0±3,26gh	18400,00±326,6defgh	14,7±0,57gh	38,9±0,73t
L <sub>35</sub>	140,0±1,63f	23300,00±244,95bc	14,3±0,24ghi	310,0±0,81g
L <sub>36</sub>	78,5±1,02rst	18000,00±162,99efgh	13,9±0,32hi	18,9±1,14zc
L <sub>37</sub>	137,0±2,44f	16700,00±571,55fgij	10,5±0,81lmno	70,5±0,4p
L <sub>38</sub>	113,0±2,44jkl	10500,00±408,25opq	13,6±0,16hi	38,0±0,81tu
L <sub>39</sub>	277,0±2,44c	18300,00±249,49defgh	21,7±0,57e	65,8±0,65q
L <sub>40</sub>	97,4±1,63no	11300,00±162,99nopq	6,17±0,01stu	18,5±0,04 zc
L <sub>41</sub>	88,5±0,08pq	15733,33±205,48ghijkl	11,3±0,16jklm	270,0±0,81i
L <sub>42</sub>	77,7±1,63st	16500,00±408,25ghij	13,8±0,65hi	573,0±0,81c
L <sub>43</sub>	386,0±1,63a	19600,00±171,55cdefg	11,4±0,4jklm	991,0±1,24b

### **6.2.2.13. Antimon (Sb)**

Prisustvo antimona iznad granice detekcije (0,5 mg/kg) detektovano je na samo jednom staništu ( $L_{31}=51,10$  mg/kg), u trostruko većoj količini od 3 mg/kg, koju je propisala Svetska Zdravstvena Organizacija (W.H.O.). Međutim, pojava na samo jednom od lokaliteta prema Kabata-Pendias (2004), može da se poveže sa nalazištima obojene rude ili drugih zagađivača u industrijskim okruženjima koja nastaju kao rezultat antropogenih aktivnosti a to je potvrđeno u istraživanju Milićević et al. (2018). koje je sprovedeno u tom području (okolina Rudnika). Zemljišta koje okružuju topionice i rudarske oblasti, imaju prisutne u sebi okside (Fe, Mn) koji vezuju antimon a pomoću limunske kiseline iz organskih supstanci povećava se njegova mobilnost (Kabata-Pendias 2004).

### **6.2.2.14. Kadmijum (Cd)**

Sadržaj kadmijuma na 42 staništa sremuša, prikazan u Tabeli 17, bio je ispod limita detekcije (<0,5 mg/kg) a koji je prema WHO daleko ispod granične vrednosti (0,8 mg/kg). Sličan primer u kome je sadržaj kadmijuma bio ispod graničnih vrednosti (0,04–0,39 mg/kg) detektovan je na staništima sremuša u istraživanju Dželetović et al. (2022). U našem istraživanju, samo je jedno stanište ( $L_{42}$ ) imalo je sadržaj kadmijuma 4,92 mg/kg. Kabata-Pendias (2004) ovaj fenomen objašnjavaju uticajem niza činilaca. U ovom slučaju, pošto se radi o lokalitetu na planini Rudnik, predpostavlja se da je poreklo Cd u ovom zemljištu geochemijsko.

### **6.2.2.15. Oovo (Pb)**

Oovo je detektovano na 23 staništa (Tabela 17), i variralo je u opsegu od 18,9 do 984 (mg/kg), pri čemu su 4 staništa imala sadržaj viši od graničnih 85 mg/kg za kontaminirana zemljišta, propisanih od strane WHO. Sličan interval (9,89–124,03 mg/kg Pb) na nekoliko ispitivanih lokaliteta utvrdili su i Dzeletovic et al. (2022). Prema Kabata-Pendias (2004), sadržaj Pb u zemljištu znatno mogu povećati industrijska postrojenja i saobraćajnice iz okruženja. Zbog slabe pokretljivosti u zemljištu i povećeg prisustva organske supstance Pb se akumulira u površinskim slojevima (Kabata-Pendias, 2004), a to može predstavljati uzrok njegovog prisustva na pojedinim staništima, koji je utvrđen u ovom istraživanju. Pored toga, najviši sadržaj Pb je detektovan na lokalitetu Rudnik, što upućuje njegovo geochemijsko poreklo.

### **6.2.2.16. Hrom (Cr)**

Detektovane vrednosti sadržaja Cr na ispitivanim staništima bile su u intervalu od 7,70 do 739 mg/kg (Tabela 17), pri čemu je na 7 lokaliteta vrednost bila iznad dozvoljene prema W.H.O (100 mg/kg). Sličan rezultat prikazan je u istraživanju Dzeletovic et al. (2022), u kom je sadržaj hroma bio od 11,33 do 73,97 mg/kg. Na 29 staništa ovog istraživanja prisustvo Cr (VI) u bilo je u intervalu od 0,81 do 7,43 mg/kg, mada granične vrednosti za šestovalentni Cr nisu jasno definisane pravilnikom. S obzirom na raniju konstataciju vezano za toksičnost i mobilnost šestovalentnog hroma, poželjno je konstantno pratiti njegov sadržaj koji je poslednjih godina u stalnom porastu, a od velikog je značaja za ekologiju i zdravlje ljudi i životinja.

Tabela 17. Pseudoukupni sadržaj potencijalno štetnih elemenata (Sb, Cd, Pb, Cr, Cr<sup>6+</sup>, Hg, As, Sb) u površinskom sloju zemljišta (0–20 cm) na lokacijama prirodnih staništa sremuša u R. Srbiji (mg/kg)

Stanište	Pseudoukupni sadržaj potencijalno štetnih elemenata u zemljištu (mg/kg)						
	Sb	Cd	Pb	Cr	Cr <sup>6+</sup>	Hg	As
L <sub>1</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	16,5±0,40z	<0,75	0,10±0,37abc	2,72±0,01y
L <sub>2</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	99,5±0,24g	3,88±0,08e	0,20±0,04bcd	8,17±0,01o
L <sub>3</sub>	<0,5	<0,5	22,7±0,57o	34,5±0,4q	<0,75	0,25±0,04abcd	5,03±0,02v
L <sub>4</sub>	<0,5	<0,5	18,9±1,04p	25,8±0,16tuv	1,22±0,09lmn	0,07±0,00d	8,82±0,05n
L <sub>5</sub>	<0,5	<0,5	33,4±0,32l	30,3±0,24rs	1,39±0,07kl	0,13±0,02cd	5,98±0,05u
L <sub>6</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	53,9±0,73l	1,26±0,04lm	0,14±0,03cd	8,04±0,03op
L <sub>7</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	25,2±0,16tuv	1,06±0,04no	0,13±0,02cd	5,86±0,04u
L <sub>8</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	23,1±0,08vw	0,85±0,04p	0,12±0,01cd	7,63±0,02opq
L <sub>9</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	32,1±0,12qr	<0,75	0,072±0,00d	10,26±0,02ij
L <sub>10</sub>	<0,5	<0,5	29,9±0,73mn	27,1±0,08tu	1,49±0,07k	0,19±0,03bcd	7,49±0,03pq
L <sub>11</sub>	<0,5	<0,5	31,0±0,81m	24,1±0,16vw	<0,75	0,15±0,01cd	12,46±0,01f
L <sub>12</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	44,8±0,65o	0,85±0,02p	0,10±0,01d	18,54±0,03d
L <sub>13</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	59,5±0,14l	2,53±0,04h	0,20±0,01bcd	7,35±0,04qrq
L <sub>14</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	24,0±0,12vw	<0,75	0,12±0,01cd	10,93±0,08h
L <sub>15</sub>	<0,5	<0,5	35,2±0,16k	25,4±0,32tuv	1,28±0,01lm	0,07±0,01d	9,61±0,05klm
L <sub>16</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	18,2±0,16yz	0,81±0,02p	0,14±0,03cd	6,65±0,04st
L <sub>17</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	32,5±0,14qr	1,2±0,08mn	0,08±0,01d	6,08±0,06u
L <sub>18</sub>	<0,5	<0,5	44,3±0,24i	189,0±0,81b	7,16±0,04b	0,19±0,03bcd	6,65±0,04st
L <sub>19</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	66,1±0,48k	2,42±0,01h	0,16±0,01cd	13,68±0,12e
L <sub>20</sub>	<0,5	<0,5	38,9±0,73j	7,70±0,57za	<0,75	0,09±0,01d	4,07±0,05w
L <sub>21</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	128,0±2,44d	4,34±0,16d	0,22±0,03abcd	5,19±0,01v
L <sub>22</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	45,5±0,81no	2,14±0,03i	0,24±0,03abcd	12,58±0,02f
L <sub>23</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	116,0±0,81e	2,81±0,02g	0,16±0,04cd	8,05±0,04op
L <sub>24</sub>	<0,5	<0,5	23,6±0,81o	21,9±0,81vw	<0,75	0,13±0,00cd	6,42±0,08tu
L <sub>25</sub>	<0,5	<0,5	73,3±0,24f	71,7±0,57j	3,15±0,04f	0,13±0,02cd	6,84±0,03rst
L <sub>26</sub>	<0,5	<0,5	62,0±0,81g	56,3±0,24l	2,41±0,02h	0,13±0,02cd	14,04±0,03e
L <sub>27</sub>	<0,5	<0,5	44,0±0,81i	114,0±0,81e	3,19±0,07f	0,22±0,01abcd	22,53±0,02c
L <sub>28</sub>	<0,5	<0,5	90,4±0,32b	107,0±0,81f	1,23±0,02lmn	0,20±0,01bcd	9,51±0,06lm
L <sub>29</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	16,7±0,57z	<0,75	0,22±0,01abcd	10,48±0,06hij
L <sub>30</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	139,0±0,81c	4,42±0,01d	0,09±0,02d	2,86±0,04y
L <sub>31</sub>	54,1±0,08a	<0,5	91,9±0,73b	739,0±,81a	7,43±0,02a	0,43±0,04ab	2,15±0,04z
L <sub>32</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	40,6±0,48p	1,13±0,02mno	0,18±0,06bcd	30,68±0,06b
L <sub>33</sub>	<0,5	<0,5	23,4±0,32o	17,6±0,48yz	<0,75	0,47±0,05a	7,15±0,04qrq
L <sub>34</sub>	<0,5	<0,5	76,9±0,08e	27,9±0,73st	<0,75	0,15±0,04cd	11,84±0,03g
L <sub>35</sub>	<0,5	<0,5	87,4±0,32c	48,0±0,81n	1,25±0,04lm	0,22±0,01abcd	10,19±0,02ij
L <sub>36</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	24,6±0,16uvw	0,98±0,01op	0,23±0,02abcd	9,96±0,16jkl
L <sub>37</sub>	<0,5	<0,5	57,5±0,40h	10,0±0,81 za	<0,75	0,22±0,01abcd	9,35±0,04mn
L <sub>38</sub>	<0,5	<0,5	36,2±0,16k	31,1±0,08r	<0,75	0,11±0,02d	13,51±0,05e
L <sub>39</sub>	<0,5	<0,5	23,3±0,24o	88,7±0,57h	3,86±0,04e	0,08±0,00d	3,46±0,03x
L <sub>40</sub>	<0,5	<0,5	82,7±0,57d	20,0±1,22xy	2,02±0,01i	0,17±0,01cd	9,50±0,08lm
L <sub>41</sub>	<0,5	<0,5	28,4±0,36n	18,9±0,08yz	<0,75	0,14±0,00cd	10,14±0,09ijk
L <sub>42</sub>	<0,5	4,92±0,01a	984,0±0,81a	77,9±0,73i	1,72±0,01j	0,21±0,02bcd	520,2±0,47a
L <sub>43</sub>	<0,5	<0,5	<0,5	86,3±0,36h	5,34±0,03c	0,11±0,00cd	10,55±0,08hi

### 6.2.2.17. Živa (Hg)

U ovom istraživanju prisustvo žive detektovano je na svim staništima u intervalu od 0,07 do 0,47 mg/kg. Samo su dva staništa imala sadržaj iznad dozvoljenih 0,3 mg/kg, prema važećem pravilniku (Službeni glasnik RS, br. 23/1994). Istraživanja Johansson et al. (1991), potvrdila su visoke koncentracije žive (preko 0,3 mg/kg) u humusnim zemljишima. Vosok kapacitet organske materije za vezivanjanjem žive može biti uzrok njenog sadržaja i u tekućem istraživanju, obzirom da su zemljишta na ispitivanim staništima sremuša uglavnom bila dobro snabdevena humusom (Tabela 13).

### 6.2.2.18. Arsen (As)

Prisustvo As detektovno je na svim staništima sremuša u intervalu od 2,15 do 520,2 mg/kg (Tabela 17). Samo na dva ispitivana staništa su sadržavala sadržaj As iznad dozvoljneih 29 mg/kg, propisanih pravilnikom (Službeni glasnik RS, br. 23/1994). Prema Kabata-Pendias (2004), sadržaj As u zemljisu u velikoj meri zavisi od ekoloških činilaca, što je verovatno bio slučaj i u ovom istraživanju.

Prisustvo ostalih ispitivanih elemenata Mo, Se, Sn i Tl, bilo je ispod granica detekcije primenjene metode. Poređenjem sadržaja detektovanih elemenata u zemljisu sa njihovim graničnim vrednostima navedenim u literaturi (Kabata-Pendias et al., 2007), i propisanim zakonskim odredbama 531/1994 – 540 “Odluka Ministarstva poljoprivrede SR,” može se konstatovati da su pojedina zemljisha na staništima sremuša delimično kontaminirana (Tabela 18).

Tabela 18. Predložene maksimalne dozvoljene vrednosti (mg/kg) za odabrane PTE navedene u literaturi i koncentracije na ispitivanim prirodnim staništima (lokalitetima).

E*	I	II	Oznake lokaliteta koji imaju granične vrednosti iznad dozvoljenih	Broj lokaliteta
Cu	60-150	36	L <sub>18</sub> ; L <sub>21</sub> ; L <sub>28</sub> ; L <sub>42</sub> ; L <sub>41</sub> ; L <sub>23</sub> ; L <sub>19</sub> ; L <sub>43</sub> ; L <sub>39</sub> ; L <sub>32</sub>	10
Zn	100-300	140	L <sub>18</sub> ; L <sub>28</sub> ; L <sub>41</sub> ; L <sub>42</sub>	4
B	-	50	L <sub>3</sub> ; L <sub>21</sub> ; L <sub>10</sub> ; L <sub>4</sub> ; L <sub>8</sub> ; L <sub>14</sub> ; L <sub>25</sub> L <sub>31</sub> ; L <sub>18</sub> ; L <sub>27</sub> ; L <sub>28</sub> ; L <sub>23</sub> ; L <sub>30</sub> ; L <sub>2</sub> ; L <sub>12</sub> ; L <sub>6</sub> ; L <sub>26</sub> ; L <sub>13</sub>	7
Ni	20-60	35	L <sub>35</sub> ; L <sub>21</sub> ; L <sub>19</sub> ; L <sub>39</sub> ; L <sub>25</sub> ; L <sub>43</sub> ; L <sub>36</sub> ; L <sub>32</sub> ; L <sub>9</sub> ; L <sub>22</sub> ; L <sub>42</sub> ; L <sub>7</sub> ; L <sub>34</sub> L <sub>31</sub> ; L <sub>27</sub> ; L <sub>21</sub> ; L <sub>28</sub> ; L <sub>30</sub> ; L <sub>18</sub> ; L <sub>39</sub> ; L <sub>23</sub> ; L <sub>19</sub> ; L <sub>26</sub> ; L <sub>25</sub>	24
Co	20-50	9	L <sub>34</sub> ; L <sub>32</sub> ; L <sub>35</sub> ; L <sub>36</sub> ; L <sub>42</sub> ; L <sub>38</sub> ; L <sub>22</sub> ; L <sub>10</sub> ; L <sub>17</sub> ; L <sub>13</sub> ; L <sub>33</sub> ; L <sub>2</sub> ; L <sub>43</sub> ; L <sub>16</sub> ; L <sub>41</sub> ; L <sub>11</sub> ; L <sub>14</sub> ; L <sub>5</sub> ; L <sub>12</sub> ; L <sub>37</sub> ; L <sub>6</sub> ; L <sub>29</sub> ; L <sub>7</sub>	34
As	15-20	29	L <sub>42</sub> ; L <sub>32</sub>	2
Cd	1-5	0,8	L <sub>42</sub>	1
Cr <sub>total</sub>	50-200	100	L <sub>28</sub> ; L <sub>27</sub> ; L <sub>31</sub> ; L <sub>18</sub> ; L <sub>30</sub> ; L <sub>21</sub> ; L <sub>23</sub>	7
Hg	0,5-5	0,3	L <sub>33</sub> ; L <sub>31</sub>	2
Pb	20-300	85	L <sub>35</sub> ; L <sub>28</sub> ; L <sub>31</sub> ; L <sub>42</sub> ; L <sub>31</sub> ; L <sub>43</sub> ; L <sub>42</sub> ; L <sub>25</sub> ; L <sub>10</sub> ; L <sub>8</sub> ; L <sub>24</sub> ; L <sub>5</sub> ; L <sub>35</sub> ; L <sub>15</sub> ; L <sub>41</sub> ; L <sub>4</sub>	4
V	150	42	L <sub>3</sub> ; L <sub>33</sub> ; L <sub>1</sub> ; L <sub>21</sub> ; L <sub>30</sub> ; L <sub>19</sub> ; L <sub>27</sub> ; L <sub>37</sub> ; L <sub>39</sub> ; L <sub>22</sub> ; L <sub>32</sub> ; L <sub>23</sub>	24
Sb	10	3	L <sub>31</sub>	1

\*E-toksični elementi; I-maksimalno dozvoljena konc. (Kabata-Pendias et al., 2007); II- preporučene vrednosti iz nacionalnog zakonodavstva (zakonska odredba 531/1994 – 540, Odluka Ministarstva poljoprivrede SR, 2018/19).

### 6.3. Faktor kontaminacije ispitivanih zemljišta

Da bi se preciznije odredila kontaminiranost ispitivanih zemljišta potencijalno toksičnim elementima utvrđen je faktor kontaminacije (Cf) prema sledećem obrazcu (Loska i sar., 2004):

$$Cf = \frac{Co}{Cn}$$

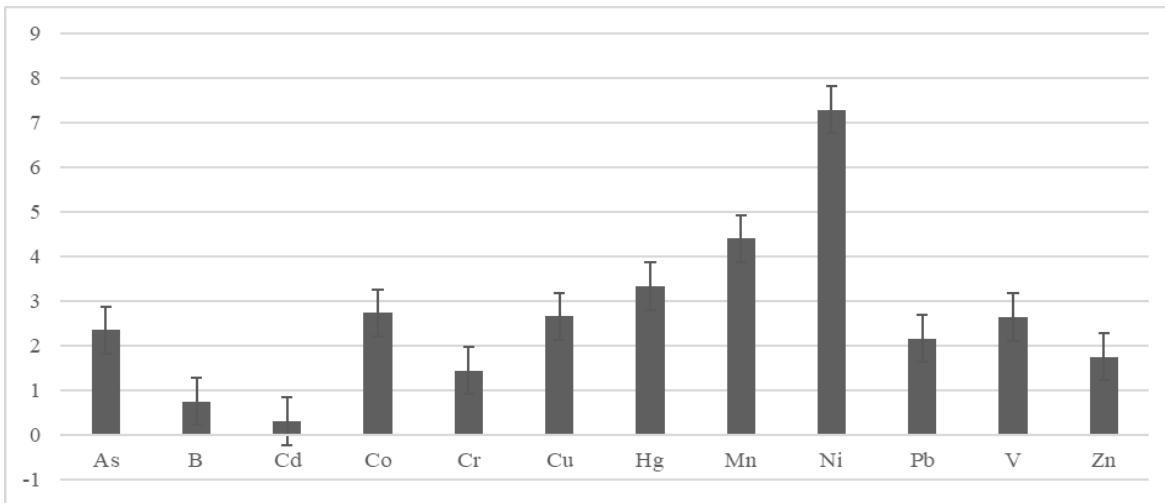
pri čemu (Co) predstavlja srednji sadržaj elemenata u zemljištu, dok Cn predstavlja referentnu koncentraciju elemenata u Zemljinoj kori: As (4,4 mg/kg); B (22 mg/kg); Cd (0,37 mg/kg); Co (5,5 mg/kg); Cr (47 mg/kg); Cu (13 mg/kg); Hg (0,05 mg/kg); Mn (270 mg/kg); Ni (13 mg/kg), Pb (22 mg/kg); V (67 mg/kg), Zn (45 mg/kg), (Kabata Pendias, 2007). Dobijene vrednosti Cf za PTE prikazane su u Tabelama 20 i 21.

Klasifikacija dobijenih rezultata u ovom istraživanju izvršena je na osnovu intervala faktora kontaminacije (Cf) predloženog u radu Shaheen et al (2020) i stepena kontaminacije (Cdeg) predloženog u radu Hakanson (1980), prikazanih u Tabeli 19. Uzimajući u obzir da Cf prikazuje kontaminaciju samo jednog uzorka zemljišta, upotrebom Cdeg se može definisati pojedinačno učešće svakog elementa u ispitivanim uzorcima.

Tabela 19. Kategorije zemljišta na osnovu faktora kontaminacije (Cf), po Shaheen et al. (2020), i stepena kontaminacije (Cdeg), po Hakanson-u (1980).

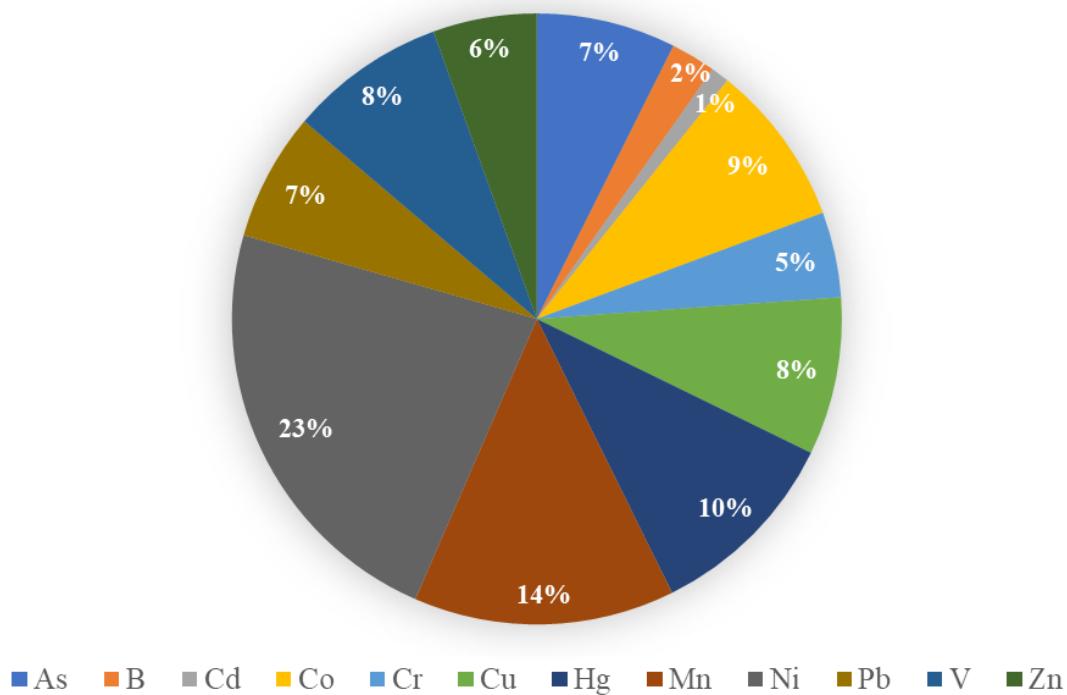
Kategorije zemljišta prema kontaminiranosti	Interval faktora kontaminacije (Cf)	Interval stepena kontaminacije (Cdeg)
Niska kontaminacija	Cf<1	C <sub>deg</sub> <8
Umerena kontaminacija	1≤Cf<3	8≤C <sub>deg</sub> <16
Značajna kontaminacija	3≤Cf<6	16≤C <sub>deg</sub> <32
Veoma visoka kontaminacija	6≥Cf	C <sub>deg</sub> ≥32

Izračunate vrednosti Cf u površinskom sloju zemljišta izrazito su varirale, u zavisnosti od staništa i ispitivanog elementa (Tabele 20 i 21). Srednje vrednosti Cf za većinu elemenata, sa izuzetkom Cd i B (Slika 12) bile su iznad 1, dok su najveće vrednosti detektovane za Ni, Mn i Hg, što ukazuje kontaminaciju ovim elementima u površinskim slojevima ispitivanih zemljišta.



Slika 12. Srednje vrednosti Cf

Pojedinačan doprinos elementa stepenu kontaminacije ispitivanih uzoraka zemljišta bio je najmanji za Cd, a najveći za Ni (Slika 13). Prema klasifikaciji, ispitivana zemljišta imala su značajan stepen kontaminacije niklom i umeren stepen kontaminacije sa Cu, Hg, Mn, Co i V. Ostali elementi su ispoljili nizak stepen kontaminacije.



Slika 13. Stepen kontaminiranosti uzoraka pojedinim elementima

Prema Kabata-Pendias (2004), različita koncentracija i poreklo elemenata u zemljištu pripisuje se raznim geo-pedološkim procesima i mnogobrojnim drugim antropogenim aktivnostima. Međutim, u nekim drugim istraživanjima (Zhou et al., 2008; Manta et al., 2002; Chen et al., 1999), došlo se do zaključka da utvrđivanje međuelementarnih odnosa korelacionom analizom može se doći do vrednih informacija o elementarnim izvorima i putevima zagađenja.

Tabela 20. Vrednosti faktora kontaminacije ispitivanih zemljišta za Mn, Zn, Cu, B i Ni.

Stanište	Faktor kontaminacije (Cf)				
	Mn	Zn	Cu	B	Ni
L <sub>1</sub>	1,00	1,04	1,14	0,00	1,58
L <sub>2</sub>	1,79	1,53	1,95	0,19	9,23
L <sub>3</sub>	2,45	1,53	1,50	4,34	2,19
L <sub>4</sub>	1,14	1,20	1,41	3,00	2,10
L <sub>5</sub>	3,14	1,24	1,24	0,00	2,30
L <sub>6</sub>	3,21	1,65	2,35	1,75	7,17
L <sub>7</sub>	2,32	1,12	0,83	0,00	3,16
L <sub>8</sub>	2,26	1,04	1,37	2,47	1,84
L <sub>9</sub>	1,99	1,04	1,33	0,00	3,39
L <sub>10</sub>	3,06	1,14	1,05	3,01	1,97
L <sub>11</sub>	6,48	1,47	1,56	0,00	2,25
L <sub>12</sub>	2,86	1,17	1,49	0,00	7,60
L <sub>13</sub>	2,56	1,78	1,85	0,77	6,12
L <sub>14</sub>	3,78	1,00	1,18	2,49	2,23
L <sub>15</sub>	22,15	1,10	1,20	0,00	2,16
L <sub>16</sub>	4,74	2,03	0,85	0,00	1,69
L <sub>17</sub>	2,65	1,11	1,03	0,00	2,56
L <sub>18</sub>	3,04	5,82	32,00	1,02	30,38
L <sub>19</sub>	4,59	1,63	3,11	0,00	5,14
L <sub>20</sub>	2,93	1,19	0,52	0,16	0,71
L <sub>21</sub>	5,89	1,94	6,50	4,27	5,28
L <sub>22</sub>	4,04	1,72	1,85	0,00	3,31
L <sub>23</sub>	3,85	1,85	3,16	0,00	12,62
L <sub>24</sub>	2,73	0,78	1,24	0,00	1,55
L <sub>25</sub>	3,70	1,57	1,54	2,40	4,76
L <sub>26</sub>	4,59	1,62	2,15	0,00	6,45
L <sub>27</sub>	8,85	1,59	2,74	0,00	22,77
L <sub>28</sub>	5,07	3,56	3,85	0,00	16,85
L <sub>29</sub>	4,44	2,18	1,57	0,00	1,58
L <sub>30</sub>	3,96	0,90	1,77	2,22	11,85
L <sub>31</sub>	10,96	1,85	1,94	0,00	92,31
L <sub>32</sub>	7,15	1,76	2,82	0,00	3,64
L <sub>33</sub>	2,25	1,34	2,12	0,00	1,89
L <sub>34</sub>	5,52	2,00	2,29	1,82	3,12
L <sub>35</sub>	5,19	2,14	2,68	0,04	5,65
L <sub>36</sub>	4,15	2,04	2,08	0,00	3,70
L <sub>37</sub>	5,19	1,89	0,97	1,22	0,92
L <sub>38</sub>	6,96	1,10	0,69	0,00	1,78
L <sub>39</sub>	2,19	1,34	2,82	0,00	4,78
L <sub>40</sub>	2,19	0,97	0,75	0,00	2,30
L <sub>41</sub>	5,59	3,45	3,42	0,00	2,58
L <sub>42</sub>	2,65	5,60	3,57	1,36	3,28
L <sub>43</sub>	4,07	1,37	2,85	0,00	4,58
Min	1,00	0,78	0,52	0,00	0,71
Max	22,15	5,82	32,00	4,34	92,31
Prosek	4,40	1,75	2,66	0,76	7,29
Cdeg	13,84	5,51	8,35	2,38	22,90

Tabela 21. Vrednosti faktora kontaminacije ispitivanih zemljišta za Co, V, Pb, Cr, Hg, As, Cd

Staniste	Faktor kontaminacije (Cf)						
	Co	V	Pb	Cr	Hg	As	Cd
L <sub>1</sub>	0,62	2,43	0,00	0,35	2,00	0,62	0,00
L <sub>2</sub>	2,24	0,40	0,00	2,12	4,00	1,86	0,00
L <sub>3</sub>	1,08	3,52	1,03	0,73	5,00	1,14	0,00
L <sub>4</sub>	0,00	3,99	0,86	0,55	1,40	2,00	0,00
L <sub>5</sub>	1,93	4,69	1,52	0,64	2,60	1,36	0,00
L <sub>6</sub>	1,76	0,53	0,00	1,15	2,80	1,83	0,00
L <sub>7</sub>	1,67	0,40	0,00	0,54	2,60	1,33	0,00
L <sub>8</sub>	1,30	4,82	0,00	0,49	2,40	1,73	0,00
L <sub>9</sub>	1,37	0,41	0,00	0,68	1,44	2,33	0,00
L <sub>10</sub>	2,42	4,84	1,36	0,58	3,80	1,70	0,00
L <sub>11</sub>	2,02	0,44	1,41	0,51	3,00	2,83	0,00
L <sub>12</sub>	1,91	0,38	0,00	0,95	2,00	4,21	0,00
L <sub>13</sub>	2,38	0,53	0,00	1,27	4,00	1,67	0,00
L <sub>14</sub>	2,00	0,42	0,00	0,51	2,40	2,48	0,00
L <sub>15</sub>	1,60	4,24	1,60	0,54	1,40	2,18	0,00
L <sub>16</sub>	2,04	0,40	0,00	0,39	2,80	1,51	0,00
L <sub>17</sub>	2,42	0,46	0,00	0,69	1,60	1,38	0,00
L <sub>18</sub>	4,49	0,43	2,01	4,02	3,80	1,51	0,00
L <sub>19</sub>	3,05	1,08	0,00	1,41	3,20	3,11	0,00
L <sub>20</sub>	0,83	0,24	1,77	0,16	1,80	0,93	0,00
L <sub>21</sub>	5,31	2,12	0,00	2,72	4,40	1,18	0,00
L <sub>22</sub>	2,45	0,84	0,00	0,97	4,80	2,86	0,00
L <sub>23</sub>	3,84	0,65	0,00	2,47	3,20	1,83	0,00
L <sub>24</sub>	1,45	4,70	1,07	0,47	2,60	1,46	0,00
L <sub>25</sub>	2,91	6,79	3,33	1,53	2,60	1,55	0,00
L <sub>26</sub>	2,95	0,47	2,82	1,20	2,60	3,19	0,00
L <sub>27</sub>	5,91	1,06	2,00	2,43	4,40	5,12	0,00
L <sub>28</sub>	5,05	0,56	4,11	2,28	4,00	2,16	0,00
L <sub>29</sub>	1,76	0,34	0,00	0,36	4,40	2,38	0,00
L <sub>30</sub>	5,07	1,23	0,00	2,96	1,80	0,65	0,00
L <sub>31</sub>	15,18	20,45	4,18	15,72	8,60	0,49	0,00
L <sub>32</sub>	2,65	0,66	0,00	0,86	3,60	6,97	0,00
L <sub>33</sub>	2,27	3,25	1,06	0,37	9,40	1,63	0,00
L <sub>34</sub>	2,67	0,58	3,50	0,59	3,00	2,69	0,00
L <sub>35</sub>	2,60	4,63	3,97	1,02	4,40	2,32	0,00
L <sub>36</sub>	2,53	0,28	0,00	0,52	4,60	2,26	0,00
L <sub>37</sub>	1,91	1,05	2,61	0,21	4,40	2,13	0,00
L <sub>38</sub>	2,47	0,57	1,65	0,66	2,20	3,07	0,00
L <sub>39</sub>	3,95	0,98	1,06	1,89	1,60	0,79	0,00
L <sub>40</sub>	1,12	0,28	3,76	0,43	3,40	2,16	0,00
L <sub>41</sub>	2,05	4,03	1,29	0,40	2,80	2,30	0,00
L <sub>42</sub>	2,51	8,55	44,73	1,66	4,20	11,86	13,30
L <sub>43</sub>	2,07	14,79	0,00	1,84	2,20	2,40	0,00
Min	0,00	0,24	0,00	0,16	1,40	0,49	0,00
Max	15,18	20,45	44,73	15,72	9,40	11,86	13,30
Prosek	2,74	2,64	2,16	1,44	3,33	2,35	0,31
Cdeg	8,61	8,29	6,77	4,52	10,47	7,39	0,97

Na osnovu Pirsonovih vrednosti, koeficijenta korelacija postoji jaka povezanost između Cd-Pb; Ni-Cr; Cr-Co; Ni-Co; As-Cd (Tabela 22), što nam ukazuje da su istog (geo hemijskog) porekla, dok, B, Cu, Hg, Mn, V i Zn nisu u visokim korelativnim odnosima, kao što je dokazano i u istraživanju Yu et al. (2011), što vodi predpostavci da ovi elementi vode poreklo od različitih izvora, prvenstveno antropogenih. Sličan ishod prikazan je u istraživanju Mazurek et al. (2017), gde je navedeno da je antropogeni uticaj glavni uzrok prisustva većine ispitivanih elemenata u šumskom zemljištu. Tačnije, navedeno je da su sloj šumske prostirke i površinski horizont bili najviše kontaminirani.

Tabela 22. Matrica Pirsonovog koeficijenta korelacijske matrice za elemente u uzorcima zemljišta ( $p \leq 0,01$ )

	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn
As	1											
B	-0,096c	1										
Cd	0,784	0,076c	1									
Co	-0,076c	-0,061c	-0,016c	1								
Cr	-0,122c	-0,038c	0,014c	0,941a	1							
Cu	-0,005c	0,073c	0,030c	0,194c	0,211c	1						
Hg	0,045c	-0,006c	0,083c	0,521c	0,486c	0,100c	1					
Mn	0,084c	-0,171c	-0,080c	0,347c	0,276c	-0,040c	0,071c	1				
Ni	-0,122c	-0,110c	-0,043c	0,925a	0,976a	0,271c	0,498c	0,291c	1			
Pb	0,763b	0,062c	0,980a	0,060c	0,081c	0,049c	0,135c	-0,024c	0,035c	1		
V	0,031c	0,063c	0,232c	0,528c	0,659c	-0,058c	0,339c	0,229c	0,587c	0,284c	1	
Zn	0,461c	0,002c	0,571c	0,200c	0,182c	0,687c	0,245c	-0,011c	0,216c	0,604c	0,080c	1

\*a: 0,901-1000; b: 0,751-0,900; c:  $\leq 0,750$

Taloženje pojedinih elemenata na površini biljnih organa tokom životnog ciklusa utiče na proces njihove transformacije u biljci, a taloženjem u zemljištu se uključuju u biogeohemijski ciklus kruženja elemenata (recirkulacija). Slično, Langenbruch et al. (2012), su pokazali da šumski ekosistemi, pre svega lišće, apsorbuje širok spektar gasova iz atmosfere, a nakon njihovog pada na tlo pod uticajem gravitacione sile usled dekompozicije, mnoga hemijska jedinjenja se talože na površini zemljišta. Talkner et al. (2010), su naveli da razlaganje listova dovodi do oslobođanja širokog spektra hemijskih jedinjenja koja u kombinaciji sa padavinama mogu direktno uticati na koncentraciju i dostupnost BE/PTE u površinskim nivoima zemljišta.

Prema Marzen (2004), atmosferske vode (padavine), sa svojim komponentama (gasovi i kiseline), utiču na razgradnju šumskih ostataka i istovremeno na mobilizaciju BE/PTE u zemljištu, prevodeći ih u različite pristupačne oblike. Konkretno, atmosferska voda koja dospeva u biljke i zemljište nosi rastvorljive gasove ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ) i rastvorene kiseline ( $NHO_2$ ,  $NHO_3$ ). Glavni razlog za to je sastav atmosferskog vazduha. Na osnovu svega, može se prepostaviti da to može biti glavni razlog za ispoljavanje velike varijabilnosti kao i prekomerenog sadržaja pojedinih elemenata na raznim ispitivanim lokalitetima, jer ispitivane populacije pretežno rastu u šumskim ekosistemima na malim dubinama (Slika 14).



Slika 14. Sremuš u prirodnim, šumskim populacijama u R. Srbiji

## **6.4. Klimatske karakteristike ispitivanih staništa sremuša**

Prikaz klimatskih parametara u ovom radu vršen je na osnovu analize meteoroloških podataka (temperature i padavina) sa najbližih sinoptičkih stanica za period 1991-2020. (Tabela 23), i upotrebom izmerenih podataka (*data logerom*) za temperaturu i relativnu vlažnost vazduha tokom vegetacionog perioda na pojedinim lokalitetima (Tabela 24).

### **6.4.1. Temperatura**

Izmerene i aproksimirane vrednosti temperatura i padavina na svim sinoptičkim stanicama u blizini proučavanih staništa (Tabela 29) prikazani su u Tabeli 23. Zabeležena srednja godišnja temperatura bila je u intervalu od 7,2°C na Rc Sjenica do 13,2 °C u Beogradu gde su i obližnje populacije sremuša sa najmanjim nadmorskim visinama. Najtoplji mesec na skoro svim lokalitetima je jul, osim na području Zlatibora gde je to avgust. Srednje temperature najtoplijeg meseca se kreću od 17,0 °C (Rc Sjenica) do 23,8°C (Beograd). Suprotno tome, najhladniji mesec na svim staništima bio je januar, pri čemu su srednje temperature bile u intervalu od -3,4°C na Rc Sjenici do 1,9°C u Beogradu. Prosečne temperature tokom vegetacionog perioda sremuša (meseci II–IV) bile su u intervalu od 7,4°C na Rc Sjenica do 25,7°C Beogradu.

Izmerene vrednosti na mernim uređajima prikazane su u Tabeli 24. U prvoj i drugoj dekadi februara, najniže srednje dekadne temperature vazduha na posmatranim staništima, zabeležene su na Povlenu: -1,4°C; -14°C, dok, je trećoj dekadi februara najniža srednja temperatura zabeležena na Zlatiboru i iznosila je -3,5 °C. Najviše prosečne temperature tokom prve i druge dekade februara bile su na Iverku 17,5 °C; 11,5 °C, dok je u trećoj dekadi februara najviša prosečna temperatura bila u Ležimiru 19,4 °C. Na osnovu srednjih mesečnih temperatura, tokom februara, najtoplji je bio Kosmaj sa temperaturom 4,87 °C dok, je najhladniji bio Zlatibor 1,80 °C. Izmerene temperature u februaru su za 3,1 °C; do 1,3 °C iznad višegodišnjeg proseka na svih 5 lokaliteta gde su bili postavljeni merni uređaji na mikrolokacijama gde raste sremuš. Tokom prve, druge i treće dekade marta, najniže temperature bile su na Zlatiboru: -10,4 °C; -9,4 °C; -7,9 °C, a najviše u prvoj su bile na Ležimиру: 17,9 °C; drugoj na Iverku: 15,9 °C; u trećoj dekadi na Kosmaju: 23,8 °C. Komparacijom srednjih mesečnih temperatura na staništima tokom marta, najtoplji je bio Iverak sa temperaturom 5,03 °C dok, je najhladniji bio Zlatibor sa 0,60 °C. Dobijene temperature znatno su niže u poređenju sa višegodišnjim prosekom (Tabela 23). Takođe i na staništima Ležimir, Kosmaj i Povlen su dobijene vrednosti temperaturu za 4,8 °C; 3,83 °C; 0,83 °C - respektivno, niže, u poređenju sa višegodišnjim prosekom.

Tokom aprila, u sve tri dekade najniže temperature bile su na Zlatiboru, i to -10,4 °C, -9,4 °C i -7,9 °C, respektivno, dok su najviše bile, tokom prve dve dekade na Ležimiru 26,1 °C i 23,6 °C, respektivno, a u trećoj dekadi, na Iverku 26,1 °C. U pogledu srednjih mesečnih temperatura na staništima za april, najhladnije stanište bilo je Povlen 4,47 °C a najtoplje Iverak 9,17 °C, pri čemu su izmerene temperature znatno niže, za 11,6 °C i 11,8 °C, respektivno, u poređenju sa višegodišnjim prosekom (Tabela 23). Upoređujući višegodišnje prosečne temperature (Tabela 25) sa srednjim mesečnim temperaturama na Ležimiru, Kosmaju i Zlatiboru (8,0 °C, 7,4 °C i 4,5 °C, respektivno), konstatovano je da su dobijene vrednosti za preko 2 °C niže od višegodišnjih proseka, što se moglo odraziti na tok fenoloških faza sremuša, kao što je to bilo zabeleženo u istraživanju Loidl et al. (1989).

Tabela 23. Srednje mesečne i godišnje temperature (°C) i sume padavina (mm) za Meteorološke stanice u blizini proučavanih staništa sremuša, za višegodišnji period 1991–2020.god.

Meteo stanica	Temperature (°C)												Godišnja	Veget. period
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Zrenjanin	0,7	2,4	7	12,6	17,5	21,2	22,9	22,7	17,5	12,2	7	1,8	12,1	22
Sremska Mitrovica	0,6	2,3	6,9	12,3	17,3	20,7	22,1	21,9	16,9	11,9	6,8	1,6	11,8	21,5
Loznica	1,4	3,2	7,5	12,4	17,1	20,9	22,5	22,2	17,2	12,3	7,3	2,5	12,2	23,1
Ćuprija	0,5	2,3	6,7	12	16,7	20,5	22,3	22,1	17	11,7	6,8	1,8	11,7	21
Beograd	1,9	3,8	8,3	13,6	18,2	21,9	23,8	23,7	18,5	13,3	8,1	3	13,2	25,7
Valjevo	0,35	2,15	6,64	11,64	16,34	20,24	22,04	21,74	16,64	11,54	6,25	1,45	12	20,43
Kragujevac	0,55	2,25	6,54	11,54	16,14	20,14	22,02	21,74	16,74	11,64	6,65	1,65	12,1	20,33
Niš	0,15	2,35	6,94	12,04	16,64	20,54	22,54	22,54	17,44	12,04	6,65	1,55	12,4	21,33
Kraljevo	-0,15	2,15	6,64	11,64	16,04	19,94	21,84	21,74	16,74	11,54	6,25	1,05	11,9	20,43
Požega	-1,3	1	5,7	10,6	15,2	19	20,5	20,1	15,4	10,4	4,9	-0,1	10,1	17,3
Zlatibor	-1,7	-0,6	2,9	7,8	12,4	16,2	18,1	18,3	13,4	9,1	4,3	-0,9	8,3	10,1
Rc Sjenica	-3,4	-1,8	2,2	7	11,6	15,3	17	16,8	12,3	8	3,2	-2	7,2	7,4

	Padavine (mm)												Godišnje	Veget.period
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Zrenjanin	36,6	33,7	35,1	40,9	61,3	84,3	59,4	50,9	54,9	49,7	43,6	46,7	597,1	109,7
Sremska Mitrovica	38,1	34,6	37,6	44,8	68,1	75,4	59,7	50,9	56,6	56,8	48,8	45,7	617,1	117
Loznica	63	54,5	65	63,4	90,9	107,2	80,4	69,9	71,2	74,1	68,8	71,7	880,1	182,9
Ćuprija	50,5	47,8	48,9	61,9	76,8	74,5	61,6	45,3	53,5	57,4	49,1	58,4	685,7	158,6
Beograd	47,9	43,5	48,7	51,5	72,3	95,6	66,5	55,1	58,6	54,8	49,6	54,8	698,9	143,7
Valjevo	103,3	104,3	112,6	113,5	146,6	157,1	131,5	120	119,3	118,9	108,5	114,6	802,2	330,4
Kragujevac	96,1	94,1	100,6	108,3	124,3	131,2	119,8	110	107,6	108,2	98,6	101	651,8	303
Niš	96,9	93	101,6	109,9	123,8	111,6	103,4	97,9	103	109,8	103	107,9	613,8	304,5
Kraljevo	98,8	101	115	117,6	137,7	145,7	127,6	115	114,4	116,9	103	107,4	752,1	333,6
Požega	41,1	46,1	52,7	60,1	82,2	89,,1	81,3	62,8	64,4	60,6	54,3	54,1	749	158,9
Zlatibor	63,4	71,2	81	82,1	105,1	115,1	101,3	74,5	96,4	81,4	80,4	79,9	1031,8	234,3
Rc Sjenica	48,3	53,1	56,6	57,9	82,6	79,7	74,7	63,5	75,9	71,8	67,8	64,7	796,6	167,6

Tabela 24. Izmerena temperatura (°C), relativna vlažnost vazduha (%) i suma padavina (mm) tokom vegetacije (2021) na 5 staništa

Mesec	Februar								Mart								April							
	Stanis ćte	T (°C)			RVV (%)				T (°C)			RVV (%)				T (°C)			RVV (%)					
		min	max	Ȑx	min	max	Ȑx		min	max	Ȑx	min	max	Ȑx		min	max	Ȑx	min	max	Ȑx			
I	I	-0,5	17,5	7,3	71,5	83,6	76,2	22	-4,5	16,2	3,8	55,8	76,2	65,6	3	-2,2	20,6	7,2	59,0	78,9	70,0	24		
	II	-10,1	11,5	-0,6	73,4	87,4	80,6	8	-3,0	15,9	4,7	62,6	86,0	76,0	45	-1,0	23,1	7,6	55,8	75,4	68,8	15,5		
	III	-0,4	18,7	7,0	68,9	86,6	77,0	0	-2,0	18,1	6,6	61,8	88,4	75,8	14	2,4	23,2	12,7	58	76,3	66,3	22		
II	I	-0,8	15,7	6,5	60,2	76,5	69,0	38	-4,2	17,9	4,0	63,7	76	68,7	3	-2,5	26,1	6,5	56,8	74,8	69,9	9		
	II	-10,2	10,6	-0,7	71,3	79,9	76,4	11	-3,1	15,0	4,5	62,5	78,2	70,2	32	-0,3	23,6	6,4	61,3	78,2	70,8	21,7		
	III	0,0	19,4	7,4	69,8	78,5	74,2	0	-2,5	19,3	6,1	64,9	78,7	72,3	2	2,7	22,7	11,2	63,8	78,9	70,9	7		
III	I	-2,8	13,4	7,9	56,8	66,7	60,7	19	-2,8	13,9	4,2	52,6	68,9	61,4	8	-2,9	18,1	5,4	57,9	78,8	68,9	20		
	II	-12,1	9,4	-2,0	63,4	76,0	71,0	16	-1,8	14,5	2,7	58,5	83,4	72,7	45	-0,6	22,1	5,7	53,1	77,9	69,3	24,8		
	III	-0,3	16,1	8,7	62,1	76,4	66,9	0	-5,3	23,8	4,6	45,7	86,4	67,0	3	6,0	21,8	11,2	55,7	76,1	65,8	6		
IV	I	-0,9	14,4	5,9	51,4	61,4	57,7	13	-10,4	15,4	0,5	57,4	69,3	64,4	32	-7,0	15,9	1,9	68,5	78,9	74,8	42		
	II	-13,8	7,6	-4,5	61,1	70,6	68,0	26	-9,4	8,0	0,1	64,6	76,4	71,6	35	-5,0	19,1	3,1	45,4	82,3	73,1	26,9		
	III	-3,5	15,5	4,0	61,4	72,0	66,9	1	-7,9	11,3	1,2	70,0	80,5	75,6	28	-1,6	22,8	8,7	59,8	82,6	71,3	11		
V	I	-1,4	12,1	5,7	60,5	74,3	68,8	12	-6,6	13,4	1,3	49,1	71,9	61,5	22	-6,2	14,1	2,3	61,7	83,7	74,5	15		
	II	-14,0	5,7	-4,6	65,2	80,8	74,2	16	-5,7	8,6	-0,5	61,3	82,7	75,5	41	-3,6	16,9	2,6	52,6	82,3	72,2	13,3		
	III	-1,2	14,0	6,9	57,1	78,9	64,6	0	-7,7	11,3	1,7	64,0	86,7	76,2	14	1,9	19,2	8,5	47,8	81,8	67,6	19		

\*P- Ukupne padavine, zabeležene na najbližoj meteorološkoj stanici;

#### **6.4.2. Padavine**

Srednja godišnja količina padavina kretala se u intervalu od 597,1 mm u Zrenjaninu do 1031,8 mm na Zlatiboru. Najvlažniji mesec na većini lokaliteta bio je jun, izuzev lokaliteta u blizini Ćuprije, Niša i Rc Sjenice, gde je to maj. Količina padavina u toku najvlažnijeg meseca bila je od 61,3 mm u Zrenjaninu do 157,1 mm u Valjevu. Najsuvlji period za većinu lokaliteta bio je tokom zimskog perioda. To je uglavnom februar (na lokalitetima Zrenjanin, Sremska Mitrovica, Loznica, Beograd, Kragujevac, Niš) ili januar (na lokalitetima Valjevo, Kraljevo, Požega, Zlatibor i Sjenica). Jedini izuzetak, jesu lokaliteti na području Ćuprije gde je najsušniji period bio tokom jeseni, a najsušniji mesec bio je novembar. Shodno tome, količina padavina u najsuvljem mesecu se kretala od 33,7 mm u Zrenjaninu do 14,3 mm u Valjevu. Količina padavina u vegetacionom periodu je bila je u intervalu od 109,7 mm u Zrenjaninu do 333,6 mm u Požegi. Odstupanje u pluviometrijskom režimu lokaliteta jeste posledica stepena kontinentalnosti koji se karakteriše različitim tipovima i podtipovima klime, determinisanim na osnovu globalne ekološke podele klime.

U Tabeli 24. prikazane su dekadne padavine tokom vegetacionog perioda sremuša na pet lokaliteta. Najveća količina padavina registrovana je u prvoj dekadi februara. Tokom februara, najveća srednja suma padavina zabeležena je na Ležimiru (16,3 mm), što je znatno niže u odnosu na višegodišnji prosek (Tabela 24), oko 30 mm. Najmanja srednja suma padavina zabeležena na Povlenu (9,3 mm), što je mnogo niže u odnosu na višegodišnji prosek (Tabela 24), oko 50 mm. Shodno tome, srednje sume padavina na Iverku (10 mm), Kosmaju (11 mm) i Zlatiboru (13 mm), takođe, odstupaju od višegodišnjeg prosek (46,0 mm, 40,00 mm i 68,4 mm, respektivno), ukazujući na nedostatak padavina tokom ovog meseca, za razliku od višegodišnjih padavina.

U martu, najveće srednje sume padavina registrovane su u njegovoj drugoj dekadi. Tokom ovog meseca, zabeležena je najveća srednja suma padavina na Zlatiboru (31,6 mm), što je znatno niže od višegodišnjeg prosek za ovaj mesec (oko 75 mm). Najmanja količina padavina zabeležena je na Ležimiru (12,3 mm), što je znatno niže u odnosu na višegodišnji prosek (oko 45 mm). Srednje vrednosti padavina na Povlenu (25,6 mm), Iverku (20,6 mm) i Kosmaju (18,6) skoro duplo su niže od višegodišnjeg prosek (59,7 mm, 65,7 mm i 49,3 mm, respektivno), ukazujući nam na nedostatak padavina tokom ovog meseca za razliku od prethodnih godina.

Tokom aprila najveća količina padavina registrovana je tokom prve dekade ovog meseca. Takođe, u ovom mesecu je zabeležena i najveća srednja suma padavina na Zlatiboru (26,6 mm), a to je iznosilo znatno niže od višegodišnjeg prosek za taj mesec (oko 80 mm). Najmanja količina padavina zabeležena na Ležimiru (12,5 mm), a to je znatno niže u odnosu na višegodišnji prosek (oko 50 mm). Srednje vrednosti padavina na Iverku (20,5 mm), Kosmaju (16,9 mm) i Povlenu (15,7 mm), niže su od višegodišnjeg prosek isti mesec (62,8 mm, 56,1 mm i 59,9 mm, respektivno) ističući manjak padavina u odnosu na prethodne godine. Poređenjem sume padavina (Tabela 25) u Iverku, Ležimiru, Kosmaju, Zlatiboru i Povlenu (153,5 mm, 123,7 mm, 131,8 mm, 256,9 mm i 152,3 mm, respektivno), sa višegodišnjim prosecima tokom istog perioda (182,9 mm, 117 mm, 143,7 mm, 234,3 mm i 330,4 mm, respektivno) može se reći da su vrednosti za dati period dosta varijabilne. Generalno, znatno manja količina padavina (preko 100 mm) konstatovana je na Povlenu dok je na ostalim lokalitetima bila slična višegodišnjim.

#### **6.4.3. Relativna vlažnost vazduha**

Stanje relativne vlažnosti vazduha odrđeno je na samo 5 staništa (Tabela 24). Tokom vegetacionog perioda, najniža vlažnost vazduha (57,7%), bila je u I dekadi februara na Zlatiboru, a najviša (80,6%), u II dekadi istog meseca na Iverku (Tabela 24). U istom mesecu, najveća prosečna

relativna vlažnost vazduha zabeležena je na Iverku (77,9%), pri čemu su vrednosti optimalne u odnosu na višegodišnji prosek (79,1%), RHMZS (<http://www.hidmet.gov.rs/>), (1991-2020), Najmanja prosečna relativna vlažnost vazduha zabeležena na Zlatiboru i iznosila je (64,2%), što je mnogo niže u odnosu na višegodišnji prosek (81,5%). Prosečna relativna vlažnost vazduha na Ležimiru (73,2%), Povlenu (69,2%) i Kosmaju (66,2%) znatno malo odstupa od višegodišnjih prosaka (80,8%, 73,3% i 77,9%, respektivno).

U martu, najveća prosečna relativna vlažnost vazduha zabeležena je na Iverku (74,6%), što je optimalno u odnosu na višegodišnji prosek (72,1%). Takođe, tokom marta, najmanja prosečna relativna vlažnost vazduha zabeležena na Zlatiboru (66,4%), što je malo niže u odnosu na višegodišnji prosek (75,3%). Na ostalim lokalitetima prosečna relativna vlažnost vazduha na Ležimiru (73,1%), Povlenu (66,7%) i Kosmaju (66,5%) na nekim od lokaliteta skoro je ista, dok na ostalim znatno malo odstupa od višegodišnjeg prosaka (73,4%, 65,3% i 71,6%, respektivno).

Tokom aprila, najveća prosečna relativna vlažnost vazduha zabeležena je na Iverku (72,8%), što je optimalno u odnosu na obrađeni višegodišnji prosek (69,1%). Najmanja prosečna relativna vlažnost vazduha zabeležena na Kosmaju (67%), što je optimalno u odnosu na višegodišnji prosek (66,1%). Na lokalitetima, prosečna relativna vlažnost vazduha na Ležimiru (71%), Zlatiboru (67,6%) i Povlenu (67,2%) znatno malo odstupa od višegodišnjeg prosaka (70,0%; 70,6% i 69,0%, respektivno). Poređenjem porsečne relativne vlažnosti vazduha u periodu osmatranja na Iverku, Ležimiru, Kosmaju, Zlatiboru i Povlenu (72,9 %, 71,4 %, 67,1 %, 69,3 % i 70,6 %, respektivno) sa srednjim višegodišnjim za isti period (71,5 %, 74,1 %, 64,7 %, 71,0% i 72,2 %, respektivno) (RHMZS [https://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija\\_srednjaci.php](https://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_srednjaci.php)), može se konstatovati da su vrednosti bile slične. Generalno, varjabilnost je bila dosta niska.

#### **6.4.4. Intenzitet osvetljenja**

Na osnovu navedenih istraživanja koristeći metodu projekcije krune, gde je površina pokrivenog tla ekvivalent horizontalnoj projekciji krune vršnih stabala, određen je koeficient propusnosti svetlosti prikazan u Tabeli 25. Dobijeni različiti koeficijenti propusnosti svetlosti direktno su uslovljeni gustinom nadzemnog sklopa. Značajan broj staništa, 48,85%, je imao nepotpun sklop (0,5-0,6) u sastojini, 27,9% staništa je imalo potpun sklop sastojine (preko 0,7), dok je samo 23,25% staništa imalo loš sklop sastojine (ispod 0,5). Na osnovu ovih podataka se može konstatovati da je od ukupnog broja staništa 72,3% (31 lokalitet) imalo dobar intenzitet osvetljenosti. Prethodni podaci ukazuju da smanjenje intenziteta osvetljenosti nastaje sa porastom stepena sklopljenosti (Babić, 2014). Shodno tome, može se konstatovati, kao i u navodima Eggert-a (1992), da se populacije sremuša nalaze u fotofilnim šumskim sastojinama. Naime, u početnim fazama razvoja sremuša, kad je intenzitet dnevnog osvetljenja manji (II-III mesec), sremuš bolje apsorbuje sunčevo zračenje zbog nedostatka senke od krošnje listopadnog drveća. Sa formiranjem krošnje na listopadnom drveću, svetlost se delimično redukuje, a to utiče na adaptibilnost, opstanak i rast sremuša u šumskim sastojinama.

#### 6.4.5. Analiza klimatskih činilaca

U Tabeli 26. prikazane su vrednosti Langovog kišnog faktora (KF) za istraživane populacije sremuša. Prikazane KF vrednosti ukazuju da su populacije sremuša rasle u uslovima humidne klime, u KF intervalu od 49,35 u Zrenjaninu do 124,31 na Zlatiboru. Na osnovu klasifikacije klime prema mesečnom kišnom faktoru (Gračanin, 1950), na najvećem broju staništa u blizini Niša, Kragujevca, Valjeva, Kraljeva, Zlatibora i Sjenice preovlađuje perhumidna klima. Na lokalitetima u blizini Zrenjanina, Sremske Mitrovice i Beograda vlada semihumidna klima, dok u blizini Ćupije, Loznice i Požege preovlađuje humidna klima. Upotrebom meteoroloških podataka (Tabeli 24), za sve ispitivane lokalitete na kojima spontano raste sremuš, izračunate su vrednosti kišnog faktora za vegetacioni period populacija sremuša (KFm), (Tabela 26), a potom je određivana i pripadnost lokaliteta klimatskim tipovima.

Tabela 25. Analiza gustine sklopa metodom projekcije krune

Oznaka staništa	Gustina sklopa (0,1-1)	Oznaka staništa	Gustina sklopa (0,1-1)
L <sub>1</sub>	0,4 ± 0,07klm	L <sub>23</sub>	0,7 ± 0,05abcd
L <sub>2</sub>	0,8 ± 0,05a	L <sub>24</sub>	0,6 ± 0,04fghi
L <sub>3</sub>	0,6 ± 0,07fghi	L <sub>25</sub>	0,4 ± 0,07 ijk
L <sub>4</sub>	0,7 ± 0,04efgh	L <sub>26</sub>	0,7 ± 0,04bcde
L <sub>5</sub>	0,6 ± 0,05ghi	L <sub>27</sub>	0,5 ± 0,04hij
L <sub>6</sub>	0,5 ± 0,07ijk	L <sub>28</sub>	0,7 ± 0,04bcde
L <sub>7</sub>	0,3 ± 0,07mn	L <sub>29</sub>	0,6 ± 0,04fghi
L <sub>8</sub>	0,5 ± 0,08fghi	L <sub>30</sub>	0,7 ± 0,05defg
L <sub>9</sub>	0,5 ± 0,04hij	L <sub>31</sub>	0,5 ± 0,04hij
L <sub>10</sub>	0,5 ± 0,07ijk	L <sub>32</sub>	0,8 ± 0,05defg
L <sub>11</sub>	0,6 ± 0,04fghi	L <sub>33</sub>	0,6 ± 0,04fghi
L <sub>12</sub>	0,5 ± 0,04hij	L <sub>34</sub>	0,5 ± 0,05ghi
L <sub>13</sub>	0,8 ± 0,07ab	L <sub>35</sub>	0,7 ± 0,04bcde
L <sub>14</sub>	0,2 ± 0,07n	L <sub>36</sub>	0,4 ± 0,05n
L <sub>15</sub>	0,4 ± 0,04jkl	L <sub>37</sub>	0,8 ± 0,04bcde
L <sub>16</sub>	0,5 ± 0,07ijk	L <sub>38</sub>	0,6 ± 0,05defg
L <sub>17</sub>	0,5 ± 0,04fghi	L <sub>39</sub>	0,4 ± 0,04lmn
L <sub>18</sub>	0,3 ± 0,08mn	L <sub>40</sub>	0,4 ± 0,08lmn
L <sub>19</sub>	0,6 ± 0,05defg	L <sub>41</sub>	0,5 ± 0,05ghi
L <sub>20</sub>	0,6 ± 0,04abc	L <sub>42</sub>	0,4 ± 0,04lmn
L <sub>21</sub>	0,6 ± 0,08cdef	L <sub>43</sub>	0,6 ± 0,04efgh
L <sub>22</sub>	0,6 ± 0,08hij		

Na osnovu klasifikacije klime prikazane u Tabeli 27, može se konstatovati da su na proučavanim prirodnim staništima sremuša, tokom vegetacije 2021.godine, biljke bile dobro snabdeveni vodom, što je u saglasnosti sa podacima Kovacs (2007), u kojima se navodi da sremuš preferira vlažna staništa. Međutim, tokom marta na Zlatiboru i Povlenu su temperature bile u minusu a padavine su prema podacima isključivo snežne, te prema istraživanjima Oljača i sar. (2003), nema smisla izračunavati kišni faktor za te lokalitete.

Tabela 26. Godišnje vrednosti Langovog kišnog faktora (KF) i kišnog faktora za vegetacioni period populacija sremuša (KFm) na različitim staništima u Srbiji.

Staništa	Kišni faktor	
	Godišnji (KF)	Vegetacioni period (KFm)
Zrenjanin	49,35	5,10
Sremska Mitrovica	52,30	5,44
Loznica	72,14	7,92
Ćuprija	58,61	7,55
Beograd	52,95	5,59
Valjevo	66,85	16,17
Kragujevac	53,87	14,90
Niš	49,50	14,28
Kraljevo	63,20	16,33
Požega	74,16	9,18
Zlatibor	124,31	23,20
Rc Sjenica	110,64	22,65

Na osnovu rezultata dobijenih analizom podataka izračunatog Kernerovog koeficijenta (KK), prikazanih u Tabeli 28, primećene su velike nejednakosti na proučavanim staništa. Staništa u blizini Zlatibora i Sjenice odlikovali su se umereno kontinentalnom klimom, dok su lokaliteti u blizini Beograda i Zrenjanina pripadali litoralnoj klimatskoj oblasti. Ostali proučavani lokaliteti imali su blago kontinentalnu klimu.

Tabela 27. Klasifikacija klime na prirodnim staništima sremuša tokom vegetacionog perioda 2021 god., prema mesečnom kišnom faktoru (KFm)

Staništa	Klasifikacija klime					
	KFm – Februar		KFm – Mart		KFm – April	
Iverak	6,57	semihumidna	12,32	humidna	6,72	humidna
Ležimir	11,14	humidna	7,60	humidna	4,69	semiaridna
Kosmaj	7,19	humidna	14,61	perhumidna	6,83	humidna
Zlatibor	22,22	perhumidna			17,50	perhumidna
Povlen	10,50	humidna			10,59	humidna

Veći deo dobijenih rezultata u ovom istraživanju, u skladu je sa realnim dosadašnjim stanjem klimatskih zona na teritoriji Republike Srbije. Vrednosti KK u našoj zemlji su u intervalu od 6 do 12%, i prevlađuje planinska do litoralna klima. Nizijske delove zemlje karakteriše pretežno umereno kontinentalna klima a manjim delom pojačano kontinentalna klima (Kolić, 1988). Generalno, poređenjem izračunatog KK sa klimatskim zonama prikazanim u Tabeli 5, može se konstatovati da ispitivana prirodna staništa sremuša pripadaju odgovarajućim klimatskim zonama.

Tabela 28. Vrednosti Kernerovog termodromskog koeficijenta (KK) za lokalitete koji su u blizini prirodnih staništa sremuša.

Sinoptičke stanice u blizini staništa sremuša	Kernerov termodromski koeficijent, KK (%)
Zrenjanin	10,2
Sremska Mitrovica	9,3
Loznica	7,9
Ćuprija	8,1
Beograd	10,3
Valjevo	7,5
Kragujevac	7,2
Niš	6,7
Kraljevo	6,3
Požega	7,6
Zlatibor	4,3
Rc Sjenica	4,9

Prema Langovom kišnom faktoru, populacije sremuša u blizini Niša, Kragujevca, Valjeva, Kraljeva, Zlatibora i Sjenice rasle su u uslovima gde preovlađuje perhumidna klime, populacije u blizini Zrenjanina, Sremske Mitrovice i Beograda u uslovima semihumidne klime, a populacije u blizini Ćuprije, Loznicе i Požege u uslovima humidne klime. Tokom vegetacionog perioda (II–IV mesec), biljke sremuša su rasle u uslovima koje su prema Langovom i Kernerovom koeficientu u intervalu od semihumidne do perhumidne klime. Prema stepenu kontinentalnosti klime, populacije u blizini Zlatibora i Sjenice su rasle u uslovima umereno kontinentalne klime, populacije u blizini Beograda i Zrenjanina u uslovima litoralne, a preostale populacije u uslovima blago kontinentalne klime.

Tabela 29. Sinoptičke stanice sa nadmorskim visinama koje se nalaze u blizini prirodnih staništa sremuša.

Sinoptičke stanice		Prirodna staništa sremuša
Mesto	Nadmorska visina (m)	
Zrenjanin	80	L <sub>16</sub> ;
Sremska Mitrovica	82	L <sub>3</sub> ; L <sub>4</sub> ; L <sub>8</sub> ; L <sub>9</sub> ; L <sub>12</sub> ;
Loznica	121	L <sub>11</sub> ;
Ćuprija	123	L <sub>10</sub> ;
Beograd	132	L <sub>1</sub> ; L <sub>2</sub> ; L <sub>5</sub> ; L <sub>6</sub> ; L <sub>15</sub> ; L <sub>17</sub> ; L <sub>25</sub> ;
Valjevo	176	L <sub>7</sub> ; L <sub>13</sub> ; L <sub>14</sub> ; L <sub>24</sub> ; L <sub>30</sub> ; L <sub>36</sub> ; L <sub>43</sub> ;
Kragujevac	185	L <sub>20</sub> ; L <sub>23</sub> ; L <sub>27</sub> ; L <sub>28</sub> ; L <sub>31</sub> ; L <sub>35</sub> ; L <sub>42</sub> ;
Niš	202	L <sub>22</sub> ; L <sub>26</sub> ; L <sub>29</sub> ; L <sub>38</sub> ;
Kraljevo	215	L <sub>32</sub> ; L <sub>34</sub> ; L <sub>37</sub> ;
Požega	310	L <sub>18</sub> ; L <sub>19</sub> ; L <sub>21</sub> ;
Zlatibor	1028	L <sub>39</sub> ; L <sub>40</sub> ; L <sub>41</sub> ;
Rc Sjenica	1038	L <sub>33</sub> ;

## **6.5. Karakteristike sremuša na prirodnim staništima**

### **6.5.1. Morfološke analize biljnog materijala**

Opšte je poznato da se prilikom morfološke analize biljnog materijala upotrebljavaju molekularni markeri koji zadovoljavaju potrebe determinacije intra i intersepcijskog varjabiliteta populacija. Pristalice ovakvog načina rada obično smatraju da se upotrebotom kratkih DNK segmenata mogu dijagnostikovati taksoni a ujedno povećati brzina, objektivnost i efikasnost identifikacije vrsta. Suprotno tome, protivnici navedenog načina rada, ukazuju da je oslanjanje na DNK sekvenciranje nedovoljno za dijagnostikovanje vrsta jer se često genetička diferencijacija ne poklapa sa graničnim vrstama (Meyer i Paulay, 2005). Uglavnom, upotreba DNK sekvenciranja pokazala se izrazito korisnom kod podvrsta koje su morfološki vrlo slične ili kod taksona kod kojih diferencijalna morfološka variranja nisu jasno izražena (Hajibabei et al., 2006). Osnovni strateški princip za sticanje informacija i saznanja u taksonomiji je varijanta primene klasičnih (morfološka merenja) i modernih (DNK sekvenciranje) tehnika (Brehm et al., 2008; Perović, 2014).

Osim navedenih, postoji i niz drugih razloga, zbog kojih ekspresija fenotipa ne mora biti uslovljena performansama genotipa, što nam ukazuje da klasična ili kvantitativna tehnika može biti relevantiji pokazatelj. Kvantitativne odlike populacije (npr. visina, težina, maseni odnos nadzemnog i podzemnog dela itd.), kontrolisane su preko više genetičkih lokusa, pri čemu ih genetički markeri ne mogu jasno definisati. Naime, oni kodiraju samo jedan lokus i preciznije determinišu genetsku raznovrstnost nego navedene kvantitativne odlike. Prema tome, uticaj kvantitativnih osobina na fenotip ostaje nepoznat pri čemu se umanjuje značaj primene genetičkih markera. S tim u vezi, genetički markeri su pogodni za proučavanje efekta genetičkog drifta, migracije gena u vremenskim i prostornim okvirima ili za ispitivanje načina hibridizacije (White et al. 2018).

Postojanje biljne vrste u različitim uslovima spoljne sredine, menja morfološke parametre koji često variraju u određenoj meri. U tom slučaju, listovi, predstavljaju najizraženiji organ na kojima se najviše manifestuju uticaji spoljašnje sredine, više nego na bilo kom drugom biljnom organu (Knight et al., 2003; Bjedov, 2012). Navedenu konstataciju potvrđuje istraživanje Membrives et al. (2003), koje ukazuje da biljne vrste koje rastu u područjima sa većom količinom padavina imaju duže listove, što takođe potvrđuje istraživanje Bjedov (2012), sa prostora R. Srbije za populacije *Vaccinium myrtillus* L. Drugi autori (Cordell et al., 1998; Kao, 2001), ističu korelativni odnos između morfoloških parametara (površine lista) i nadmorske visine, tj. da povećanjem nadmorske visine opada vrednost površine lista, što je uslovljeno snižavanjem srednje temperature vazduha. Osim toga, površina lista može zavisiti i od stepena osvetljenosti. Tačnije, ako su listovi u senci dolazi do povećanja njihove površine, kao „kompenzirajući mehanizam“ usled pojave sniženja intenzivnosti fotosinteze (Perović, 2014). Površina zasenjenih listova, veća je nego kod nezasenjenih, a list sremuša izložen je manjem nivou osvetljenosti od onog u ređem sklopu nadzemne sastojine, a to je povezano sa odsustvom konkurenkcije koje mu omogućava bolje snabdevanje hranjivim materijama (Heinrichs et al., 2018).

Morfološke razlike između populacija sremuša su bile više uslovljene fenotipskim nego genetskim razlikama. Ovu konstataciju potvrđuju rezultati Brian et al. (2006), koji su istraživanjem morfoloških i genetičkih varijabilnosti raka krabe (*Carcinus maenas* Lin.) dobili mali stepen korelacije između morfoloških i molekularnih markera. Samo 20% morfološke varijabilnosti bilo je povezano sa genetičkim varijabilitetom, što ukazuje da je ekspresija fenotipa u velikoj meri uslovljena uslovima staništa (Perović, 2014). Prema Schlichting (1986), fenotipska ekspresija gena uslovljena je stanišnim faktorima jer im je evolutivna strategija omogućila da svoju morfologiju i fiziologiju prilagođavaju lokalnim stanišnim uslovima u toku svog životnog ciklusa.

Prema ranijem istraživanju Rola (2012), o genetičkoj i taksonomskoj uniformnosti sremuša sa prostora R. Srbije, odrađena je njegova morfološka analiza uz korišćenje klasičnih (mernih) tehnika. Poseban problem u ovom istraživanju jedino može predstavljati nedostatak informacija o starosti ispitivanih populacija na prirodnim staništima. Starost populacija se može proceniti na osnovu dubine rizosfere korena u populaciji, odnosno, da je dubina korena u direktnoj korelaciji sa starošću populacije, odrađeno je merenje dubine rizosfere svih ispitivanih populacija. Korenovi proučavanih populacija sremuša nalazili su se na sličnim dubinama (6-8 cm), pri čemu nije sprovedena aproksimacija merene morfologije (Діденко, 2009).

Važno je naglasiti da se veličina listova unutar jedne populacije može znatno razlikovati; jedinke stare preko 3 godine obično su veće nego jednogodišnje ili dvogodišnje (Obony et al., 2011). Imajući u vidu randomiziran način uzorkovanja i da se radi o višegodišnjoj biljnoj vrsti, prema Todorović et al. (2023), to ne bi trebalo mnogo da utiče na njihov kvantitet, pri čemu se faktori životne sredine ističu kao najodgovorniji za varijabilnost morfoloških karakteristika. Prema Chen et al. (1991), ključni parametar za sagledanje strukture vegetacije u različitim oblastima poljoprivrede, šumarstva i ekologije je LAI (indeks lisne površine). On predstavlja kritičnu strukturnu varijablu vegetacije i od suštinskog je značaja dobijanje povratne informacije o uticaju klimatskog sistema na vegetaciju (Yan et al., 2019). Najčešće se određuje deljenjem ukupne lisne površine svih biljaka koje se nalaze na određenoj površini, sa tom površinom (Oljača i sar., 2003), što je sprovedeno na svim staništima u ovom istraživanju. Dobijeni rezultati o morfološkim parametrima i indeksu lisne površine populacija na ispitivanim staništima prikazani su u Tabelama 30 i 31. Rezultati ukazuju na značajne varijacije u morfološkim parametarima između ispitivanih populacija sremuša. Masa sveže biljke (g/biljci), visina cele biljke (cm), visina nadzemnog dela biljke (cm), prečnik lukovice (mm), broj listova po biljci, masa listova po biljci (g), prosečna dužina listova po biljci (cm) i prosečna širina listova po biljci (cm), bili su u intervalima 0,9-8,32 g/biljci, 17,77-33,11 cm, 10,45-22,76 cm, 3,1-9,28 cm, 1,0-2,07 kom, 0,35-3,81 cm, 8,2-17,02 cm i 2,08-5,02 cm, respektivno. Sličan interval za iste morfološke paremetre (1,10-11,97 g/biljci, 20,62-42,70 cm, 11,63-25,07 cm, 0,9-7,72 mm, 1,03-2,07 kom, 0,31-4,93 cm, 8,53-16,19 cm i 2,91-6,05 cm, respektivno) dobijen je kod Gordanića et al. (2021), dok su u istraživanju Todorovića et al. (2009) izmerene nešto veće vrednosti za prosečnu težinu (12,5g), dužinu (12,6 cm) i širinu (0,36 cm) lista. Veliki varijabilitet u morfološkim parametrima (dužina 7-35,3 cm i širina lista 2,2-6,6 cm) Blazewicz-Wozniak et al. (2011) objašnjavaju uticajem ekoloških faktora. Uzimajući u obzir različite ekološke odlike u kojima rastu populacije, postoji verovatnoća da se produkovani asimilati zbog ispoljavanja dejstva različitih faktora nisu istovremeno translocirali iz lukovice u list. Procentualni težinski odnos između lukovice i lista znatno je veći u korist lukovice i prilično je promenljiv za oba parametra (od 7,1 do 65,5%).

Imajući u vidu način konzumiranja sremuša, od velikog je značaja poznavanje morfologije lista. Sam način kvantifikacije biljne droge pri ubiranju i manipulaciji, kao i drugim načinima dorade (sušenju, pakovanju, transportu, skladištenju, itd.), direktno zavise od prinosa sremuša na lokalitetima. Prinosa lista kod ispitivanih populacija (Slika 15) utvrđen je pomoću prosečnog broja listova po kvadratnom metru (Tabela 31) i prosečne mase lista (Tabela 30). U cilju detaljnijeg prikaza uticaja pojedinih morfoloških parametara na prinos, u Tabeli 32 je prikazan njihov korelativni odnos.

Uočene su značajne pozitivne linearne korelacije između svih morfoloških parametara ( $P \leq 0,05$ ), pri čemu su najjače veze ostvarene između mase biljke i mase listova ( $R=0,924$ ), mase listova i prinosa lista/ $m^2$  ( $R=0,916$ ), mase cele biljke i prinosa lista/ $m^2$  ( $R=0,878$ ), dužine biljke i visine nadzemnog dela ( $R=0,854$ ), površine lista i dužine lista ( $R=0,755$ ) i površine lista i širine lista ( $R=0,830$ ). Međutim, površina lista imala je nešto slabije pozitivne linearne korelacije sa svim ostalim morfološkim parametrima što upućuje na dominantniji uticaj spoljašnjih ili ekoloških faktora. Shodno činjenici da

sremuš raste u senci, da bi se detaljnije ispitao međusobni odnos lisnih parametara i nadzemne gustine sklopa, u Tabeli 32 je prikazana korelaciona matrica LAI parametara.

Tabela 32. Korelativni odnos merenih morfoloških parametara kod biljaka sremuša.

	Masa cele biljke (g)	Visina cele biljke (cm)	Visina nadzemnog dela biljke (cm)	Prečnik lukovice (mm)	Broj listova	Masa listova (g)	Dužina listova (cm)	Širina listova (cm)	Površina lista	Prinos lista/m <sup>2</sup>
Masa cele biljke (g)	1									
Visina cele biljke (cm)	0,689 <sup>c</sup>	1								
Visina nadzemnog dela biljke (cm)	0,601 <sup>c</sup>	0,854 <sup>b</sup>	1							
Prečnik lukovice (mm)	0,709 <sup>c</sup>	0,260 <sup>c</sup>	0,127 <sup>c</sup>	1						
Broj listova	0,431 <sup>c</sup>	0,333 <sup>c</sup>	0,574 <sup>c</sup>	0,066 <sup>c</sup>	1					
Masa listova (g)	0,924 <sup>a</sup>	0,700 <sup>c</sup>	0,745 <sup>c</sup>	0,558 <sup>c</sup>	0,648 <sup>c</sup>	1				
Dužina listova (cm)	0,484 <sup>c</sup>	0,757 <sup>b</sup>	0,680 <sup>c</sup>	0,311 <sup>c</sup>	0,158 <sup>c</sup>	0,509 <sup>c</sup>	1			
Širina listova (cm)	0,679 <sup>c</sup>	0,685 <sup>c</sup>	0,508 <sup>c</sup>	0,436 <sup>c</sup>	0,151 <sup>c</sup>	0,624 <sup>c</sup>	0,662 <sup>c</sup>	1		
Površina lista	0,613 <sup>c</sup>	0,684 <sup>c</sup>	0,625 <sup>c</sup>	0,443 <sup>c</sup>	0,184 <sup>c</sup>	0,643 <sup>c</sup>	0,755 <sup>b</sup>	0,830 <sup>a</sup>	1	
Prinos lista/m <sup>2</sup>	0,878 <sup>b</sup>	0,598 <sup>c</sup>	0,650 <sup>c</sup>	0,569 <sup>c</sup>	0,631 <sup>c</sup>	0,916 <sup>a</sup>	0,404 <sup>c</sup>	0,528 <sup>c</sup>	0,564 <sup>c</sup>	1

\*a: 0,901-1000; b: 0,751-0,900; c: ≤0,750

Tabela 30. Morfološki parametri ispitivanih populacija sremuša

Stanište	Morfološki parametri									Lukovica/lost (%)
	Masa sveže biljke (g/biljci)	Visina cele biljke (cm)	Visina nadzemnog dela biljke (cm)	Prečnik lukovice po biljci (mm)	Broj listova po biljci	Masa listova po biljci (g/biljci)	Prosečna dužina listova po biljci (cm)	Prosečna širina listova po biljci (cm)	Lukovica/lost (%)	
L <sub>1</sub>	8,32±2,64a	32,90±4,77a	22,57±3,77a	6,82±1,46d	2,07±0,36a	3,81±1,70a	12,29±1,45 bcdef	3,76±0,54 ghijkl	15,5	
L <sub>2</sub>	2,27±0,68mnopqr	21,37±2,03mno	15,19±1,08ghijk	4,82±0,94nopqr	1,43±0,50 def	0,82±0,27pqrstuv	10,75±1,17fghij	3,07±0,53pqrs	43,4	
L <sub>3</sub>	1,88±0,81pqrs	21,44±2,09mno	14,35±1,98 hijk	5,25±1,12 lmnop	1,13±0,34 ghij	0,85±0,44pqrstu	11,18±0,99 bcdefghij	3,26±0,64mnopqr	17,5	
L <sub>4</sub>	2,30±0,71mnopqr	22,01±3,09lmn	14,61±2,47hijk	4,58±1,13 pqrs	1,70±0,46b	1,06±0,45	10,36±1,31ghij	3,22±0,53nopqr	14,5	
L <sub>5</sub>	3,19±1,31ghijkl	22,33±3,58lm	15,69±2,03fgih	5,60±1,25 ghijklm	1,43±0,50 def	1,23±0,54klmno	12,11±1,47 bcdefgh	3,08±0,58opqrs	37,2	
L <sub>6</sub>	2,22±0,76mnopqr	19,64±3,59nopq	13,36±2,42k	5,80±0,97ghijkl	1,27±0,44 efghi	0,69±0,28rstuvwxyz	10,12±1,42ij	3,02±0,47qrs	54,9	
L <sub>7</sub>	2,12±0,86nopqr	26,19±4,33hij	17,17±3,51bcdef	5,60±1,16 ghijklm	1,03±0,18ij	0,85±0,35opqrstu	11,10±1,27 cdefghij	3,23±0,61mnopqr	33,1	
L <sub>8</sub>	2,03±0,72opqr	21,75±3,22mno	14,79±2,38 hijk	6,23±1,08defgh	1,53±0,50bcd	0,97±0,35mnopqrs	10,90±1,16 efgij	3,08±0,47opqrs	8,5	
L <sub>9</sub>	3,58±0,77fghij	32,53±1,98a	22,17±1,97a	6,23±0,90defgh	1,30±0,45 efghi	1,71±0,49ghi	17,02±0,94a	3,42±0,48 klmnopq	8,6	
L <sub>10</sub>	2,34±0,61lmnopqr	23,91±2,48kl	16,40±2,73cdefgh	4,53±0,81qrs	1,53±0,50bcd	1,03±0,37 lmnopqr	11,55±1,17 bcdefghij	3,06±0,65pqrs	21,4	
L <sub>11</sub>	1,59±0,69qrst	20,16±2,83mno	13,49±1,77jk	5,12±1,06 lmnopq	1,07±0,25hij	0,68±0,26stuvwxyz	11,23±0,88 bcdefghij	3,60±0,67 hijklm	25,3	
L <sub>12</sub>	1,50±0,55rst	20,54±3,96mnop	14,26±2,52 hijk	5,53±0,94hijklm	1,00±0,00 j	0,72±0,25qrstuv	10,99±1,39 defghij	3,54±0,59 ijklmno	7,7	
L <sub>13</sub>	2,41±0,73klmno pq	21,45±2,45mno	14,31±2,27 hijk	5,17±0,93 lmnopq	1,60±0,49bc	1,07±0,33 klmnopq	10,77±0,84fghij	3,50±0,62 jklmnpop	20,1	
L <sub>14</sub>	3,25±1,16fghijk	27,14±4,57defghi	18,20±2,83bcd	5,20±1,14 lmnopq	1,63±0,48bc	1,44±0,67hijk	11,83±1,31 bcdefghi	3,60±0,64 hijklm	20,4	
L <sub>15</sub>	0,90±0,32t	17,77±2,41r	10,45±1,78l	3,82±0,85t	1,00±0,00 j	0,35±0,13w	8,20±1,64k	2,08±0,42t	36,4	
L <sub>16</sub>	4,08±2,06ef	26,79±1,8efghij	18,12±3,16bcde	5,65±1,17ghijklm	1,40±0,54 defg	1,91±1,11fg	11,79±1,18 bcdefghi	3,98±0,89defghi	12,0	
L <sub>17</sub>	1,68±0,44rstu	18,72±2,26opq	14,30±14,41 hijk	5,56±1,24 ghijklm	1,07±0,25hij	0,55±0,13uvwxyz	9,80±1,47j	2,69±0,45x	51,3	
L <sub>18</sub>	3,39±1,51fghij	33,11±3,52a	22,76±2,39a	3,10±0,99u	1,43±0,50 def	1,26±0,61jklmn	12,12±1,35 bcdefgh	3,46±0,63 jklmnpopq	40,8	
L <sub>19</sub>	5,42±1,95d	27,77±3,91 cdefgh	19,20±2,85b	6,77±1,28d	2,07±0,51a	2,61±1,01bc	12,44±1,17 bcdef	3,90±0,74fghij	7,1	
L <sub>20</sub>	7,08±2,23b	32,64±2,85a	22,17±2,18a	5,25±1,17lmnop	1,73±0,44b	2,86±0,88b	13,05±1,40bc	5,02±0,88a	32,2	
L <sub>21</sub>	2,80±1,34jklmno	24,98±5,53jk	17,57±4,02bcde	4,70±1,66opqrs	1,33±0,47 efgh	1,08±0,60 klmnopq	11,62±1,02 bcdefghij	3,54±0,80 ijklnmo	37,2	
L <sub>22</sub>	2,81±0,56jklmno	25,23±2,06ijk	14,35±2,38 hijk	6,05±0,94efghi	1,00±0,00 j	0,99±0,24lmno pqr	11,81±0,96 bcdefghi	3,69±0,76 fghijklm	45,6	

L <sub>23</sub>	4,01±1,29efg	28,93±±,80bcde	18,47±2,91bc	6,02±1,14fghij 4,80±0,68 nopqr	1,53±0,50bcd	1,73±0,70fgih	12,37±1,33 bcdef	4,12±0,78defg	24,1
L <sub>24</sub>	2,93±0,85ijklmn	28,70±3,06bcdef	18,05±2,06bcde		1,23±0,42efghij	1,28±0,44jklm	12,85±1,14bcde	3,86±0,55fghijkl	22,4
L <sub>25</sub>	2,35±0,83lmnop qr	21,44±2,43mno	14,54±2,34 hijk	6,22±1,01defgh	1,00±0,00 j	0,88±0,35nopqr stu	10,91±0,90 defghij	3,25±0,46mnopqr	40,1
L <sub>26</sub>	2,81±0,98jklmno	26,44±3,84fghij	15,81±3,09fgih	4,93±0,98 mnopq	1,03±0,18ij	1,02±0,51 lmnopqr	12,56±1,47bcdef	4,64±0,72abc	43,0
L <sub>27</sub>	2,13±1,06nopqr	26,19±4,12hij	14,57±2,88 hijk	4,18±1,00rst	1,17±0,37fghij	0,83±0,50 pqrsuv	11,62±1,53 bcdefghij	3,40±1,06lmnopq	36,2
L <sub>28</sub>	2,73±0,97jklmno pp	20,74±2,85mno	14,01±1,94ijk	5,47±0,77ijklm n	1,10±0,30 ghij	0,89±0,43 nopqrstuvwxyz	12,09±1,32 bcdefgh	3,86±1,01 fghijkl	51,6
L <sub>29</sub>	3,03±1,12hijklm	28,50±3,18bcdefg	16,03±2,14efghi	4,78±1,23 nopqr	1,20±0,40 efghij	1,19±0,55 klmnop	12,09±1,52 bcdefgh	4,41±1,05bcd	35,3
L <sub>30</sub>	3,70±1,03efghi	30,58±4,81b	17,01±1,87cdefg	6,17±0,82defgh i	1,43±0,50def	1,32±0,43jklm	12,79±1,59 bcde	4,32±1,16cdef	44,5
L <sub>31</sub>	6,33±2,33c	29,33±3,87bc	17,27±3,54bcdef	7,47±1,91c	1,30±0,46 efghi	2,26±0,99de	12,88±1,03bcd	4,36±0,92bcde	44,5
L <sub>32</sub>	1,69±0,78rstu	18,27±2,44pq	10,68±1,70l	5,33±0,95jklmn o	1,03±0,18ij	0,48±0,21vw	10,30±1,06hij	3,13±0,63opqrss	60,3
L <sub>33</sub>	1,13±0,54st	18,18±2,62pq	10,82±1,82l	4,05±0,99 st	1,10±0,30 ghij	0,35±0,22w	9,98±1,47ij	2,92±0,65rs	55,1
L <sub>34</sub>	3,83±1,64efgh	28,50±4,66bcdefg	16,85±2,78cdefg	5,30±0,93jklmn o	1,13±0,34ghij	1,36±0,65ijkl	12,49±1,16 bcdef	4,14±0,99defg	44,9
L <sub>35</sub>	8,03±3,77a	25,23±3,94ijk	13,97±2,07ijk	9,28±1,99a	1,17±0,37fghij	2,06±0,94ef	11,26±1,03 bcdefghij	4,02±0,80defgh	65,5
L <sub>36</sub>	7,05±2,79b	27,97±3,85 cdefgh	17,35±3,73bcde	8,68±1,65b	1,20±0,40 efghij	2,52±1,02 cd	13,01±1,14bc	4,77±0,94ab	44,4
L <sub>37</sub>	3,51±0,97fghij	27,47±3,90 cdefgh	16,18±1,80defgh	6,00±0,92fghijk	1,23±0,42 efghij	1,19±0,39jklmn op	12,49±1,44 bcdef	3,88±0,80fghijk	48,7
L <sub>38</sub>	4,42±1,00e	28,71±3,60bcdef	15,70±2,89fghi	6,69±1,31de	1,29±0,42efghi	1,26±0,40jklmn	12,72±1,21bcde	3,90±0,72efghij	60,1
L <sub>39</sub>	1,98±0,80opqr	26,76±5,03fghij	14,43±2,22 hijk	4,97±0,94 mnopq	1,00±0,00j	0,61±0,28uvwxyz	11,78±1,25 bcdefghi	3,19±0,66nopqr	55,5
L <sub>40</sub>	4,43±1,10e	29,00±3,37bcd	15,56±1,38fghij	6,72±1,37de	1,07±0,25hij	1,25±0,37jklmn	12,75±1,27 bcde	3,92±0,74efghij	60,7
L <sub>41</sub>	4,10±1,04ef	28,72±3,61bcdef	17,95±2,77bcde	5,62±0,84 ghijklm	1,30±0,46efghi	1,62±0,43ghij	16,01±1,71a	4,69±1,05abc	34,7
L <sub>42</sub>	3,42±1,13fghij	25,04±3,80ijk	15,74±2,79fghi	6,27±1,08defg	1,33±0,47efgh	1,37±0,51ijkl	12,10±1,04 bcdefgh	3,86±0,75 fghijkl	33,2
L <sub>43</sub>	5,72±1,82cd	32,87±2,69a	17,50±2,44bcde	6,65±1,05def	1,03±0,18ij	1,68±0,66ghi	13,13±1,11b	4,28±0,85cdef	58,4

Prema korelacionoj matrici za odnos parametara koji definišu LAI i nadzemne gustine sklopa za nekoliko parametara, kao što je broj biljaka po m<sup>2</sup>-broj listova po m<sup>2</sup> i broj listova po m<sup>2</sup> i površina lista po m<sup>2</sup>, uočene su visoko pozitivne korelacije ( $p<0,05$ ). Nešto niža korelacija uočena je između površine listova cm<sup>2</sup> i broja biljaka po m<sup>2</sup> (Tabela 33).

Tabela 33. Korelaciona matrica lisnih parametara i gustine sklopa

	Broj biljaka po m <sup>2</sup>	Broj listova po m <sup>2</sup>	Prosečna površina lista (cm <sup>2</sup> )	Površina lista po m <sup>2</sup>	Gustina sklopa
Broj biljaka po m <sup>2</sup>	1				
Broj listova po m <sup>2</sup>	0,70 <sup>b</sup>	1			
Prosečna površina lista (cm <sup>2</sup> )	-0,25 <sup>c</sup>	-0,12 <sup>c</sup>	1		
Površina lista po m <sup>2</sup>	0,39 <sup>c</sup>	0,65 <sup>c</sup>	0,19 <sup>c</sup>	1	
Gustina sklopa	-0,07 <sup>c</sup>	-0,01 <sup>c</sup>	-0,13 <sup>c</sup>	0,17 <sup>c</sup>	1

\*a: 0,901-1000; b: 0,751-0,900; c:  $\leq 0,750$

Za gustinu sklopa nadzemne vegetacije, odnosno intenzitet osvetljenosti u ovom slučaju nije postojala jaka korelacija sa drugim ispitivanim parametrima, što je delimično u saglasnosti sa istraživanjem Heinrichs et al. (2018), koja navode da osvetljenje najveći uticaj ima na trajanje fenofaza, što je verovatno uticalo i na vreme uzorkovanja biljnog materijala tokom ovog istraživanja. Istraživanje Wu et al. (2018), sprovedeno na drugoj biljnoj vrsti, pokazalo je kako se odsustvom svetlosti menja morfo-anatomija lista; listovi su pokazali nižu neto brzinu fotosinteze, imali su manju stomatnu provodljivost i brzinu transpiracije ali i veću stopu ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>) u međućelijskom prostoru od biljaka koje se uzbudjavaju na punoj sunčevoj svetlosti, što nije bio slučaj u ovom istraživanju. Rezultati korelativnog odnosa impliciraju da broj biljaka po m<sup>2</sup> najviše može uticati na broj listova i njihovu površinu, što je u prethodnom istraživanju na drugim biljnim vrstama delimično i dokazano (Moravčević et al., 2011).

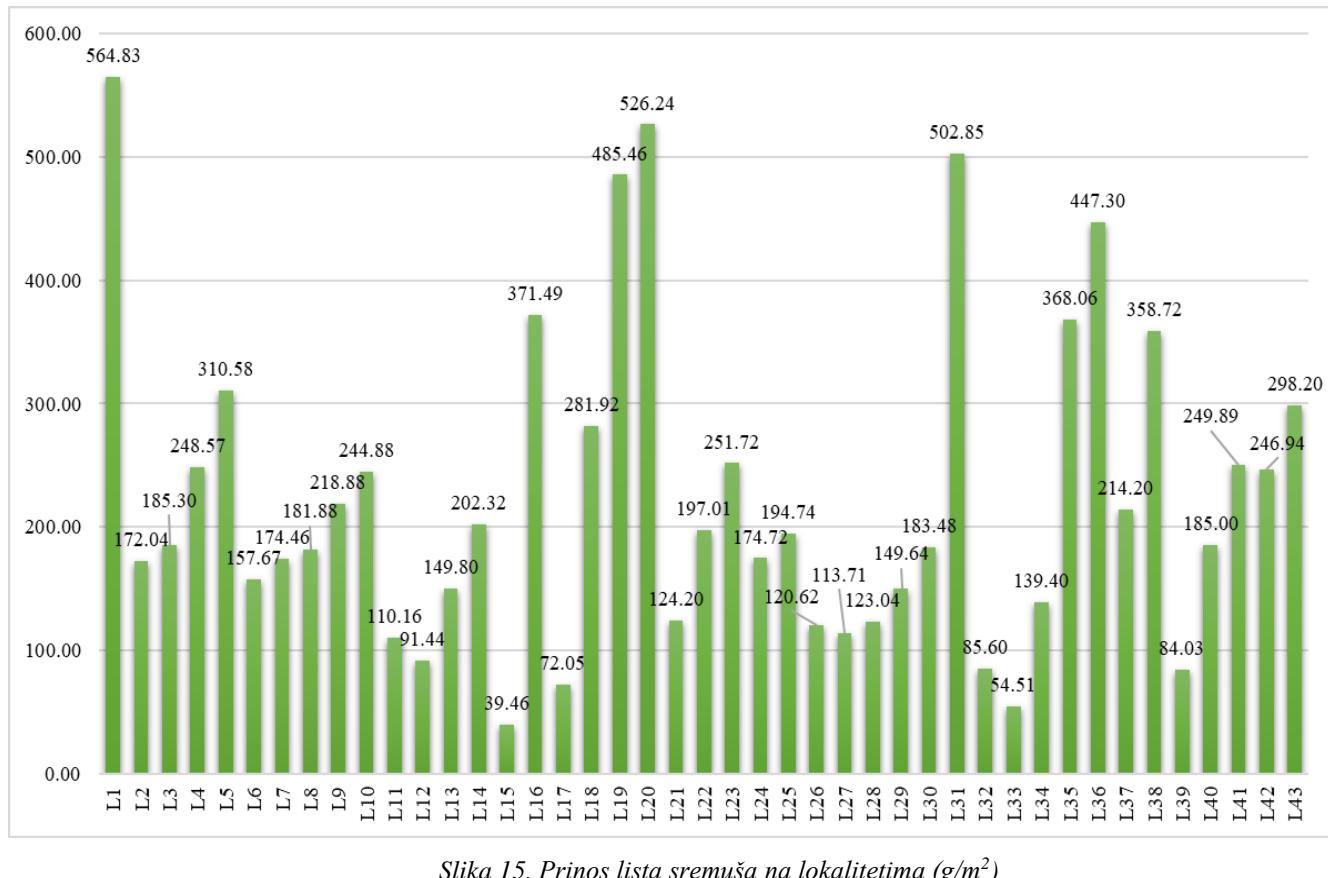
Radi jasnije informacije o uzroku morfološkog varijabiliteta održana je korelativna analiza morfoloških i klimatskih parametara Tabela 34.

Tabela 34. Korelaciona matrica morfoloških i klimatskih parametara sa 5 lokaliteta sremuša.

	Masa cele biljke (g)	Visina cele biljke (cm)	Visina nadzemnog dela biljke (cm)	Prečnik lukovice (mm)	Broj listova	Masa listova (g)	Dužina listova (cm)	Širina listova (cm)	Površina lista
P	-	-0,322 <sup>c</sup> 0,335 <sup>c</sup>	0,271 <sup>c</sup>	0,092 <sup>c</sup>	0,612 <sup>c</sup>	0,086 <sup>c</sup>	0,292 <sup>c</sup>	-	0,738 <sup>c</sup> 0,306 <sup>c</sup>
T	0,055 <sup>c</sup>	0,146 <sup>c</sup>	0,221 <sup>c</sup>	-0,239 <sup>c</sup>	0,482 <sup>c</sup>	0,194 <sup>c</sup>	0,347 <sup>c</sup>	0,392 <sup>c</sup>	0,820 <sup>b</sup>
RVV	1,000 <sup>a</sup>	0,820 <sup>b</sup>	0,576 <sup>c</sup>	0,819 <sup>b</sup>	0,165 <sup>c</sup>	0,874 <sup>b</sup>	0,468 <sup>c</sup>	0,818 <sup>b</sup>	-0,022

\*a: 0,901-1000; b: 0,751-0,900; c:  $\leq 0,750$ ; P: padavine; T: temperature; RVV: relativna vlažnost vazduha;

Prema korelacionom matrici o odnosu morfoloških i klimatskih parametara ispitanih na pet prirodnih staništa sremuša (Ležimir, Iverak, Kosmaj, Zlatibor i Povlen) uočene su značajne pozitivne linearne korelacije između mase cele biljke ( $R=1,000$ ), visine cele biljke ( $R=0,820$ ), prečnika lukovice ( $R=0,819$ ), mase listova ( $R=0,874$ ) i širine listova ( $R=0,818$ ) sa relativnom vlažnošću vazduha. Takođe zapažena je jača korelacija između površine lista i temperature ( $R=0,820$ ), što implicira da je osim vlažnosti vazduha, temperatura bila glavni klimatološki parametar koji je uticao na prinos sremuša (Slika 15).



Slika 15. Prinos lista sremuša na lokalitetima ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

Prinos svežeg lista sremuša bio je u širokom intervalu od 39,46 do 564,83  $\text{g}/\text{m}^2$ . Slično je bilo i u istraživanju Todorovića et al. (2023), gde morfološki parametri direktno utiču na prinos sremuša na staništima. Poređenjem prosečnog prinosa ( $211,63 \text{ g}/\text{m}^2$ ) populacija koje rastu na nižim nadmorskim visinama (0-500 m n.m.v), sa prinosom populacija ( $239,47 \text{ g}/\text{m}^2$ ) koje rastu na višim nadmorskim visinama, uočava se dominacija kod populacija sa većih nadmorskih visina što se povezuje sa temperaturama na datim lokalitetima (Tabele 23 i 24).

S obzirom na dosadašnju literaturu, odnosno da ranije nisu razjašnjena morfološka variranja na lokalitetima, novije istraživanje Gordanić et al. (2022), ističe uticaj tipa zemljišta kao dominantog faktora na ispoljavanje varjabilnosti. Zbog različitog vodnog kapaciteta, zemljišta ispoljavaju uticaj na neke morfo-fiziološke odlike, prvenstveno na broj stoma, a samim tim i na druge merene parametre. Uglavnom, sremuš uzgajan na zemljištima težeg mehaničkog sastava (černozem i kambisol) imao je poželjnije morfološke parametre. Shodno tome, može se pretpostaviti da tip zemljišta ima ključnu ulogu u ispoljavanju varijabilnosti morfoloških parametara kod sremuša.

Dobijeni rezultati kao odnosi disperzije/varijacije i korelacije sugeriju da se većina ispitivanih

morfoloških osobina može koristiti za dalju selekciju ove vrste kao i introdukciju odnosno unapređenje njenog gajenja. Uočene varijacije se verovatno pripisuju uticaju faktora životne sredine (Todorović et al., 2023), što je odraz prilagođavanja sremuša različitim ekološkim uslovima koji ispoljavaju velike fenotipske razlike, a koje treba iskoristiti.

### **6.5.2. Sadržaja biogenih (BE) i potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u sremušu**

Biogeni mineralni elementi od velikog su značaja za normalno funkcionisanje pojedinih sistema ćelije, tkiva, organa i biljnog organizma u celini. Neki od njih su konstituenti mnogobrojnih organskih jedinjenja, a neki predstavljaju funkcionalne faktore hemijskih reakcija i važne činioce u održavanju integriteta ćelija i njenih delova. Iako je njihova prosečna zastupljenost u biljci svega 5% oni predstavljaju esencijalne komponente ćelije čija biohemijska i fiziološka uloga ne zavisi od njihove koncentracije (Džamić i sar., 2007). Mineralne elemente biljka usvaja iz zemljišta preko korena ili čak putem lista za razliku od organskih jedinjenja koja sintetiše tokom forosinteze pomoću njih (Stikić i sar., 2015).

Zastupljenost navedenih elemenata u biljci uglavnom je različita i zavisi od mnogobrojnih činilaca, poput biljne vrste, biljnog organa, sorte, fizičko-hemijskih osobina zemljišta, meteoroloških činilaca, opšteg metaboličkog i fiziološkog stanja pojedinih delova biljke i organa kao i određenih antropogenih činilaca (aerozagađenje, nepravilno đubrenje, industrija, saobraćaj i sl.). (Kovačević, 2003).

Pored biogenih elemenata koji imaju esencijalnu ulogu u životu biljaka, u analizama biljnog materijala prate se i potencijalno toksični: As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, V i Al, koji mogu da imaju štetne efekte na biljke ili konzumante biljnih proizvoda čak i u niskim koncentracijama (Kovačević, 2003). Toksični elementi preko biljaka ulaze u lanac ishrane i mogu da predstavljaju zdravstveni rizik (Shen et al. 2020). Uzimajući u obzir navedeno, veoma je važno poznavanje zastupljenosti biogenih (BE) i potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u jestivim, biljnim organima sremuša (list, lukovica).

U ovom istraživanju (Tabela 11), detektovano je i kvantifikovano dvadeset pet BE i PTE elementa u svežim uzorcima sremuša: K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Ni, Na, Se, Co, As, Cd, Cr, Cr<sup>6+</sup>, Hg, Pb, Al, V, Sn, Sb, Tl, As. Dobijeni rezultati za detektovane elemente (K, Ca, Fe, Mg, Mn, Zn, Cu, B, Ni, Na, Al, Co, Pb, Cr, As), zajedno sa parametrima deskriptivne statistike (srednja vrednost, standardna devijacija), prikazani su u tabelarno (Tabela 35, 36, 37, 38 i 39) dok je njihov prosečni procentualni udeo prikazan grafički (Slika 16 i 17).

#### **6.5.2.1. Kalijum (K)**

Od analiziranih BE i PTE detektovana je najviša koncentracija kalijuma u svežim biljnim delovima sremuša na istraživanim staništima. Sadržaj kalijuma u lukovici bio je od 1544 do 3782 mg/kg, a u listu od 1695 do 5842 mg/kg, (Tabela 35), što je delimično slično istraživanjima Vučića i sar. (2018), koji je ispitivao sadržaj kalijuma u svim svežim delovima sremuša (4719,59-4803,48 mg/kg). U sličnoj studiji, Piatkowska et al. (2015), pri analizi suvog lista sremuša, detektovani sadržaj kalijuma bio je (34,64 g/kg), što je slično rezultatima ove studije, ako se uzme u obzir da list sremuša sadrži samo oko 9% suve materije (Lukinac et al. 2022). Slično navodi i Stojković (2014), koji je utvrdio sadržaj kalijuma u suvom listu sremuša u 30700-46200 µg/g.

Tabela 35. Prosečan sadržaj biogenih elemenata K<sub>2</sub>O, Ca i Fe (mg/kg) ± standardna devijacija

Staniste (lokalitet)	K <sub>2</sub> O		Ca		Fe	
	Lukovica	List	Lukovica	List	Lukovica	List
L <sub>1</sub>	1887±8,16qrs	3261±16,33p	524,4±3,27b	602,0±1,63c	187±1,63f	31,90±0,73mn
L <sub>2</sub>	3365±8,16c	4915±8,16b	104,3±3,27t	165,9±2,05uv	5,25±0,04tuv	60,70±0,57fg
L <sub>3</sub>	1647±8,16uv	3425±4,08lm	201±2,45m	306,9±4,9n	231±1,63e	43,20±0,16ij
L <sub>4</sub>	1894±3,27qrs	1952±8,16zb	164,5±3,27op	198,5±2,87s	6,01±0,16rstuv	55,30±0,24h
L <sub>5</sub>	2460±8,16jk	4327±5,72d	96,71±4,9tu	136,5±4,9x	11,80±0,65pqr	42,30±0,24ij
L <sub>6</sub>	2774±3,27ghi	3198±8,16q	179,5±0,82n	171,3±2,45u	23,0±0,82no	55,30±0,24h
L <sub>7</sub>	2224±16,33n	1655±4,08zc	203,2±2,45m	262,1±1,63pq	4,26±0,05v	17,90±0,73tu
L <sub>8</sub>	2391±8,16kl	2015±4,92z	344,7±3,27ef	190,9±1,63st	10,9±0,73pqrst	18,70±0,57tu
L <sub>9</sub>	3023±8,16de	2385±2,45y	169,4±3,27no	203,5±2,45s	11,5±0,16pqrs	25,90±0,73opqr
L <sub>10</sub>	3565±4,08b	3311±8,16o	382,2±3,23d	184,2±3,27t	12,5±0,16pq	71,00±2,44e
L <sub>11</sub>	2052±2,45op	2921±8,16t	145,2±1,63qr	162,5±1,63uvw	28,9±0,82n	16,20±0,16uv
L <sub>12</sub>	1867±5,72rs	2355±8,16y	387,4±1,63d	352,0±1,63l	104±3,27	25,90±0,73opqr
L <sub>13</sub>	1724±3,27tu	3345±8,16	333,2±2,45fg	366,1±2,45k	3,16±0,05v	59,30±0,24g
L <sub>14</sub>	2166±138lmn	3012±1,63s	264,9±1,63k	425,7±3,27gh	321±1,63c	35,90±0,73l
L <sub>15</sub>	2650±8,16hi	4322±16,33d	98,92±2,45tu	168,7±4,08u	274±3,27d	40,60±0,48j
L <sub>16</sub>	2745±4,08ghi	3455±4,08kl	87,46±0,16uv	331,4±1,63m	343±2,45b	63,40±0,32f
L <sub>17</sub>	2951±8,16ef	3362±1,63n	105,8±4,08t	110,8±1,63y	20,9±0,41o	34,10±0,08lm
L <sub>18</sub>	1921±8,16qrs	1988±6,53zz <sub>a</sub>	408,7±6,53c	433,1±2,45gh	6,60±0,08qrstuv	45,30±0,24i
L <sub>19</sub>	1946±8,16pqrs	5842±12,47a	308,8±6,53h	488,7±3,27e	<10	24,60±0,48qr
L <sub>20</sub>	2375±4,08klm	3464±3,27k	182,6±1,47n	402,3±1,63i	8,19±0,07pqrstuv	174,00±3,26d
L <sub>21</sub>	3782±8,16a	4763±2,45c	152,4±1,63pq	162,3±1,63uvw	46,3±0,24l	24,30±0,24r
L <sub>22</sub>	2055±8,16op	3362±8,16n	307,5±1,63h	299,8±1,63n	3,45±0,16k	28,70±0,16nop
L <sub>23</sub>	2760±4,08ghi	2993±2,45s	335,5±4,08fg	386,2±4,9j	37,5±0,41m	181,00±1,63c
L <sub>24</sub>	2011±1,63opq	3895±8,16h	274,3±3,27jk	591,6±0,82c	141±2,45g	17,10±0,08tu
L <sub>25</sub>	2240±8,16n	4050±16,33f	82,62±1,63v	152,4±1,63w	7,97±0,02pqrstu	29,40±0,32no
L <sub>26</sub>	1544±3,27v	3491±8,16k	209,8±3,27m	253,2±2,45q	4,63±0,03uv	25,20±0,16pqr
L <sub>27</sub>	2265±16,33lmn	3310±8,16o	138,7±2,45rs	305,4±4,08n	117±1,63h	23,00±0,81rs
L <sub>28</sub>	2317±8,16lmn	2565±8,16v	234,1±3,27l	422,0±1,63h	11,40±0,33pqrs	18,60±0,48tu
L <sub>29</sub>	1715±8,16tu	1695±8,16zc	375±1,63d	294,8±1,63n	4,55±0,16uv	27,60±0,16nop
L <sub>30</sub>	2978±4,08ef	3267±16,33p	286,5±1,63ij	727,4±5,72b	3,59±0,07v	19,30±0,24stu
L <sub>31</sub>	2256±2,45mn	2518±8,16w	142,1±1,63qrs	522,9±1,63d	14,0±0,82p	19,40±0,32stu
L <sub>32</sub>	3490±4,08bc	4053±20,55f	405,7±4,08h	268,3±3,3op	26,5±0,41no	26,30±0,24opqr
L <sub>33</sub>	2572±8,16ij	2450±4,08x	405,8±4,08c	438,1±6,53h	<10	23,80±0,65r
L <sub>34</sub>	1720±8,16tu	2378±8,16y	409,3±3,27c	275,5±2,05o	89,4±0,33j	11,40±0,32w
L <sub>35</sub>	1825±4,08st	3822±1,63i	299,3±3,27hi	455,7±4,08f	37,40±0,33m	502,00±1,63a
L <sub>36</sub>	2322±8,16lmn	4072±8,16f	328,9±2,45g	296,0±3,27n	5,43±0,02stuv	13,00±0,81vw
L <sub>37</sub>	2852±1,63fg	3097±8,16r	302,2±1,63c	260,0±1,63pq	52±1,63kl	20,00±1,63st
L <sub>38</sub>	1585±143,31u	2656±4,9u	381,2±2,45d	372,5±1,63k	55,2±0,33pqrst	18,90±0,73tu
L <sub>39</sub>	3112±9,8d	4111±8,16e	131,4±1,63s	111,4±0,82y	10,7±0,57pqrstu	17,00±0,81tu
L <sub>40</sub>	1990±8,16opqr	3977±5,72g	878,9±2,45a	885,9±4,08a	118±2,45h	39,90±0,73jk
L <sub>41</sub>	2091±4,9o	3698±8,16j	324,2±8,16g	409,4±3,27e	3,95±0,04v	36,80±0,65kl
L <sub>42</sub>	2015±8,16opq	3375±16,33n	207,4±5,72m	237,4±5,72r	806±4,9a	187,0±1,63b
L <sub>43</sub>	2384±3,27klm	3416±4,9m	353,7±2,45e	155,8±4,08vw	104±3,27i	28,20±0,16nopq

### **6.5.2.2. Kalcijum (Ca)**

Srednje koncentracije kalcijuma bile su u intervalu od 82,62-878,9 mg/kg u svežim lukovicama i 110,8-885,9 mg/kg u svežim listovima (Tabela 35), što je znatno niže (1532,55-1559,1 mg/kg) u odnosu na rezultate sveže biljke sremuša dobijene kod Vučića i sar. (2018). Veliki varijabilitet (9900-12500 µg/g u suvom listu sremuša) prinađen je u istraživanju Stojkovića (2014). Ustanovljene razlike se mogu pripisati različitim ekološkim uslovima posebno zemljištima. Zemljišta na kojima je rastao sremuš u našem istraživanju imala su veoma različit sadržaj Ca uz veliku varijabilnost u pH vrednostima (Tabele 13 i 14) koje u velikoj meri utiču na pristupačnost Ca biljkama.

### **6.5.2.3. Gvožđe (Fe)**

Na 41 staništu detektovani prosečni sadržaj gvožđa u svežim lukovicama bio je u intervalu od 3,59 do 806 mg/kg, dok je u svežim listovima detektovan na svim staništima od 11,4 do 502 mg/kg (Tabela 35). Poređenjem sa rezultatima Stojkovića (2014) i Vučića i sar. (2018), u njegovom sadržaju u suvom listu (92-112 µg/g) i celoj svežoj biljci (13,97-14,78 mg/kg), samo mali broj staništa imao je sadržaj gvožđa u sličnom intervalu. Međutim, Kabata-Pendias (2000), ukazuje da je varijabilnost u sadržaju gvožđa u biljkama pod velikim uticajem ekoloških činilaca, zemljišta i klime, kao i razvojne faze u kojoj se biljka nalazi. Isti autor navodi da optimalni raspon gvožđa u lukovima kreće u opsegu od 18 do 1000 mg/kg što u izvesnoj meri objašnjava dobijeni rezultat.

### **6.5.2.4. Magnezijum (Mg)**

Detektovani prosečan sadržaj magnezijuma u svežim lukovicama bio je od 103,9 do 593,9 a, u svežim listovima od 165,2 do 855,6 mg/kg. Kod Stojkovića (2014), sadržaj magnezijuma u suvim listovima sremuša bio je u intervalu 1800-3020 µg/g što je u slično sa rezultatima kod izvesnog broja uzorka iz ovog istraživanja, ako se uzme u obzir ideo suve materije u svežim listovima sremuša. Istraživanje Lukinac et al. (2022), pokazuje da je sadržaj magnezijuma (1,72 g/kg) u osušenom listu sremuša znatno manji nego u ovom istraživanju (Tabela 36). U istraživanju Vučića i sar. (2018), detektovani sadržaj magnezijuma u svežoj biljci sremuša varirao od 317,16 do 335,04 mg/kg, slično rezultatima na nekoliko ispitivanih staništa obuhvaćenih ovim istraživanjem.

Generalno, rezultati sadržaja ispitivanih biogenih makrohraniva (K, Ca, Fe i Mg), bili su dosta varijabilni. Sličan ishod, a i dobijene vrednosti u svežim listovima sremuša, pronašli su Popova i sar. (2018) u Slivenskom regionu u Bugarskoj (16250 mg/kg za K, 14810 mg/kg za Ca, 9775 mg/kg za Fe 18,43 mg/kg i za Mg 9775,4 mg/kg ), a koji takođe ističu dominantan uticaj ekoloških uslova na sadržaj makroelemenata u sremušu.

### **6.5.2.5. Mangan (Mn)**

Sadržaj Mn u lukovicama sremuša bio je ispod granice detekcije (0,2 mg/kg) na sedam staništa (Tabela 36), dok je na drugim staništima bio u intervalu od 1,24 do 32,4 mg/kg, dok je sadržaj u listu na svim lokalitetima bio u intervalu od 1,84 do 21,2 mg/kg (Tabela 37). Sadržaj Mn u listu je na 93% lokaliteta u ovom istraživanju bio niži nego na staništima svežeg sremuša kod Vučića i sar. (2018), (13,51-14,4 mg/kg), a koji ukazuju da sadržaj Mn u biljkama varira u zavisnosti od uslova staništa.

Tabela 36. Prosečan sadržaj biogenih elemenata Mg, Mn i Zn (mg/kg) ± standardna devijacija

Stanište (lokalitet)	Mg		Mn		Zn	
	Lukovica	List	Lukovica	List	Lukovica	List
L <sub>1</sub>	335,8±4,08i	351,6±0,82de	9,84±0,03f	2,79±0,07stuv	7,02±0,02e	5,56±0,04fghijklm
L <sub>2</sub>	484,6±3,27c	226,3±4,9st	<0,2	2,8±0,16rstuv	2,34±0,03pqr	3,17±0,05nop
L <sub>3</sub>	258,3±2,45mn	265,8±4,08mno	12,6±0,49e	2,00±0,16w	3,45±0,02m	4,32±0,01ijklmnop
L <sub>4</sub>	593,9±2,45a	855,6±17,8a	<0,2	2,01±0,13w	1,71±0,01t	11,0±0,81b
L <sub>5</sub>	195,4±4,08q	275,2±4,08jklmn	1,59±0,03no	4,24±0,17jklm	1,73±0,02t	5,07±0,05hijklmn
L <sub>6</sub>	188,3±2,45q	196,5±2,45uv	3,03±0,02klm	4,55±0,04jk	11,1±0,08a	4,48±0,06hijklmnop
L <sub>7</sub>	325,2±4,08i	343,5±2,45ef	<0,2	7,59±0,07de	2,63±0,02op	5,79±0,07defghijkl
L <sub>8</sub>	285,4±4,08k	211,1±0,82tu	1,34±0,03o	3,28±0,06 pqrst	3,43±0,02m	2,89±0,07op
L <sub>9</sub>	352,2±8,12h	475,8±4,08b	1,92±0,02mno	2,70±0,16uv	5,66±0,02i	5,20±0,16ghijklmn
L <sub>10</sub>	364,7±3,27fgh	262,4±1,63nop	1,25±0,04o	13,8±0,65c	2,00±0,05s	3,86±0,04lmnop
L <sub>11</sub>	170,8±2,45r	165,2±2,05x	1,75±0,04no	2,64±0,03v	2,12±0,02rs	4,67±0,06hijklmnop
L <sub>12</sub>	218,1±2,45p	271,8±0,82klmn	8,28±0,02gh	4,23±0,02klmn	4,52±0,02k	3,85±0,04lmnop
L <sub>13</sub>	308,4±3,27j	380±3,27c	1,44±1,44lmno	2,96±0,04qrstuv	2,62±0,02op	4,61±0,02hijklmnop
L <sub>14</sub>	185,5±1,6q	322,5±1,63gh	3,82±0,02jk	8,12±0,01d	9,31±0,02c	3,61±0,02mnop
L <sub>15</sub>	145,7±4,08t	288,4±2,45j	21,2±0,16c	4,89±0,07ij	4,90±0,08j	4,15±0,04jklmnop
L <sub>16</sub>	142,2±1,63t	274,6±3,27jklm	32,4±0,33a	5,84±0,03h	4,03±0,02l	2,54±0,03p
L <sub>17</sub>	307,9±5,72j	282,7±1,63jkl	2,99±0,07klm	3,44±0,03 opq	10,0±0,08b	7,4±0,32cdef
L <sub>18</sub>	374,8±3,27f	329,7±3,27fg	1,54±0,03no	3,24±0,02pqrst	2,06±0,05rs	6,32±0,01defghi
L <sub>19</sub>	360±1,63gh	362,4±1,63d	<0,2	3,66±0,04nop	nd	4,45±0,04hijklmnop
L <sub>20</sub>	478,3±2,45c	311,1±0,82hi	<0,2	16,3±0,24b	0,60±0,04v	7,79±0,07cde
L <sub>21</sub>	425,6±4,08e	314,5±3,27ghi	2,06±0,05mno	3,25±0,04pqrst	4,14±0,03l	3,89±0,07lmnop
L <sub>22</sub>	151,2±1,63st	181,2±0,82vw	6,9±0,33i	3,96±0,04lmno	2,04±0,02f	7,33±0,02cdefg
L <sub>23</sub>	329,8±3,27i	238,1±2,45rs	6,43±0,02i	6,83±0,02fg	11,0±0,41a	4,66±0,04hijklmnop
L <sub>24</sub>	184,3±3,27q	284,5±3,27jk	10,2±0,16f	3,33±0,13opq	6,39±0,03fg	5,96±0,04 defghijkl
L <sub>25</sub>	232,5±1,63o	269,1±3,27klmno	1,27±0,06o	3,29±0,07pqrst	2,61±0,02opq	5,09±0,07hijklmn
L <sub>26</sub>	167,5±1,63r	255,4±4,08opq	1,66±0,05no	5,32±0,01hi	3,96±0,02l	6,1±0,16 defghijk
L <sub>27</sub>	161±2,45rs	278,8±2,45jklm	19,3±0,24d	3,95±0,04lmno	4,03±0,02l	5,92±0,01 defghijkl
L <sub>28</sub>	222,1±1,63op	311,8±0,82hi	1,44±0,03no	3,44±0,03opq	1,62±0,02u	3,04±0,03nop
L <sub>29</sub>	161,2±1,63r	183,1±0,82vw	6,8±0,33no	3,86±0,04lmno	2,64±0,02opq	7,23±0,02cdefg
L <sub>30</sub>	288,3±2,45k	366,2±4,9cd	2,0±0,16mno	3,37±0,05pqr	2,42±0,02opq	4,88±0,06hijklmno
L <sub>31</sub>	163,8±2,45rs	270,8±1,63klmno	3,35±0,04kl	4,10±0,16klmn	2,96±0,02n	4,0±0,16klmnop
L <sub>32</sub>	435,7±2,05e	361,2±0,82d	2,92±0,44klmn	4,45±0,04jkl	6,01±0,03h	5,18±0,06ghijklmn
L <sub>33</sub>	250,1±1,63n	256±2,45opq	<0,2	7,26±0,01ef	nd	5,68±0,06efghijklm
L <sub>34</sub>	455,1±1,63d	173,4±2,45wx	8,18±0,07h	3,72±0,01nop	3,26±0,05m	5,50±0,16fghijklm
L <sub>35</sub>	215,4±1,63p	315,9±4,08ghi	1,83±0,02mno	21,2±0,16a	6,04±0,03h	204,0±3,26a
L <sub>36</sub>	277,9±1,63kl	268,1±0,82lmno	1,24±0,03o	2,72±0,01tuv	2,32±0,02qrs	7,94±0,03cd
L <sub>37</sub>	309,9±7,35j	183,3±2,45vw	4,73±0,02j	4,63±0,02jk	9,75±0,02b	6,55±0,08defgh
L <sub>38</sub>	365,8±4,08fg	245,1±2,45qr	6,9±0,02no	4,9±0,32ij	6,50±0,03u	6,22±0,01defghij
L <sub>39</sub>	265,7±1,63lm	250±1,63pqr	2,05±0,04mno	1,84±0,03w	2,70±0,04no	4,28±0,06ijklmnop
L <sub>40</sub>	103,9±2,45u	182,7±1,63vw	9,46±0,02fg	3,79±0,07mnop	6,12±0,02gh	10,6±0,48b
L <sub>41</sub>	110,8±1,63u	262,2±1,63nop	<0,2	4,48±0,06jkl	2,60±0,02opq	4,51±0,05ijklmnop
L <sub>42</sub>	302,9±1,63j	305,4±4,08i	22,80±0,65b	6,67±0,05g	7,82±0,02d	9,19±0,07bc
L <sub>43</sub>	521,4±1,63b	189,4±3,27v	7,2±0,16hi	3,31±0,01pqrs	3,42±0,02m	4,2±0,16ijklmnop

### **6.5.2.6. Cink (Zn)**

Sadržaj cinka u svežim lukovicama sremuša bio je samo na dva staništa ispod granice detekcije ( $0,2 \text{ mg/kg}$ ) dok je na ostalim staništima varirao od  $0,60$  do  $11,1 \text{ mg/kg}$ . Njegov sadržaj u svežem listu detektovan je na svim lokalitetima u intervalu od  $2,54$  do  $11,00 \text{ mg/kg}$  uz jednu pojavu ekstremno visokog sadržaja od  $204 \text{ mg/kg}$  u uzorku sa staništa na planini Rudnik (Tabela 36). U istraživanju Vučića i sar. (2018) uočen je niži i manje varjabilan ( $2,31$ - $2,61 \text{ mg/kg}$ ) sadržaj Zn u svežoj biljci sremuša. Nešto viši sadržaj u svežoj lukovici i listu ( $8,75 \text{ mg/kg}$  i  $12,17 \text{ mg/kg}$ , respektivno) postignut je u istraživanju Dzeletovića et al. (2022). Cink se dobro usvaja korenom pri nižim pH vrednostima i nakon usvajanja lako translocira u nadzemne organe biljke (Kabata-Pendias 2011), pa se može pretpostaviti da su uslovi na lokalitetu L35 (Rudnik – Jarmenovci – vode) odgovarali njegovoj visokoj mobilizaciji iz zemljišta i translokaciji u list gde je utvrđen ekstremno visok nivo (Tabela 36).

### **6.5.2.7. Bakar (Cu)**

Prisustvo bakra u lukovicama iznad granice detekcije od  $0,2 \text{ mg/kg}$  detektovano je na 15 lokaliteta i to u koncentraciji od  $1,07$  do  $5,35 \text{ mg/kg}$  dok je u listovima sadržaj iznad te granice detektovan na 25 lokaliteta u koncentraciji od  $1,02$  do  $2,96 \text{ mg/kg}$  (Tabela 37). Prema Kabata-Pendias (2004), optimalan sadržaj Cu u svežim lukovima iznosi  $4$ - $6 \text{ mg/kg}$ . U istraživanju Vučića i sar. (2018), Cu u svežim biljkama sremuša je detektovan na svim istraživanim staništima u sličnoj koncentraciji ( $1,56$ - $1,93 \text{ mg/kg}$ ), dok je kod Dzeletovic et al. (2022), detektovan samo u listu u sličnoj koncentraciji ( $1,92 \text{ mg/kg}$ ). Prema Kabata-Pendias (2011), bakar je slabo pokretljiv u zemljištu, uglavnom se akumulira u površinskim slojevima a u odnosu na druge ispitivane metale ima najniži procenat usvajanja od strane biljke. Shodno tome je spora i njegova translokacija iz korena u nadzemne delove. Sudeći prema rezultatima dobijenim u ovom istraživanju zemljište i ekološki uslovi staništa značajno su uticali na nivo bakra u svežim lukovicama i listu sremuša.

### **6.5.2.8. Bor (B)**

Detektovani sadržaj bora u svežoj lukovici bio je u intervalu od  $0,21$  do  $2,07 \text{ mg/kg}$  a u svežem listu od  $0,69$  do  $3,67 \text{ mg/kg}$  (Tabela 37), što je prema Kabata-Pendias (2004), znatno manje od optimalnog sadržaja u suvim lukovima ( $10 \text{ mg/kg}$ ). Prema Kabata-Pendias (2011), pristupačnost bora zavisi od zemljišta, klimatskih uslova, i fiziologije biljke prisustva organske supstance u zemljištu i količine padavina. Biljka usvaja bor u obliku borne kiseline iz zemljišnog rastvora a intenzitet usvajanja zavisi od raspoložive količine vode za transpiraciju. Različiti klimatski i zemljišni na staništima sremuša su očigledno imali presudan uticaj na njegov sadržaj u sremušu.

### **6.5.2.9. Nikl (Ni)**

Sadržaj nikla u svežim lukovicama u većini, bio je ispod granice detekcije ( $0,1 \text{ mg/kg}$ ) dok je samo na 10 lokaliteta bio je iznad (Tabela 38) i to u intervalu od  $1,03$  do  $3,62 \text{ mg/kg}$ . U listu je samo na 19 lokaliteta Ni bio iznad granice detekcije i to u intervalu od  $1,20$  do  $10,9 \text{ mg/kg}$ , (Tabela 38). Sadržaj nikla koji je detektovan na pojedinim staništima bio je nekoliko puta veći od literaturnih navoda. Kabata-Pendias (2000), za sveže lukove navodi sadržaj  $0,4$ - $0,59 \text{ mg/kg}$ . Vučić-a i sar. (2018), ističu da je sadržaj Ni u svežem sremušu bio u intervalu od  $0,358$  do  $0,388 \text{ mg/kg}$ . Dzeletović i sar.. (2022), potvrđuju prisustvo Ni u svim delovima svežeg sremuša ( $2,75$  do  $3,51 \text{ mg/kg}$ ), što je slično većini detektovanih vrednosti u našem istraživanju (Tabela 39.) Kabata-Pendias (2004), navodi da njegova

koncentracija u biljkama zavisi od uslova spoljašnje sredine i njegovog sadržaja u zemljištu. Kabata-Pendias (2004), ističe važnost pH zemljišta jer se na niskoj pH vrednosti Ni se u zemljišnm rastvoru nalazi u obliku koji je lako dostupan biljkama, zbog čega ga one lako usvajaju. Uzimajući u obzir različite pH vrednosti zemljišta na staništima sremuša (Tabela 13), pretpostavljamo da je to imalo veliki uticaj na njegov različit sadržaj u biljnom materijalu sremuša.

Tabela 37. Prosečan sadržaj biogenih elemenata Cu, B i Ni (mg/kg) ± standardna devijacija

Stanište	Cu		B		Ni	
	Lukovica	List	Lukovica	List	Lukovica	List
L <sub>1</sub>	1,34±0,02hi	<0,2	1,05±0,04abcd	1,25±0,04lmnop	<1,0	3,22±0,01e
L <sub>2</sub>	<0,2	<0,2	0,21±0,02d	1,09±0,07 opqr	<1,0	<1,0
L <sub>3</sub>	2,2±0,16e	1,25±0,04ghij	0,42±0,02cd	1,05±0,04pqr	1,03±0,05i	<1,0
L <sub>4</sub>	<0,2	1,53±0,02	0,88±0,07abcd	1,35±0,04	<1,0	1,4±0,08k
L <sub>5</sub>	<0,2	1,35±0,04fghi	0,68±0,04bcd	2,09±0,07de	<1,0	<1,0
L <sub>6</sub>	<0,2	1,62±0,01de	1,01±0,01abcd	1,15±0,04opq	<1,0	<1,0
L <sub>7</sub>	<0,2	1,40±0,16efgh	0,78±0,02bcd	1,05±0,04pqr	<1,0	3,61±0,08d
L <sub>8</sub>	<0,2	<0,2	1,32±0,02abcd	1,13±0,02opq	<1,0	<1,0
L <sub>9</sub>	<0,2	2,70±0,16b	0,79±0,03bcd	1,88±0,06efg	<1,0	10,3±0,31a
L <sub>10</sub>	<0,2	1,36±0,04fgh	1,43±0,02abcd	0,69±0,07s	<1,0	<1,0
L <sub>11</sub>	<0,2	1,66±0,05d	1,04±0,03abcd	1,05±0,04pqr	<1,0	<1,0
L <sub>12</sub>	<0,2	1,51±0,01 def	2,07±0,06ab	1,22±0,01mnop	3,00±0,04b	<1,0
L <sub>13</sub>	<0,2	1,38±0,06fgh	0,47±0,02cd	0,85±0,04rs	<1,0	<1,0
L <sub>14</sub>	3,15±0,04b	1,50±0,04 def	0,98±0,02abcd	1,72±0,01ghij	<1,0	<1,0
L <sub>15</sub>	1,08±0,07jk	<0,2	1,98±0,02abc	3,67±0,05a	1,06±0,02i	2,51±0,01fg
L <sub>16</sub>	1,33±0,02hi	1,13±0,02ijk	0,54±0,03bcd	1,14±0,32klmn	1,68±0,02f	<1,0
L <sub>17</sub>	<0,2	1,35±0,04fghi	1,45±0,03abcd	0,92±0,01qrs	<1,0	7,67±0,01b
L <sub>18</sub>	<0,2	<0,2	0,97±0,02abcd	1,22±0,01mnop	<1,0	4,17±0,02c
L <sub>19</sub>	<0,2	<0,2	0,33±0,02d	1,08±0,06opqr	<1,0	<1,0
L <sub>20</sub>	<0,2	2,96±0,04a	0,74±0,03bcd	1,35±0,04hijk	<1,0	2,55±0,04f
L <sub>21</sub>	<0,2	<0,2	1,42±0,02abcd	1,11±0,08 opqr	<1,0	<1,0
L <sub>22</sub>	<0,2	<0,2	0,95±0,02abcd	1,2±0,04nop	<1,0	2,23±0,01hi
L <sub>23</sub>	2,4±0,16d	1,97±0,05c	0,88±0,02abcd	1,65±0,04ghijk	<1,0	1,73±0,02j
L <sub>24</sub>	5,35±0,04a	<0,2	0,72±0,02bcd	1,69±0,07ghijk	2,13±0d	2,31±0,02gh
L <sub>25</sub>	<0,2	<0,2	0,62±2,53a	1,47±0,05ijklmn	<1,0	<1,0
L <sub>26</sub>	<0,2	1,38±0,06fgh	1,11±0,02abcd	1,21±0,07nop	<1,0	1,41±0,04k
L <sub>27</sub>	1,97±0,02f	1,02±0,01jk	0,92±0,02abcd	1,43±0,02klmn	1,51±0,02g	<1,0
L <sub>28</sub>	<0,2	<0,2	1,35±0,02abcd	1,52±0,01hijkl	<1,0	<1,0
L <sub>29</sub>	<0,2	<0,2	0,91±0,02abcd	1,19±0,04nop	<1,0	2,33±0,01hi
L <sub>30</sub>	<0,2	1,1±0,08jk	0,95±0,02abcd	2,63±0,02c	<1,0	<1,0
L <sub>31</sub>	<0,2	<0,2	0,82±0,02bcd	2,98±0,06b	<1,0	2,15±0,04hi
L <sub>32</sub>	<0,2	1,13±0,02ijk	1,00±0,02abcd	1,45±0,04jklmn	<1,0	2,08±0,01i
L <sub>33</sub>	<0,2	2,02±0,01c	1,77±0,02abcd	1,75±0,04fgh	<1,0	<1,0
L <sub>34</sub>	1,07±0,06k	1,5±0,16 def	0,87±0,02abcd	1,22±0,01mnop	<1,0	<1,0
L <sub>35</sub>	1,09±0,07jk	<0,2	1,52±0,02abcd	1,87±0,05efg	<1,0	3,52±0,03d
L <sub>36</sub>	<0,2	<0,2	1,31±0,02abcd	1,49±0,07hijklm	<1,0	2,72±0,01f
L <sub>37</sub>	1,27±0,02ij	1,18±0,06hijk	0,26±0,02d	1,74±0,03fghi	3,62±0,03a	<1,0
L <sub>38</sub>	2,7±0,01c	1,42±0,01efg	1,31±0,02abcd	1,44±0,03klmn	<1,0	<1,0
L <sub>39</sub>	<0,2	1,5±0,08 def	1,35±0,04abcde	2,34±0,03d	<1,0	<1,0
L <sub>40</sub>	1,48±0,01gh	<0,2	0,99±0,03abcd	0,85±0,04rs	1,88±0,01e	1,25±0,02k
L <sub>41</sub>	<0,2	<0,2	0,64±0,03bcd	2,01±0,03ef	<1,0	<1,0
L <sub>42</sub>	1,55±0,04g	<0,2	1,44±0,03abcd	1,29±0,07lmnop	2,76±0,05c	1,20±0,01k
L <sub>43</sub>	1,19±0,02ijk	1,57±0,05def	1,74±0,03abcd	1,05±0,04pqr	1,28±0,02h	<1,0

#### **6.5.2.10. Natrijum (Na)**

Sadržaj natrijuma u svežim lukovicama je bio 10,43-157 mg/kg a u listovima u intervalu 9,78-53,72 mg/kg, (Tabela 38). Vučić i sar. (2018) pronašli su sadržaj Na u vrlo uskom intervalu (31,07-32,91 mg/kg) u svežem sremušu. Stojković (2014) je takođe prikazao širok opseg Na u listovima suvog sremuša (201-626 µg/g) što je delom uporedivo sa rezultatom u ovim istraživanjima ako se uzme u obzir da su analize rađene u svežem listu.

#### **6.5.2.11. Aluminijum (Al)**

Sadržaj aluminijuma u svežoj lukovici na 19 staništa bio je u intervalu 13,5-404,0 mg/kg, dok je u svežem listu bio prisutan u intervalu od 3,9-103,0 mg/kg (Tabela 39). Vučić i sar, 2018, pronašli su Al u svežem sremušu u vrlo uskom intervalu (9,48-9,89 mg/kg) dok je Stojković (2014) pronašao Al u suvom listu u širem intervalu (38-80 µg/g). Prema Kabata-Pendias (2000), na usvajanje Al iz zemljišta najviše utiče pH zemljišta. Zemljišta u ovom istraživanju (Tabela 13) ukazuju da je 58,1 % lokaliteta imalo vrednosti pH zemljišta ispod 5,5 što je moglo da utiče na povećanu pristupačnost Al.

#### **6.5.2.12. Kadmijum (Cd)**

Sadržaj kadmijuma u svežoj lukovici i listu sremuša bio je ispod granice detekcije (0,1 mg/kg) na svim lokalitetima dok je iznad granica detekcije bio u listu i to samo na jednom staništu ( $L_{35}=2,12\pm0,08$  mg/kg). U istraživanju Dželetović et al. (2022), prosečan sadržaj kadmijuma na 12 staništa sremuša u svežim uzorcima bio je 0,09 mg/kg za lukovice i 0,32 mg/kg za listove. U sličnom istraživanju Popova et al. (2018), sadržaj Cd bio je ispod limita detekcije kao i u našem istraživanju. Viši sadržaj Cd u listu detektovan na samo na jednom staništu prema Kabata-Pendias (2011), može se prepostaviti da je posledica antropogenog uticaja.

#### **6.5.2.13. Olovo (Pb)**

Prisustvo olova u svežoj lukovici i listu sremuša bilo je u najvećem broju uzoraka ispod granice detekcije (0,5 mg/kg) dok je iznad granice detekcije bilo samo u dva uzorka lukovice sremuša i to na staništima ( $L_6=1,87$  mg/kg;  $L_{17}=2,95$ /mg/kg) i u dva uzorka lista ( $L_{35}=58,1$  mg/kg;  $L_{42}=15,6$ /mg/kg). Kod Dželetović et al. (2022), prosečan sadržaj olova na 12 staništa u svežim uzorcima sremuša bio je 1,42 mg/kg za lukovice i 4,68 mg/kg za listove. Prema Kabata-Pendias (2011), visok sadržaj olova u biljci može biti uzrokovana visokim sadržajem ovog elementa u zemljištu, mada je premeštenje Pb u nadzemne organe iz korena slabo i sporo. Uzimajući u obzir detektovane količine olova u zemljištu na pojedinim staništima (Tabela 17) može se primetiti da je povišen sadržaj u listu sremuša na jednom lokalitetu ( $L_{42}$ ) praćen vrlo visokim sadržajem Pb u zemljištu (984, mg/kg) dok na drugom lokalitetu ( $L_{35}$ ) to nije slučaj. Zbog toga na ovom drugom lokalitetu možemo prepostaviti da povišen sadržaj Pb u listu nije poreklom samo iz zemljišta i ne treba isključiti mogućnost nekog vida kontaminacije.

Tabela 38. Prosečan sadržaj potencijalno toksičnih elemenata Na, Al i Cd (mg/kg) ± standardna devijacija

Stanište	Na		Al		Cd	
	Lukovica	List	Lukovica	List	Lukovica	List
L <sub>1</sub>	19,53±0,02mn	15,03±0,02pq	126,0±0,82f	16,3±1,86pqrst	<0,1	<0,1
L <sub>2</sub>	36,23±0,02e	23,65±0,04ij	33,7±0,82lm	37,3±0,24fg	<0,1	<0,1
L <sub>3</sub>	17,28±0,02pq	26,94±0,45ef	155,0±5,10e	32,8±0,65g	<0,1	<0,1
L <sub>4</sub>	53,80±0,16c	36,44±0,03c	nd	39,3±0,24ef	<0,1	<0,1
L <sub>5</sub>	23,57±0,02k	19,38±0,06lm	nd	22,6±0,48hi	<0,1	<0,1
L <sub>6</sub>	27,73±0,02i	27,35±0,04e	nd	35,7±0,57fg	<0,1	<0,1
L <sub>7</sub>	10,43±0,02w	9,78±0,06v	nd	8,11±0,08stu	<0,1	<0,1
L <sub>8</sub>	19,2±0,16mno	21,15±0,04k	nd	10,3±0,24pqrst	<0,1	<0,1
L <sub>9</sub>	28,56±0,02i	25,66±0,26fg	nd	14,7±0,57lmnopq	<0,1	<0,1
L <sub>10</sub>	18,94±0,03mno	13,94±0,03rst	nd	45,5±0,4d	<0,1	<0,1
L <sub>11</sub>	15,91±0,02rst	18,55±0,04m	26,5±0,16m	8,42±0,02rstu	<0,1	<0,1
L <sub>12</sub>	12,900,16v	12,99±0,07t	71,9±0,73jk	12,4±0,32nopqrs	<0,1	<0,1
L <sub>13</sub>	19,49±0,02mn	15,18±0,06pq	nd	37,3±0,24fg	<0,1	<0,1
L <sub>14</sub>	16,82±0,02qrs	16,28±0,06no	237±4,08b	19,7±0,57hijkl	<0,1	<0,1
L <sub>15</sub>	25,63±0,02j	31,18±0,06d	191,0±1,63d	23,9±0,73h	<0,1	<0,1
L <sub>16</sub>	18,44±0,03no	19,23±0,02lm	225,0±2,45c	42,9±0,73de	<0,1	<0,1
L <sub>17</sub>	33,98±0,02gh	43,92±0,01b	14,3±0,24n	24,1±0,65h	<0,1	<0,1
L <sub>18</sub>	14,12±0,02u	15,62±0,01op	nd	18,5±0,4ijkl	<0,1	<0,1
L <sub>19</sub>	33,2±0,16h	25,77±0,05fg	nd	12,0±0,81nopqrs	<0,1	<0,1
L <sub>20</sub>	18,38±0,02op	10,92±0,01u	nd	103,0±2,44a	<0,1	<0,1
L <sub>21</sub>	16,98±0,02qr	15,67±0,05op	nd	10,1±0,65pqrst	<0,1	<0,1
L <sub>22</sub>	28,99±0,02l	18,6±0,48m	nd	15,1±0,24klmnop	<0,1	<0,1
L <sub>23</sub>	23,14±0,03k	23,54±0,03j	13,5±0,41no	90,4±0,32b	<0,1	<0,1
L <sub>24</sub>	14,58±0,02u	13,1±0,08st	109,0±3,27g	11,5±0,04opqrst	<0,1	<0,1
L <sub>25</sub>	19,32±0,02mno	18,9±0,65m	nd	20±1,63hijk	<0,1	<0,1
L <sub>26</sub>	35,48±0,02ef	18,88±0,06m	nd	22,3±0,24hi	<0,1	<0,1
L <sub>27</sub>	25,55±0,04j	32,14±0,03d	85,0±2,45i	21,8±0,65hij	<0,1	<0,1
L <sub>28</sub>	34,51±0,02fg	14,0±0,4rs	nd	6,64±0,03tu	<0,1	<0,1
L <sub>29</sub>	29,99±0,02l	18,7±0,48m	nd	15,8±0,24klmnop	<0,1	<0,1
L <sub>30</sub>	41,52±0,02d	21,92±0,01k	nd	12,1±0,02 nopqrs	<0,1	<0,1
L <sub>31</sub>	19,44±0,03mno	15,28±0,06pq	nd	9,84±0,03qrst	<0,1	<0,1
L <sub>32</sub>	14,9±0,33tu	13,91±0,01rst	14,7±0,57n	16,0±0,08klmnop	<0,1	<0,1
L <sub>33</sub>	23,22±0,02k	27,18±0,06e	nd	13,4±0,32mnopqr	<0,1	<0,1
L <sub>34</sub>	15,81±0,02st	13,41±0st	68,7±0,57k	3,98±0,06u	<0,1	<0,1
L <sub>35</sub>	18,92±0,02mno	25,35±0,04gh	nd	70,0±1,63c	<0,1	2,12±0,08a
L <sub>36</sub>	21,39±0,02l	14,5±0,4qr	nd	3,9±0,16u	<0,1	<0,1
L <sub>37</sub>	19,15±0,02mno	20,00±0,81l	41,2±1,63l	16,9±0,73jklmn	<0,1	<0,1
L <sub>38</sub>	21,62±0,02l	13,80±0,65rst	30,9±0,08m	14,0±0,81mnopq	<0,1	<0,1
L <sub>39</sub>	157±1,63a	53,72±0,01a	nd	7,4±0,16stu	<0,1	<0,1
L <sub>40</sub>	14,38±0,49u	24,17±0,05ij	100,0±1,63h	23,6±0,48hi	<0,1	<0,1
L <sub>41</sub>	19,82±0,02m	13,15±0,04st	nd	20±0,81hijk	<0,1	<0,1
L <sub>42</sub>	28,41±0,02i	16,91±0,03n	404,0±3,27a	92,8±0,65b	<0,1	<0,1
L <sub>43</sub>	60,86±0,05b	24,63±0,01hi	79,1±1,63ij	16,5±0,4klmno	<0,1	<0,1

Tabela 39. Sadržaj potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u svežem sremušu (mg/kg) ± standardna devijacija

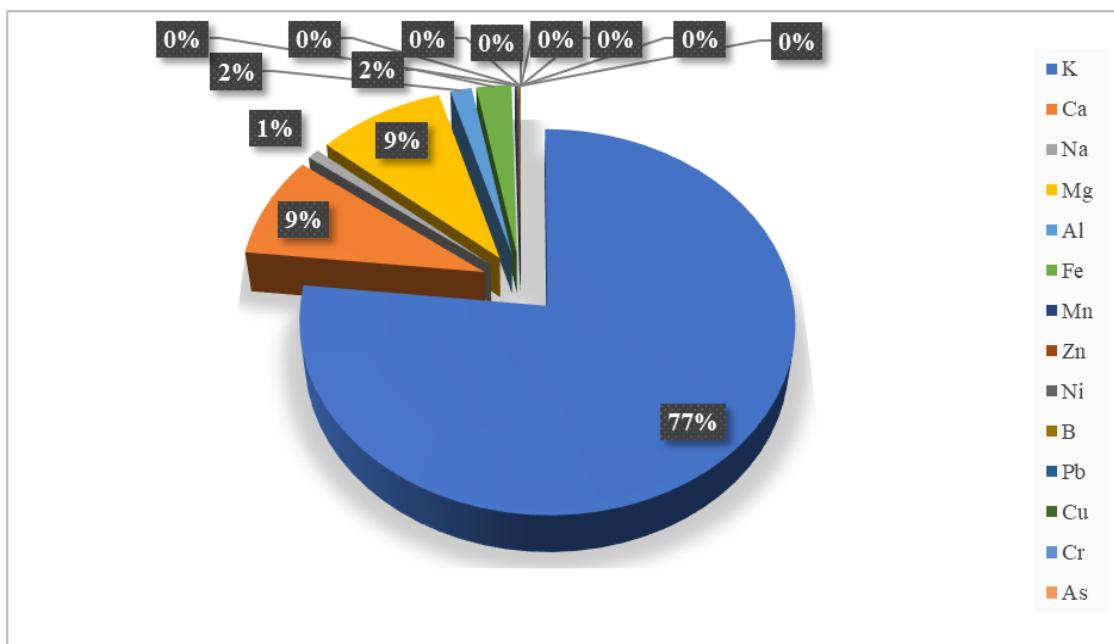
Stanište (lokalitet)	Pb		Cr		As	
	Lukovica	List	Lukovica	List	Lukovica	List
L <sub>1</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>2</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>3</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>4</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	0,11±0,01d	<0,1
L <sub>5</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>6</sub>	1,87±0,01b	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>7</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>8</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>9</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	0,15±0,008d	<0,1
L <sub>10</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>11</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>12</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>13</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	0,35±0,01c	<0,1
L <sub>14</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	0,16±0,01d	<0,1
L <sub>15</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>16</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>17</sub>	2,95±0,01a	<0,5	<1,0	<1,0	0,13±0,01d	<0,1
L <sub>18</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>19</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>20</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	4,39±0,07a
L <sub>21</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>22</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>23</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	1,11±0,09a	<0,1	<0,1
L <sub>24</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>25</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>26</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	3,52±0,02b	<0,1
L <sub>27</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>28</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>29</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>30</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>31</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>32</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>33</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>34</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>35</sub>	<0,5	58,1±0,24a	<1,0	<1,0	<0,1	0,11±0,01c
L <sub>36</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>37</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>38</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>39</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>40</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>41</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1
L <sub>42</sub>	<0,5	15,6±0,16b	1,79±0,03a	<1,0	4,56±0,04a	1,84±0,03b
L <sub>43</sub>	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1

#### 6.5.2.14. Hrom (Cr)

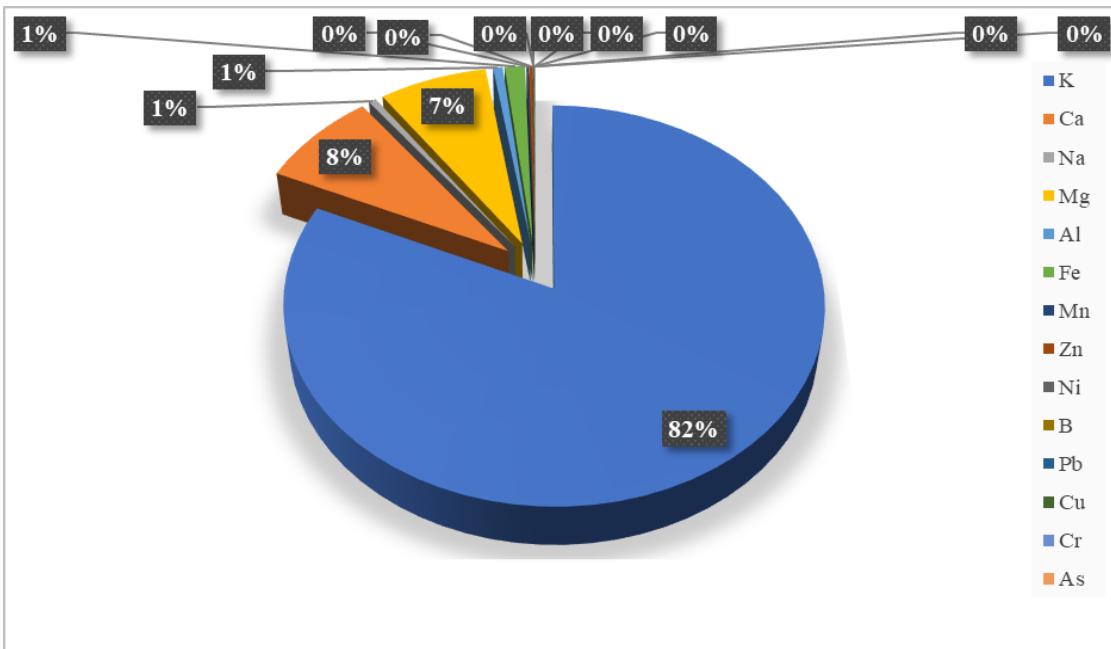
Sadržaj hroma u lukovici i listu sremuša bio je ispod granice detekcije ( $1,0 \text{ mg/kg}$ ) na 42 od 43 lokaliteta. Iznad granica detekcije bio je samo na jednom staništu u listu i to ( $L_{23}=1,11 \text{ mg/kg}$ ), i u jednom uzorku lukovice ( $L_{42}=1,79 \text{ mg/kg}$ ) (Tabela 40). Navedena staništa se nalaze na području ili obroncima planine Rudnik na kojima je utvrđeno prisustvo ukupnog Cr u zemljištu na nivou  $116,0 \text{ mg/kg}$  ( $L_{23}$ ) odnosno  $77,9 \text{ mg/kg}$  ( $L_{42}$ ). Obzirom da ukupni Cr u ovim zemljištima nije bio ekstremno visok može se reći da su drugi faktori bili presudni za detektovani sadržaj Cr u biljkama. Gotovo tri puta veće količine pronašli su Dželetović i sar. (2022), u uzorcima sremuša (list:  $3,23 \text{ mg/kg}$ ; koren:  $3,35 \text{ mg/kg}$ ). Prema Kabata-Pendias (2011), na sadržaj Cr u biljkama mogu uticati i brojni drugi ekološki i antropogeni faktori.

#### 6.5.2.15. Arsen (As)

U većini uzoraka lukovice i lista sremuša sadržaj arsena je bio ispod granice detekcije ( $0,1 \text{ mg/kg}$ ) dok je sadržaj arsena iznad granica detekcije bio zabeležen u listu na ukupno sedam prirodnih staništa i u lukovici na samo tri staništa (Tabela 39). S obzirom da su dosadašnja istraživanja po pitanju As vrlo oskudna, nema podataka sa kojima bi dobijene vrednosti u biljkama sremuša mogle uporediti.



Slika 16. Zastupljenost analiziranih BE i PTE u lukovici



Slika 17. Zastupljenost analiziranih BE i PTE u listu

Generalno, se može reći da su na većini staništa prirodnih staništa sremuša u Srbiji sadržaji Cd, Pb, Cr i As u svežem listu i lukovicama bili ispod granica detekcije i samo je na manjem broju staništa njihov sadržaj bio iznad granica detekcije u lukovicama i listovima. Pojedinačne pojave viših koncentracija Pb i Cr u biljkama vezane su za nekoliko planinskih staništa za koje je od ranije već poznato da imaju povišen sadržaj metala u svojim zemljištima (Rudnik i još neke planine na serpentinskim podlogama).

Koncentracije BE/PTE u listu (jestivi deo) sa graničnim vrednostima, kod samo nekoliko elemenata prelazile su dozvoljene granice. Jedan od mogućih razloga za ove sporadične pojave može se biti to što sremuš raste pretežno u listopadnim šumskim populacijama koje imaju veliku moć apsorpcije atmosferskih polutanata, pogotovo putem listova (Kadović i sar. 2005). Recirkulacijom apsorbovani polutanti dospevaju u zemljište, vezani za organska jedinjenja koja postaju potencijalno dostupna vegetaciji (Kadović i sar. 2005). U tom slučaju, usvajanje BE i PTE može u velikoj meri zavisiti od sadržaja i kvaliteta organske supstance u zemljištu. Kabata-Pendias (2004) su ukazali da sadržaj BE/PTE prvenstveno zavisi ekoloških faktora. Prema Stikić i sar. (2015), koncentracija BE/PTE u biljkama prvenstveno zavisi od biljne vrste, organa, razvojne faze ontogeneze, i njihove zastupljenosti i mobilnosti u zemljištu.

Uzimajući u obzir da se radi o sremušu analiziranom u istoj fenološkoj fazi, koreacionom analizom i korišćenjem faktora translokacije i bioakomulacije ispitano je poreklo, pojedinačna zastupljenost elemenata u organizma i njihova dostupnost, što je sve prikazano u Tabelama 40–43.

Kako bi se na jednostavan način prikazalo poreklo, BE i PTE u biljci i utvrdilo njihovo fiziološko međudejstvo prema srednjoj vrednosti ispitivanih elemenata na staništima, prikazani njihovi korelativni odnosi (Tabela 40). Koreaciona matrica pokazuje da su BE i PTE Al-Fe, Mn-Fe, Zn-Fe, Cd-Fe, Pb-Fe i Pb-Cd u jakoj pozitivnoj koreacionoj vezi ( $p<0,05$ ); najjača veza potvrđena je između Zn i Cd (0,98), slično prethodnom istraživanju (Kabata-Pendias, 2000). Ovakvi odnosi su uočeni i u studiji Singh et al. (2010), koji tvrde da pozitivna korelacija zavisi od stepena akumulacije BE i PTE u biljci, to jest da dobijeni međuelementarni odnosi pružaju informacije o njihovim izvorima, što je i

uočeno za neke od elementa u ovom istraživanju.

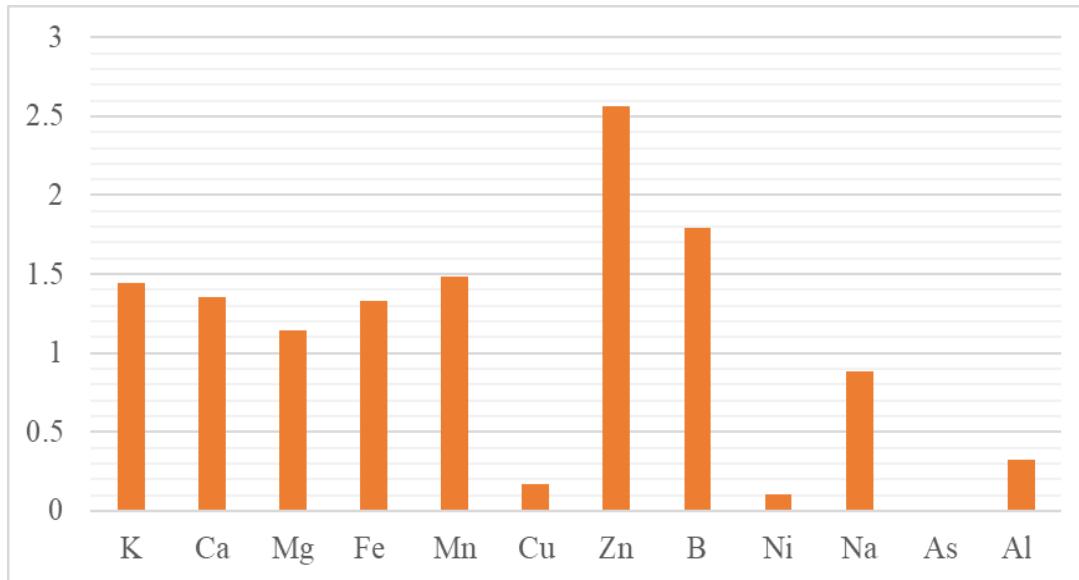
Tabela 40. Korelaciona matrica odnosa BE i PTE u sremušu

	K	Ca	Mg	Fe	Na	Al	Mn	Zn	B	Cu	Ni	As	Cd	Cr	Pb
K	1														
Ca	-0,01	1													
Mg	-0,13	0,01	1												
Fe	0,11	0,10	0,07	1											
Na	0,17	-0,28	0,17	0,03	1										
Al	0,09	0,00	0,12	0,73*	-0,01	1									
Mn	0,01	0,11	-0,04	0,79*	-0,19	0,62	1								
Zn	0,08	0,13	0,06	0,87*	0,08	0,31	0,68	1							
B	0,09	0,10	0,08	0,04	0,20	-0,10	0,01	0,09	1						
Cu	-0,29	-0,24	0,15	-0,03	0,15	0,23	0,18	-0,17	-0,09	1					
Ni	-0,21	-0,02	0,28	0,15	0,14	0,06	0,08	0,18	0,08	0,11	1				
As	0,04	0,04	0,04	0,34	-0,19	0,67	0,48	0,01	-0,05	0,29	0,08	1			
Cd	0,09	0,12	0,04	0,86*	0,08	0,30	0,67	0,98*	0,11	-0,17	0,16	-0,01	1		

\*a: 0,901-1000; b: 0,751-0,900; c:  $\leq 0,750$

#### 6.5.2.16. Translokacioni potencijal sremuša u fazi ubiranja

Nejednako prisustvo pojedinih elemenata kako u lukovici tako i u listu prema Kabata-Pendias (2011), pripisuje se njihovoj translokaciji.



Slika 18. Translokacioni potencijal sremuša

Translokacioni potencijal biljke predstavlja uspešnu strategiju fitoremedijacije zemljišta i koristi se pri ispitivanju sposobnosti biljke da u određenim uslovima, translocira akumulisane elemente od korena do izdanaka. Definiše se kao proporcionalni odnos nivoa nekog elementa u izdancima i korenju (Mganga et al., 2014). Translokacioni potencijal (TF) sremuša se dobija kao količnik koncentracije istih elemenata u lukovici i listu, prema formuli Baker et al., 1989 i Al Salman et al., 2002, a koja glasi:

$$TF = \frac{\text{Sadržaj elementa u listu (mg/kg)}}{\text{Sadržaj elementa u lukovici (mg/kg)}}$$

Shodno tome, prema sadržaju BE i PTE u Tabelama 35–39, izračunati su translokacioni potencijali za sremuš (Tabele 41 i 42), a njihove prosečne pojedinačne vrednosti prikazane su grafički (Slika 18).

Rezultati ukazuju da ispitivani elementi nemaju isti translokacioni potencijal. Pojedini elementi, kao što su Al, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu i Cd, imali su veći sadržaj u listu nego u lukovici. Za većinu elemenata TF vrednosti su bile iznad 1, što ukazuje na visok translokacioni potencijal sremuša. Najveći prosečni TF uočeni su kod Zn, B i K<sub>2</sub>O (Slika 18). Poznavanje TF vrlo je važno sa aspekta ishrane. Uzimajući u obzir da su prikupljeni uzorci analizirani početkom vegetacije sremuša, važno je biti oprezan pri uzorkovanju ove biljne vrste u kasnijim fazama. Pretpostavlja se da uslovi na staništima mogu dodatno uticati na povećanje i smanjenje translokacije pojedinih elemenata, što se može na različit način odraziti na nutritivne vrednosti biljne sirovine (Zakaria et al., 2021). Stoga je vrlo bitno poznavati bioakumulacioni potencijal sremuša na prirodnim staništima.

Tabela 41. Translokacioni koeficijenti ( $K_2O$ , Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Ni, Na, Se)

Stanište	Translokacioni koeficijent (mg/kg)											
	$K_2O$	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo	Ni	Na	Se
L <sub>1</sub>	1,73	1,15	1,05	0,17	0,28	0,00	0,79	1,19	nd	nd	0,77	nd
L <sub>2</sub>	1,46	1,59	0,47	11,56	nd	nd	1,35	5,19	nd	nd	0,65	nd
L <sub>3</sub>	2,08	1,53	1,03	0,19	0,16	0,57	1,25	2,50	nd	0,00	1,56	nd
L <sub>4</sub>	1,03	1,21	1,44	9,20	nd	nd	6,43	1,53	nd	nd	0,68	nd
L <sub>5</sub>	1,76	1,41	1,41	3,58	2,67	nd	2,93	3,07	nd	nd	0,82	nd
L <sub>6</sub>	1,15	0,95	1,04	2,40	1,50	nd	0,40	1,14	nd	nd	0,99	nd
L <sub>7</sub>	0,74	1,29	1,06	4,20	nd	nd	2,20	1,35	nd	nd	0,94	nd
L <sub>8</sub>	0,84	0,55	0,74	1,72	2,45	nd	0,84	0,86	nd	nd	1,10	nd
L <sub>9</sub>	0,79	1,20	1,35	2,25	1,41	nd	0,92	2,38	nd	nd	0,90	nd
L <sub>10</sub>	0,93	0,48	0,72	5,68	11,04	nd	1,93	0,48	nd	nd	0,74	nd
L <sub>11</sub>	1,42	1,12	0,97	0,12	1,51	nd	2,20	1,01	nd	nd	1,17	nd
L <sub>12</sub>	1,26	0,91	1,25	0,25	0,51	nd	0,85	0,59	nd	0,00	1,01	nd
L <sub>13</sub>	1,94	1,10	1,23	18,77	2,06	nd	1,76	1,81	nd	nd	0,78	nd
L <sub>14</sub>	1,39	1,61	1,74	0,11	2,13	0,48	0,39	1,76	nd	nd	0,97	nd
L <sub>15</sub>	1,63	1,71	1,98	0,15	0,23	0,00	0,85	1,85	nd	2,37	1,22	nd
L <sub>16</sub>	1,26	3,79	1,93	0,18	0,18	0,85	0,63	2,11	nd	0,00	1,04	nd
L <sub>17</sub>	1,14	1,05	0,92	1,63	1,15	nd	0,74	0,63	nd	nd	1,29	nd
L <sub>18</sub>	1,03	1,06	0,88	6,86	2,10	nd	3,07	1,26	nd	nd	1,11	nd
L <sub>19</sub>	3,00	1,58	1,01	nd	nd	nd	nd	3,27	nd	nd	0,78	nd
L <sub>20</sub>	1,46	2,20	0,65	21,25	nd	nd	12,98	1,82	nd	nd	0,59	nd
L <sub>21</sub>	1,26	1,06	0,74	0,52	1,58	nd	0,94	0,78	nd	nd	0,92	nd
L <sub>22</sub>	1,64	0,97	1,20	8,32	nd	nd	3,59	1,26	nd	nd	0,64	nd
L <sub>23</sub>	1,08	1,15	0,72	4,83	1,06	0,82	0,42	1,88	nd	nd	1,02	nd
L <sub>24</sub>	1,94	2,16	1,54	0,12	0,33	0,00	0,93	2,35	nd	1,08	0,90	nd
L <sub>25</sub>	1,81	1,84	1,16	3,69	2,59	nd	1,95	2,37	nd	nd	0,98	nd
L <sub>26</sub>	2,26	1,21	1,52	5,44	3,20	nd	1,54	1,09	nd	nd	0,53	nd
L <sub>27</sub>	1,46	2,20	1,73	0,20	0,20	0,52	1,47	1,55	nd	0,00	1,26	nd
L <sub>28</sub>	1,11	1,80	1,40	1,63	2,39	nd	1,88	1,13	nd	nd	0,41	nd
L <sub>29</sub>	0,988	0,786	1,136	6,066	0,568	nd	2,739	1,308	nd	nd	0,624	nd
L <sub>30</sub>	1,10	2,54	1,27	5,38	1,69	nd	2,02	2,77	nd	nd	0,53	nd
L <sub>31</sub>	1,12	3,68	1,65	1,39	1,22	nd	1,35	3,63	nd	nd	0,79	nd
L <sub>32</sub>	1,16	0,66	0,83	0,99	1,52	nd	0,86	1,45	nd	nd	0,93	nd
L <sub>33</sub>	0,95	1,08	1,02	nd	nd	nd	nd	0,99	nd	nd	1,17	nd
L <sub>34</sub>	1,38	0,67	0,38	0,13	0,45	1,40	1,69	1,40	nd	nd	0,85	nd
L <sub>35</sub>	2,09	1,52	1,47	13,42	11,58	0,00	33,77	1,23	nd	nd	1,34	nd
L <sub>36</sub>	1,75	0,90	0,96	2,39	2,19	nd	3,42	1,14	nd	nd	0,68	nd
L <sub>37</sub>	1,09	0,86	0,59	0,38	0,98	0,93	0,67	6,69	nd	0,00	1,04	nd
L <sub>38</sub>	1,68	0,98	0,67	0,34	0,71	0,53	0,96	1,10	nd	nd	0,64	nd
L <sub>39</sub>	1,32	0,85	0,94	1,59	0,90	nd	1,59	1,73	nd	nd	0,34	nd
L <sub>40</sub>	2,00	1,01	1,76	0,34	0,40	0,00	1,73	0,86	nd	0,66	1,68	nd
L <sub>41</sub>	1,77	1,26	2,37	9,32	nd	nd	1,73	3,14	nd	nd	0,66	nd
L <sub>42</sub>	1,67	1,14	1,01	0,23	0,29	0,00	1,18	0,90	nd	0,43	0,60	nd
L <sub>43</sub>	1,43	0,44	0,36	0,27	0,46	1,32	1,23	0,60	nd	0,00	0,40	nd

\*nd-nije detektovan

Tabela 42. Translokacioni koeficijenti (Co, As, Cd, Cr, Cr(VI), Hg, Al, V, Sn, Sb, Tl)

Staniste (lokalitet)	Translokacioni koeficijent (mg/kg)											
	Co	As	Cd	Cr	Cr (VI)	Hg	Pb	Al	V	Sn	Sb	Tl
L <sub>1</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	nd	nd	nd	nd
L <sub>2</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,11	nd	nd	nd	nd
L <sub>3</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,21	nd	nd	nd	nd
L <sub>4</sub>	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>5</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>6</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>7</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>8</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>9</sub>	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>10</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>11</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,32	nd	nd	nd	nd
L <sub>12</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,17	nd	nd	nd	nd
L <sub>13</sub>	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>14</sub>	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	nd	nd	nd	nd
L <sub>15</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,13	nd	nd	nd	nd
L <sub>16</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,19	nd	nd	nd	nd
L <sub>17</sub>	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	0,00	1,69	nd	nd	nd	nd
L <sub>18</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>19</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>20</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>21</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>22</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>23</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	6,70	nd	nd	nd	nd
L <sub>24</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	nd	nd	nd	nd
L <sub>25</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>26</sub>	nd	0,00	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>27</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,26	nd	nd	nd	nd
L <sub>28</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>29</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>30</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>31</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>32</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,09	nd	nd	nd	nd
L <sub>33</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>34</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,06	nd	nd	nd	nd
L <sub>35</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>36</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>37</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,41	nd	nd	nd	nd
L <sub>38</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,45	nd	nd	nd	nd
L <sub>39</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>40</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,24	nd	nd	nd	nd
L <sub>41</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L <sub>42</sub>	nd	0,40	nd	0,00	nd	nd	nd	0,23	nd	nd	nd	nd
L <sub>43</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,21	nd	nd	nd	nd

\*nd-nije detektovan

### 6.5.2.17. Bioakumulacioni potencijal sremuša u fazi ubiranja

Bioakumulacioni faktor predstavlja sposobnost biljke da akumulira mineralne elemente iz zemljišta tokom svog fiziološkog ciklusa. Kako biljka ima neselektivan mehanizam apsorpcije, Sipter et al. (2009) ukazuju na to da je poznavanje faktora bioakumulacije od velikog značaja za definiciju apsorpcije BE i PTE. Bioakumulacioni faktor pokazuje akumulacioni potencijal sremuša za ispitivane elemente u zemljištu, a izračunava se prema formuli Mganga et al. (2014) na sledeći način:

$$BF = \frac{\text{Sadržaj elementa u biljci (mg/kg)}}{\text{Sadržaj elementa u zemljištu (mg/kg)}}$$

Kao osnova za procenu stepena bioakumulacije sremuša, korišćena je četvorostepena skala, prema sugestijama Michałowski et al. (2001) i Ociepa-Kubicka et al. (2015), kako je prikazano u

Tabela 43. Skala faktora bioakumulacije (Michałowski et al. 2001 i Ociepa-Kubicka et al. 2015)

Skala	Stepen bioakumulacije
0,001–0,01	Nema
0,01–0,1	Slaba
0,1–1,0	Srednja
1,0–10,0	Jaka

Poređenjem izračunatih vrednosti bioakumulacionog potencijala (Tabela 44) sa predloženim skalama bioakumulacije (Tabela 43), konstatuje se da je bioakumulacioni potencijal listova na nekim lokalitetima bio visok u pogledu K, Ca, Zn i As, srednji u pogledu Mg, Cu, B, Ni, Na i Pb i nizak u pogledu Fe, Mn i Cr. U istraživanju Stojkovića (2014) uočen je sličan bioakumulacioni potencijal s tim što je za Mg, Cu, B, Na i Pb ovaj stepen bio viši nego u ovom istraživanju. Prema Kabata-Pendias (2004), ovo se objašnjava različitim međusobnim antagonističkim i sinergističkim odnosima u kojima faktori sredine imaju dominantnu ulogu. Sličan efekat kod vrsta *Rumex acetosa* i *Allium schoenoprasum* iz roda *Allium* prijavili su Sipter et al. (2009) koji su ispitivali stepen bioakumulacije PTE za As, Pb, Cu, Hg, Zn, Hg i Cd. U istraživanju Vuković et al. (2023), primećen je sličan stepen bioakumulacije za K (1,07-1,74 i 0,75-0,94), Ca (0,28-0,56 i 0,05-0,07), Mg (0,02-0,03 i 0,01-0,02), Fe (0,0002-0,0000 i M), (0,001-0,002 i 0,001-0,003), Zn (0,017-0,023 i 0,01-0,025), B (0,07-0,27 i 0,04-0,24) i Ni (0,0004-0,002 i 0,0003-0,001), pri čemu bioakumulacija drugih potencijalno toksičnih elemenata nije bila izražena.

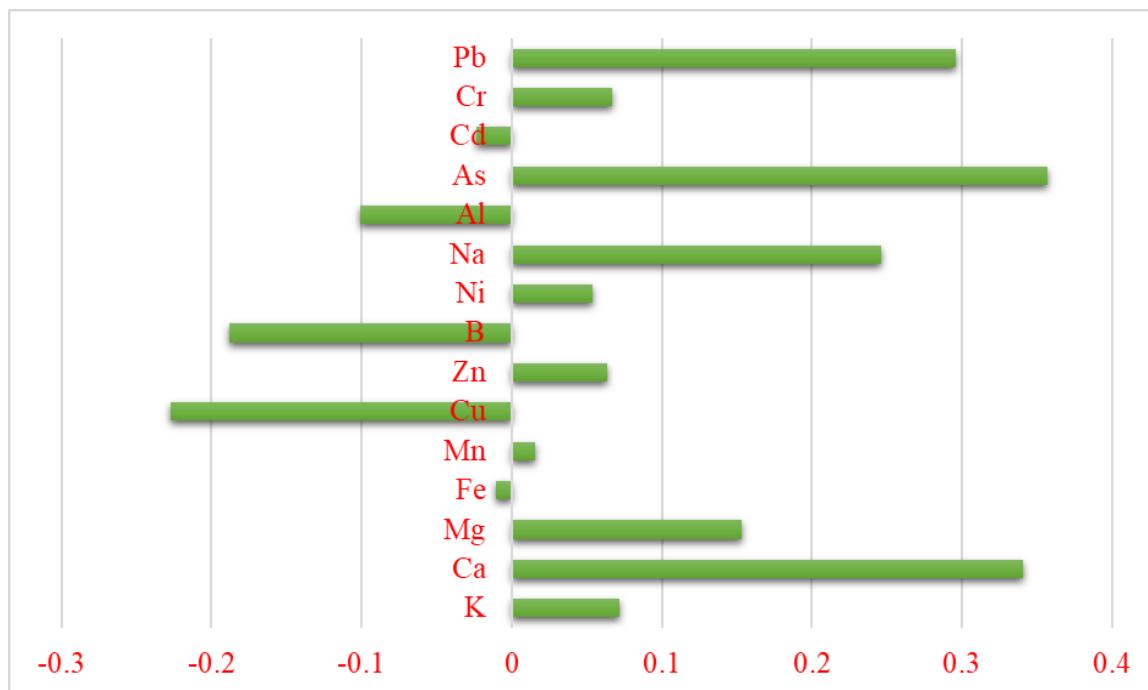
Relativno nejasni načini bioakumulacije sremuša za svaki dati element mogu se dovesti u vezu sa agroekološkim uslovima regiona. Kabata-Pendias (2000), navodi kao mogući razlog da pri visokoj koncentraciji gvožđa u zemljištu na vrhovima korena dolazi do obrazovanja Fe-hidroksidi koji blokiraju usvajanje drugih elemenata. Po njima, drugi razlog je niska temperatura zemljišta koja u većini slučajeva blokira usvajanje i translokaciju velikog broja BE/PTE. Uzimajući u obzir trajanje fiziološkog ciklusa sremuša i povećanu koncentraciju Fe u zemljištu na svim lokacijama (Tabela 14), prepostavlja se da je najverovatnije pomenuti prvi razlog primarno uzrokovan loš bioakumulacioni kapacitet sremuša za većinu PTE. Shodno tome, nedostatak bioakumulacije PTE kod sremuša je poželjna karakteristika ove biljne vrste, što je čini kvalitetnijom za konzumiranje.

Tabela 44. Bioakomulacioni potencijal lista sremuša

Staniste (lokajitet)	Bioakomulacioni potencijal u listu sremuša (mg/kg)													
	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Ni	Na	As	Cr	Pb	Al
L <sub>1</sub>	3,957	0.046	0.052	0.017	0.047	0.091	0.269	nd	0.156	0.288	0.000	0.000	nd	0.026
L <sub>2</sub>	3,549	0.134	0.106	0.002	0.006	0.000	0.080	0.310	0.000	0.507	0.000	0.000	nd	0.004
L <sub>3</sub>	2,300	2,032	0,131	0,013	0,022	0,177	0,113	0,015	0,036	0,398	0,000	0,000	0	0,012
L <sub>4</sub>	2,530	0,050	0,354	0,003	0,007	0,084	0,235	0,034	0,051	1,014	0,012	0,000	0	0,003
L <sub>5</sub>	4,237	0,333	0,162	0,002	0,007	0,084	0,121	nd	0,000	0,464	0,000	0,000	0	0,002
L <sub>6</sub>	3,955	0,025	0,104	0,003	0,009	0,053	0,210	0,056	0,000	0,262	0,000	0,000	nd	0,002
L <sub>7</sub>	1,292	0,388	0,231	0,001	0,012	0,130	0,166	nd	0,088	0,167	0,000	0,000	nd	0,001
L <sub>8</sub>	1,760	0,031	0,101	0,001	0,008	0,000	0,135	0,045	0,000	0,468	0,000	0,000	nd	0,001
L <sub>9</sub>	3,597	0,062	0,181	0,002	0,009	0,156	0,232	nd	0,234	0,736	0,015	0,000	nd	0,002
L <sub>10</sub>	4,042	1,618	0,232	0,004	0,018	0,099	0,114	0,032	0,000	0,395	0,000	0,000	0	0,004
L <sub>11</sub>	2,763	0,205	0,120	0,004	0,003	0,082	0,103	nd	0,000	0,094	0,000	0,000	0	0,003
L <sub>12</sub>	1,688	0,033	0,086	0,006	0,016	0,078	0,159	nd	0,030	0,235	0,000	0,000	nd	0,008
L <sub>13</sub>	0,185	0,500	0,127	0,003	0,006	0,057	0,090	0,078	0,000	0,355	0,048	0,000	nd	0,003
L <sub>14</sub>	1,399	0,044	0,181	0,017	0,012	0,302	0,287	0,049	0,000	0,543	0,015	0,000	nd	0,021
L <sub>15</sub>	4,980	0,461	0,197	0,018	0,004	0,069	0,184	nd	0,127	0,919	0,000	0,000	0	0,018
L <sub>16</sub>	3,444	0,519	0,174	0,021	0,030	0,224	0,072	nd	0,076	0,385	0,000	0,000	nd	0,024
L <sub>17</sub>	3,943	0,220	0,204	0,002	0,009	0,101	0,347	nd	0,230	0,742	0,021	0,000	nd	0,003
L <sub>18</sub>	3,901	0,056	0,051	0,002	0,006	0,000	0,032	0,098	0,011	0,259	0,000	0,000	0	0,001
L <sub>19</sub>	1,900	0,033	0,103	0,001	0,003	0,000	0,061	nd	0,000	0,349	0,000	0,000	nd	0,000
L <sub>20</sub>	3,435	2,250	0,439	0,015	0,021	0,442	0,157	0,599	0,274	0,253	1,079	0,000	0	0,010
L <sub>21</sub>	2,136	0,031	0,039	0,001	0,003	0,000	0,092	0,027	0,000	0,186	0,000	0,000	nd	0,000
L <sub>22</sub>	2,348	0,070	0,111	0,001	0,004	0,000	0,121	nd	0,052	0,429	0,000	0,000	nd	0,000
L <sub>23</sub>	1,798	0,765	0,118	0,006	0,013	0,106	0,188	nd	0,011	0,386	0,000	0,010	nd	0,008
L <sub>24</sub>	2,685	0,838	0,223	0,012	0,018	0,332	0,350	nd	0,221	0,218	0,000	0,000	0	0,012
L <sub>25</sub>	1,796	0,023	0,125	0,002	0,005	0,000	0,109	0,040	0,000	0,378	0,000	0,000	0	0,001
L <sub>26</sub>	3,348	0,244	0,111	0,001	0,006	0,049	0,138	nd	0,017	0,788	0,251	0,000	0	0,001
L <sub>27</sub>	2,201	0,342	0,110	0,003	0,010	0,084	0,139	nd	0,005	0,593	0,000	0,000	0	0,007
L <sub>28</sub>	2,201	0,342	0,110	0,003	0,010	0,084	0,139	nd	0,005	0,593	0,000	0,000	0	0,007
L <sub>29</sub>	1,803	0,820	0,057	0,001	0,004	0,000	0,029	nd	0,000	0,722	0,000	0,000	0	0,000
L <sub>30</sub>	3,123	0,350	0,035	0,001	0,005	0,048	0,179	0,073	0,000	0,227	0,000	0,000	nd	0,001
L <sub>31</sub>	3,664	0,512	0,084	0,000	0,003	0,000	0,084	nd	0,002	0,347	0,000	0,000	0	0,000
L <sub>32</sub>	5,029	0,449	0,128	0,002	0,004	0,031	0,141	nd	0,044	0,473	0,000	0,000	nd	0,002
L <sub>33</sub>	4,982	1,125	0,315	0,001	0,012	0,073	0,094	nd	0,000	0,636	0,000	0,000	0	0,002
L <sub>34</sub>	2,732	0,285	0,190	0,003	0,008	0,086	0,097	0,052	0,000	0,238	0,000	0,000	0	0,004
L <sub>35</sub>	3,135	0,755	0,102	0,016	0,016	0,031	2,186	nd	0,048	0,316	0,011	0,000	0,665	0,003
L <sub>36</sub>	2,906	0,071	0,182	0,001	0,004	0,000	0,112	nd	0,057	0,457	0,000	0,000	nd	0,000
L <sub>37</sub>	3,305	0,788	0,183	0,003	0,007	0,194	0,191	0,074	0,302	0,286	0,000	0,000	0	0,003
L <sub>38</sub>	1,619	1,413	0,407	0,003	0,006	0,462	0,258	nd	0,000	0,313	0,000	0,000	0	0,004
L <sub>39</sub>	2,257	0,050	0,047	0,001	0,007	0,041	0,116	nd	0,000	0,761	0,000	0,000	0	0,000
L <sub>40</sub>	4,838	0,062	0,125	0,007	0,022	0,152	0,382	nd	0,105	0,396	0,000	0,000	0	0,011
L <sub>41</sub>	3,618	0,103	0,117	0,002	0,003	0,000	0,129	nd	0,000	0,373	0,000	0,000	0	0,001
L <sub>42</sub>	4,043	0,511	0,129	0,038	0,041	0,033	0,068	0,088	0,093	0,583	0,012	0,023	0,016	0,030
L <sub>43</sub>	2,175	0,039	0,057	0,004	0,010	0,075	0,124	nd	0,022	0,221	0,000	0,000	nd	0,005

\*nd-nije detektovan

Kako bi se jasnije utvrdilo poreklo BE/PTE u sremušu urađena je korelaciona analiza za odnos zemljište/list (Slika 19). U rezultatima se uočavaju niske pozitivne korelacije za Cd, As, Ca, Pb, Na, Mg, K, Zn, Ni, i Mn, i negativne korelacije za Cu, B, Al, Cr i Fe.



Slika 19. Korelaciona analiza zemljište/biljka (list)

Najbolji korelativni odnos uočen je za sadržaje Ca, Cd, As i Pb. Osim za Ca, i za Cd, As i Pb su detektovani korelacioni odnosi samo na nekim staništima, pri čemu su ovi rezultati samo delimično u saglasnosti sa translokacionim potencijalom obzirom da su sadržaji Al, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu i Cd bili veći u listovima nego u lukovicama sremuša. To uglavnom ukazuje da na poreklo mnogih ovih elemenata veliki uticaj ima antropogeni faktor, što je implicirao i Doğanlar et al. (2011), pri čemu je Ca verovatno poreklom iz zemljišta. Negativna korelacija za pomenute elemente se može objasniti njihovim antagonističkim i sinergističkim načinom usvajanja i činjenicom da glavni izvor nekih elemenata nije tlo već atmosferski talog, koga list apsorbuje iz padavina, putem stomha (Zwolak et al., 2019).

### 6.5.3. Fitohemijske analize biljnog materijala - sadržaj polifenola i flavonoida

Fenolna jedinjenja i njihove derivate čine mnogobrojna jedinjenja koja na aromatičnom prstenu sadrže hidroksilnu grupu. Naime, jedinjenja koja u aromatičnom prstenu imaju više od jedne hidroksilne grupe nazivaju se polifenolima. Ranije, polifenoli su posmatrani kao krajnji produkt metabolizma biljaka (Kişgeci 2008). U današnje vreme polifenoli se smatraju aktivnim metabolitima koji igraju višestruku ulogu u različitim fiziološkim procesima – fotosintezi, disanju, rastu, otpornošću biljaka prema infekcijama. Oni su zapravo sekundarni metaboliti biljaka i predstavljaju jednu od najvažnijih grupa bioaktivnih jedinjenja u biljkama. Njihov biološki značaj uglavnom zavisi od njihove distribucije u biljnim organima. Najveća količina polifenola nalazi se u funkcionalnim organima – listovima, cvetovima, plodovima i pokornim tkivima koja imaju pre svega zaštitnu ulogu. Različiti biljni organi i tkiva sadrže, ne samo različitu količinu polifenola, nego i polifenole različitog tipa

(Hemingway et al., 2012). Lachowicz et al. (2017) su utvrdili da sremuš najviše polifenola sadrži u mladim listovima.

Od fenolnih jedinjenja sa tri aromatična prstena veliku grupu prirodnih jedinjenja čine flavonoidi, koji predstavljaju najveću grupu fenolnih jedinjenja. Široko su rasprostranjeni u svim biljnim organima, najčešće u formi glikozida. Imaju različite uloge u biljkama, od učešća u oprašivanju, pružanju zaštite od štetnog UV zračenja, katalizatora u fotosintezi, regulatora metabolizma gvožđa u fosforilaciji i „hvatača“ reaktivnih kiseoničnih (ROS) i azotnih (RNS) vrsta do posebnih superoksida anjona i hidroksil radikala (Harborne, 2013). Prema Oszmiański i sar. (2012), ova jedinjenja u velikoj meri su prisutna u sremušu, najviše u listovima, potom u lukovicama a nešto manje u semenu.

U Tabeli 45 prikazan je prosečan sadržaj ukupnih polifenola i flavonoida u svežim listovima sremuša u ovom istraživanju. Uočavaju se značajne razlike između staništa u sadržajima polifenola i flavonoida (Tabela 45, Slika 20); ukupni sadržaj polifenola varirao je u intervalu od 1,47 do 2,49 mg FAE /g a flavonoida od 0,27 do 0,82 mg QE/g, ukazujući na visoku varijabilnost (min/max: oko 60% za polifenole i oko 33 % za flavonoide). Lachowicz et al. (2017) sugerisu da varijabilnost u sadržaju polifenola u listu sremuša zavisi od vremena ubiranja to jest od fiziološke faze u kojoj se list ubira; sadržaj polifenola u listovima ubranim tokom marta bio je u intervalu 38,1–47,7 mg/100 g, što je slično ovom istraživanju (Tabela 45). Gotovo isti varjabilitet (oko 60%) u sadržaju polifenola (od 642,95 do 1069,51 mg GAE/kg) nedavno su prijavili Kovarović et al. (2021), ističući ekološke faktore kao glavne uzročnike varijabilnosti. Ispitivanjem uticaja tipa zemljišta na sadržaj polifenola i flavonoida kod Gordanića et al. (2022), različiti sadržaji polifenola (1,42–1,98 mg/g FAE) i flavonoida (0,35–1,28 mg/g QE) pripisani su uticaju zemljišta. Slično, Pejatović et al. (2017) variranje u sadržaju polifenola (1027,77–2111,11 mg GAE/100g) i flavonoida (13,75– 20,00 mg QE/g) u suvom listu sremuša pripisuju uticaju staništa (ekotipa) a slično tvrde i Voća et al. (2022) za varijabinost polifenola (138,41–186,18 mg GAE/100g) i flavonoida (75,49–110,65 mg CTH 100/g).

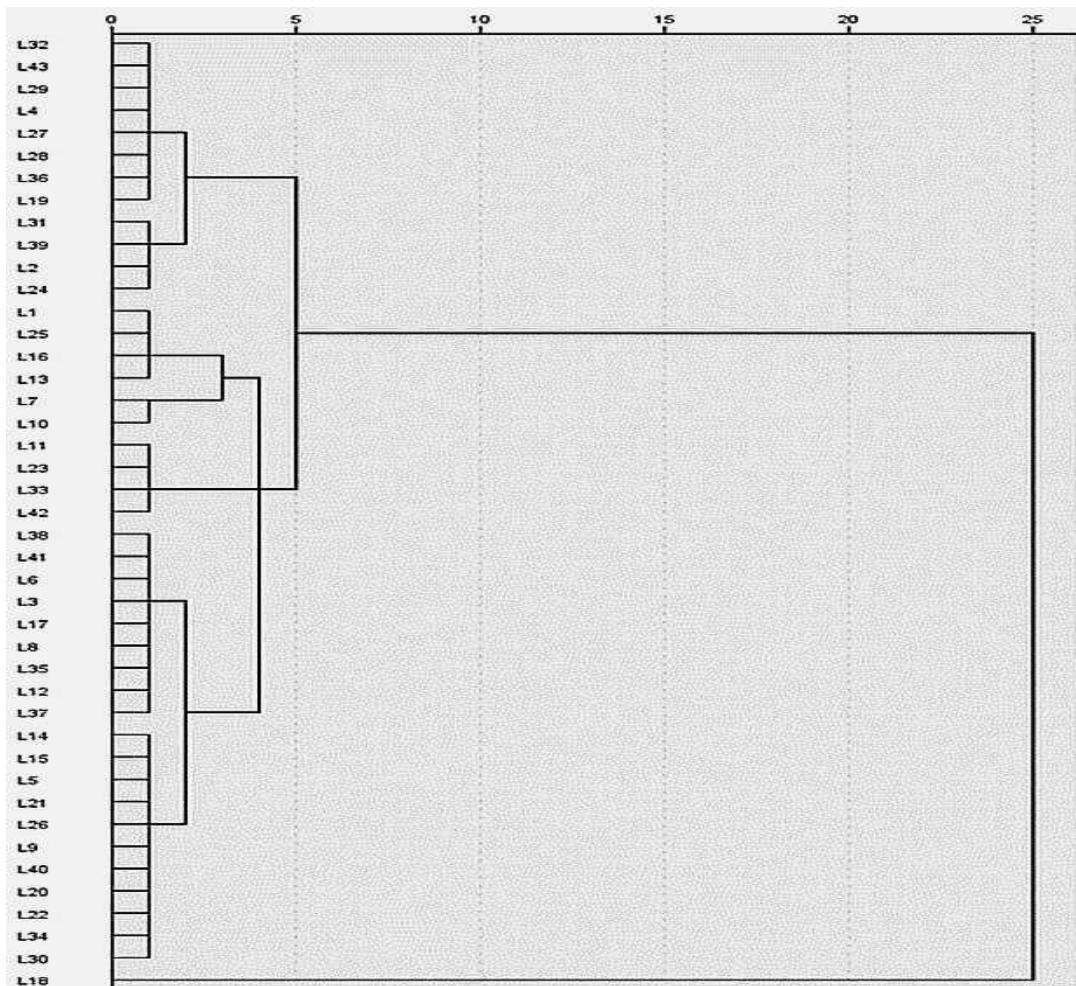
Zbog kompleksnog broja lokaliteta i jednostavnijeg sagledavanja variranja među njima, urađena je klaster analiza staništa koja je predstavljena na Slici 20. Na njoj su su lokaliteti grupisani prema sadržaju polifenola i flavonoida. Rezultati su se grupisali u šest klastera. U prvom klasteru grupisani su uzorci sa staništa: L<sub>22</sub> i L<sub>25</sub>, drugi L<sub>36</sub> i L<sub>35</sub> treći L<sub>33</sub> i L<sub>36</sub>, dok su se u četvrtom i petom klasteru grupisali sledeći uzorci: L<sub>7</sub>, L<sub>16</sub> i L<sub>13</sub>, L<sub>37</sub>. Na kraju, šesti klaster je formiran od oko 77% uzorka, sa najmanjim međusobnim varijabilitetom u sadržaju ispitivanih jedinjenja. Heimler et al. (2017) navode da postoji značajna korelacija između parametara životne sredine i sadržaja polifenola u biljkama, njihov se različit sadržaj prema Chandola et al. (2022) može pripisati sintezi ostalih, nefenolnih jedinjenja (ugljenih hidrata, terprena, itd.) ili stvaranju kompleksa između pojedinih jedinjenja, uslovljenih ekološkim činiocima.

Kod većine biljnih vrsta, veliki uticaj na njihovu produkciju imaju klimatski činioci, koji imaju važnu ulogu u adaptaciji većine biljnih vrsta na uslove spoljne sredine (Medda et al., 2022). Sadržaj polifenola u biljkama pozitivno korelira sa višim temperaturama i sa više osvetljenja koje biljke štiti od štetnog UV zračenja. Suprotno tome, povećana količina padavina nepovoljno utiče na njihovu produkciju obzirom da se više sintetišu nefenolnih jedinjenja (Mansour-Gueddes et al., 2022). Poredеći sadržaje polifenola i flavonoida na staništima na kojima su evidentirani klimatski parametri (L<sub>9</sub>, L<sub>11</sub>, L<sub>25</sub>, L<sub>39</sub>, L<sub>43</sub>, Tabela 24), konstatovano je da su u maloj meri doprineli razlici polifenola i flavonoida u listu sremuša (Slika 20).

Tabela 45. Prosečan sadržaj ukupnih polifenola i flavonoida u svežem listu sremuša

Staniste (lokalitet)	Prosečan sadržaj	
	Polifenoli (mg FAE/g ± SD)	Flavonoidi (mg QE/g QE ± SD)
L <sub>1</sub>	2,01 ± 0,03 <sup>d</sup>	0,69 ± 0,01 <sup>cd</sup>
L <sub>2</sub>	1,57 ± 0,01 <sup>qr</sup>	0,49 ± 0,02 <sup>ghi</sup>
L <sub>3</sub>	2,00 ± 0,19 <sup>d</sup>	0,44 ± 0,02 <sup>hijklm</sup>
L <sub>4</sub>	1,61 ± 0,09 <sup>p</sup>	0,45 ± 0,01 <sup>ghi</sup>
L <sub>5</sub>	1,84 ± 0,09 <sup>hijk</sup>	0,49 ± 0,03 <sup>efg</sup>
L <sub>6</sub>	1,91 ± 0,19 <sup>efg</sup>	0,53 ± 0,03 <sup>e</sup>
L <sub>7</sub>	1,78 ± 0,14 <sup>iklm</sup>	0,76 ± 0,04 <sup>ab</sup>
L <sub>8</sub>	1,98 ± 0,14 <sup>e</sup>	0,37 ± 0,01 <sup>mnopq</sup>
L <sub>9</sub>	1,84 ± 0,01 <sup>ghi</sup>	0,41 ± 0,00 <sup>ijklmnop</sup>
L <sub>10</sub>	1,80 ± 0,11 <sup>hijkl</sup>	0,64 ± 0,03 <sup>d</sup>
L <sub>11</sub>	2,18 ± 0,11 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>pq</sup>
L <sub>12</sub>	1,98 ± 0,04 <sup>efg</sup>	0,40 ± 0,01 <sup>nopq</sup>
L <sub>13</sub>	2,06 ± 0,12 <sup>d</sup>	0,68 ± 0,06 <sup>cd</sup>
L <sub>14</sub>	1,74 ± 0,16 <sup>mno</sup>	0,50 ± 0,03 <sup>efgh</sup>
L <sub>15</sub>	1,79 ± 0,05 <sup>ijklm</sup>	0,50 ± 0,05 <sup>fgih</sup>
L <sub>16</sub>	2,02 ± 0,18 <sup>d</sup>	0,67 ± 0,01 <sup>bc</sup>
L <sub>17</sub>	2,00 ± 0,09 <sup>cd</sup>	0,42 ± 0,03 <sup>hijkl</sup>
L <sub>18</sub>	2,49 ± 0,34 <sup>a</sup>	0,82 ± 0,04 <sup>a</sup>
L <sub>19</sub>	1,71 ± 0,13 <sup>mn</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>klmnopq</sup>
L <sub>20</sub>	1,82 ± 0,09 <sup>ghij</sup>	0,36 ± 0,01 <sup>pq</sup>
L <sub>21</sub>	1,77 ± 0,13 <sup>klm</sup>	0,41 ± 0,03 <sup>hijkl</sup>
L <sub>22</sub>	1,83 ± 0,13 <sup>ghij</sup>	0,34 ± 0,03 <sup>pq</sup>
L <sub>23</sub>	2,17 ± 0,18 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,03 <sup>qr</sup>
L <sub>24</sub>	1,48 ± 0,08 <sup>rs</sup>	0,51 ± 0,00 <sup>ef</sup>
L <sub>25</sub>	2,01 ± 0,03 <sup>pq</sup>	0,69 ± 0,01 <sup>bc</sup>
L <sub>26</sub>	1,78 ± 0,14 <sup>lm</sup>	0,36 ± 0,01 <sup>nopq</sup>
L <sub>27</sub>	1,62 ± 0,06 <sup>op</sup>	0,45 ± 0,01 <sup>ghijk</sup>
L <sub>28</sub>	1,64 ± 0,16 <sup>nop</sup>	0,36 ± 0,04 <sup>qr</sup>
L <sub>29</sub>	1,67 ± 0,12 <sup>nop</sup>	0,42 ± 0,04 <sup>ghij</sup>
L <sub>30</sub>	1,86 ± 0,09 <sup>efg</sup>	0,29 ± 0,01 <sup>rs</sup>
L <sub>31</sub>	1,47 ± 0,08 <sup>s</sup>	0,41 ± 0,04 <sup>ijklmn</sup>
L <sub>32</sub>	1,67 ± 0,10 <sup>ef</sup>	0,45 ± 0,02 <sup>ijklm</sup>
L <sub>33</sub>	2,10 ± 0,08 <sup>cd</sup>	0,44 ± 0,01 <sup>ijklmno</sup>
L <sub>34</sub>	1,86 ± 0,12 <sup>fg</sup>	0,36 ± 0,00 <sup>lmnopq</sup>
L <sub>35</sub>	1,97 ± 0,17 <sup>efg</sup>	0,38 ± 0,03 <sup>opq</sup>
L <sub>36</sub>	1,66 ± 0,07 <sup>ef</sup>	0,34 ± 0,02 <sup>pq</sup>
L <sub>37</sub>	1,94 ± 0,19 <sup>e</sup>	0,49 ± 0,04 <sup>bc</sup>
L <sub>38</sub>	1,92 ± 0,12 <sup>fg</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>klmnop</sup>
L <sub>39</sub>	1,48 ± 0,12 <sup>rs</sup>	0,36 ± 0,04 <sup>klmnopq</sup>
L <sub>40</sub>	1,81 ± 0,16 <sup>hijk</sup>	0,40 ± 0,01 <sup>ijklmnop</sup>
L <sub>41</sub>	1,95 ± 0,19 <sup>e</sup>	0,50 ± 0,04 <sup>bc</sup>
L <sub>42</sub>	2,12 ± 0,16 <sup>bc</sup>	0,27 ± 0,01 <sup>s</sup>
L <sub>43</sub>	1,67 ± 0,10 <sup>op</sup>	0,45 ± 0,02 <sup>ijklm</sup>

Međutim, istraživanje Hättenschwiler et al. (2000), ukazuje da sastav zemljišta može imati veliki uticaj na sadržaj fenolnih jedinjenja u biljkama. Isto su utvrdili i drugi istraživači (Deng et al., 2014; Nguyen et al., 2008; Stewart et al., 2001), navodeći da se sekundarni metaboliti najviše nakupljaju pri niskoj dostupnosti biogenih elemenata, što korelira sa podacima iz ovog istraživanja. Nunez-Ramirez et al. (2011) ističu da je antioksidativna aktivnost i koncentracija ukupnih polifenola najviše uslovljena sadržajem azota u zemljištu. Sinković et al., (2015) ukazuju da se povišene koncentracije polifenola povezuju sa većim sadržajem azota i organskih supstanci uz odsustvo nekih mineralnih elemenata. Cetinkaya et al. (2016) tvrde da veća dostupnost biogenih elemenata Ca, Mn, Fe i Zn u zemljištu negativno korelira sa sadržajem polifenola jer se pojačava sinteza proteina a smanjuje sinteza sekundarnih metabolita. Uzimajući u obzir dobru snabdevenost ispitivanih zemljišta azotom i organskim supstancama (Tabela 13), pretpostavlja se da je elementalni sastav zemljišta (Tabele 14–17) najveći uzrok različite produkcije fenolnih jedinjenja u biljci. Gordanić et al. (2022) ističu tip zemljišta kao glavni uzročnik za ispoljavanje varijabiliteta u sadržaju ovih jedinjenja. Zbog različitih fizičko-hemijskih osobina, zemljišta poseduju različit vodni kapacitet i tako uzrokuju različit sadržaj fenolnih jedinjenja u sremušima koji su rasli na različitim podlogama. Na osnovu svega iznetog, može se konstatovati da sadržaj polifenola i flavonoida zavisi najpre od zemljišta na kome raste, a u manjoj meri i od klimatskih činilaca.



Slika 20. Klaster analiza prema sadržaju polifenola i flavonoida u sremušu

## 7. ZAKLJUČCI

Za potrebe ove disertacije tokom trogodišnjeg perioda sprovedena su obimna terenska i laboratorijska istraživanja koja su imala za cilj da identifikuju i prouče biljke sremuša i njegova staništa na teritoriji Republike Srbije. Na osnovu dobijenih rezultata i njihovog sistematskog i naučnog sagledavanja mogu se izneti sledeći zaključci:

- ≡ Proučavane populacije sremuša spontano rastu na terenima različitih ekspozicija i klimatskih i zemljisnih karakteristika, što se reflektuje na njihove morfološke i hemijske odlike.
- ≡ Samonikle populacije sremuša preferiraju rast u uslovima šumske vegetacije i na teritoriji Republike Srbije uspevaju na nadmorskim visinama koje variraju u intervalu od 70 do 1211 m, na ekspozicijama koje su češće severne, severoistočne ili severozapadne, retko južne, u vlažnim klimatskim uslovima i tokom vegetacije i izvan nje. Na staništima nižih nadmorskih visina, više temperature ubrzavaju fenološke faze sremuša, skraćujući dužinu perioda eksploatacije njegovih listova.
- ≡ Na prirodnim staništima sremuša utvrđeno je više tipova zemljista, a prema zastupljenosti to su bili: eutrični kambisol > distrični kambisol > luvisol > rendzina > ranker > euglej > crvenica > černozem. Zemljista su bila širokog pH intervala (od jako kisele do blago alkalne reakcije), najčešće bogato obezbeđena humusom, sa solidnim zalihama ukupnog azota, dobro ili bogato obezbeđena pristupačnim kalijumom, vrlo slabo do slabo obezbeđena pristupačnim fosforom. U pogledu ukupnog sadržaja biogenih mikroelemenata, Fe i Mn su varirali u širokim intervalima (1,19–8,98% i 270–5980 mg/kg, respektivno) što je zavisilo od tipa zemljista i porekla matičnog supstrata, dok su sadržaji Zn i Cu u većini zemljista bili ispod maksimalno dozvoljenih granica (WHO), uz nekoliko izuzetaka na lokalitetima u planinskom regionu, verovatno zbog geohemiskog porekla (matični supstrat). Sadržaji drugih BE i PTE u zemljistima varirali su u zavisnosti od lokaliteta ( $Al > Ca > Mg > V > Na > Ni > Cr > Pb > As > B > Co > Cr^{6+} > Sb > Hg > Cd$ ), pri čemu su pojedina zemljista sadržavala neke elemente i iznad dozvoljenih granica. Prema determinisanom faktoru kontaminacije, zemljista na pojedinim lokacijama su imala značajan stepen kontaminacije sa Ni i umeren stepen kontaminacije sa Cu, Hg, Co i V.
- ≡ Analizom morfoloških parametara, sremuš sa nadmorskih visina iznad 500 m je imao veći prinos lista ( $239,47 \text{ g/m}^2$ ) u poređenju sa sremušem sa nižih nadmorskih visina ( $211,63 \text{ g/m}^2$ ), što se korelativnom analizom direktno povezuje sa klimatskim faktorima. Najjača korelacija je zabeležena između mase cele biljke i listova, širine listova, dužine cele biljke i relativne vlažnosti vazduha, a potom i između prinosa lista i temperature vazduha.
- ≡ Biljni materijal sremuša je dobar izvor mineralnih elemenata, pri čemu sadržaji elemenata zavise od staništa. U opadajućem nizu, sadržaji su bili sledeći:  $K_2O > Ca > Mg > Fe > Al > Na > Zn > Mn > Pb > B > Ni > Cu > As > Cd > Cr$ . Sadržaji elemenata zavise i od biljnog organa, pa je tako sadržaj Al, Mn, Fe, Zn, Ni, Cu i Cd bio viši u listovima nego u lukovici, za razliku od ostalih elemenata, što potvrđuje izražen translokacioni potencijal kod sremuša. Ova biljna vrsta ima i izražen bioakumulacioni potencijal i to za apsorpciju  $K_2O$ , Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Ni, Na, As, Cr i Pb.
- ≡ Totalni sadržaj polifenola u listu sremuša je varirao u intervalu  $1,47\text{--}2,49 \text{ mg FAE/g}$ , a flavonoida u intervalu  $0,27\text{--}0,82 \text{ mgQE/g}$ , što je prilično veliki varijabilitet (min/max oko 60% za polifenole i oko 33% za flavonoide). Nakon distribucije rezultata u šest klastera, oko 70% uzoraka je svrstano u

klaster grupu čiji biljni materijal potiče sa staništa koja su na višim nadmorskim visinama.

- ≡ Poznavanje rezultata svih analiziranih parametara može se iskoristiti za odabir genotipova radi eksploatacije njihovih reproduktivnih organa (seme i lukovice) u cilju uspostavljanja tehnologije proizvodnje ove biljne vrste, čime bi se smanjilo njeno sakupljanje iz prirode i zaustavila neracionalna eksploatacija i degradacija prirodnih staništa sremuša na teritoriji Republike Srbije.
- ≡ Za berbu lista sremuša u ranom prolećnom periodu (sredina marta) treba koristiti populacije sa nižih nadmorskih visina (ispod 500 m), a sredinom aprila i početkom maja populacije sa viših nadmorskih visina (preko 500 m). Na osnovu svih analiziranih parametara u okviru ovog istraživanja može se zaključiti da se najpogodnije populacije sa nižih nadmorskih visina nalaze se u Bojčinskoj šumi i u podnožju Fruške Gore (Ležimir, Đipša i Sviloš), a sa viših na Goču, Ravnoj Gori i u blizini Valjeva (Povlen i Bobija).

## 8. LITERATURA

1. Abbaspour, N., Hurrell, R., Kelishadi, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 19(2), 164.
2. Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability and risks of metals, second ed. Springer-Verlag, New York.
3. Al-Salman, I. M., & Abdul-Aziz, M. (2002). Lead Bio-accumulation in Baghdad City- Iraq. *Jordan Journal of Applied Science*, 4(2), 6-11.
4. Andersson, M. E. (1993). Aluminium toxicity as a factor limiting the distribution of *Allium ursinum* (L.). *Annals of Botany*, 72(6), 607-611.
5. Ankri, S., & Mirelman, D. (1999). Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and infection*, 1(2), 125-129.
6. Antonkiewicz, J., Popławska, A., Kołodziej, B., Ciarkowska, K., Gambuś, F., Bryk, M., & Babula, J. (2020). Application of ash and municipal sewage sludge as macronutrient sources in sustainable plant biomass production. *Journal of environmental management*, 264, 110450.
7. Araya, M., Pizarro, F., Olivares, M., Arredondo, M., Gonzalez, M., & Méndez, M. (2006). Understanding copper homeostasis in humans and copper effects on health. *Biological research*, 39(1), 183-187.
8. Arslanian, S., & Austin, A. (1991). Impaired insulin mediated potassium uptake in adolescents with IDDM. *Biochemical medicine and metabolic biology*, 46(3), 364-372.
9. Asemani, Y., Zamani, N., Bayat, M., & Amirghofran, Z. (2019). *Allium* vegetables for possible future of cancer treatment. *Phytotherapy Research*, 33(12), 3019-3039.
10. Babić, V. (2014). Uticaj ekoloških faktora i sastojinskih karakteristika na prirodnu obnovu šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* agg. Ehr.) na Fruškoj gori. *Универзитет у Београду*.
11. Baker, A. J., & Brooks, R. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, 1(2), 81-126.
12. Bakirdere, S., Orenay, S., & Korkmaz, M. (2010). Effect of boron on human health. *The Open Mineral Processing Journal*, 3(1).
13. Barałkiewicz, D., & Siepak, J. (1999). Chromium, nickel and cobalt in environmental samples and existing legal norms. *Polish journal of environmental studies*, 8(4), 201-208.
14. Barba, F. J., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2014). Bioactive components from leaf vegetable products. *Studies in natural products chemistry*, 41, 321-346.
15. Bartošová, L., Bauer, Z., Trnka, M., Štěpánek, P., & Žalud, Z. (2010). Climatic factors and their influence on onset and duration of phenological phases of chosen plants at locations south Moravia during 1961-2007. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 58(2), 35-44.
16. Belić, M., Nešić, L., & Ćirić, V. (2014). Praktikum iz pedologije. *Univerzitet u Novom Sadu*,

Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1-90.

17. Benkeblia, N., & Lanzotti, V. (2007). *Allium* thiosulfinates: chemistry, biological properties and their potential utilization in food preservation. *Food*, 1(2), 193-201.
18. Bjedov, I. (2012). *Taksonomska i ekološka istraživanja vrsta roda Vaccinium L. u Srbiji* (Doctoral dissertation, University of Belgrade, Faculty of Forestry).
19. Blake, L., & Goulding, K. W. T. (2002). Effects of atmospheric deposition, soil pH and acidification on heavy metal contents in soils and vegetation of semi-natural ecosystems at Rothamsted Experimental Station, UK. *Plant and soil*, 240, 235-251.
20. Blazewicz-Wozniak, M., & Michowska, A. (2011). The growth, flowering and chemical composition of leaves of three ecotypes of *Allium ursinum* L. *Acta Agrobotanica*, 64(4).
21. Bodó, A., Farkas, Á., Nagy, D. U., Rudolf, K., Hoffmann, R., Kocsis, M., & Morschhauser, T. (2021). Soil humus, iron, sulphate and magnesium content affect nectar traits of wild garlic (*Allium ursinum* L.). *Plants*, 10(3), 597.
22. Bogdanović, D. (2007). Izvori zagađenja zemljišta niklom. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad, 31(1), 21-28.
23. Böhling, N. (2007). Dauerflächenbeobachtung im buchenreichen Eichen-Hainbuchenwald „Hohes Reisach“: Regeneriert sich die Artenvielfalt der Waldbodenvegetation nach einer erneuten Durchforstung und Sturmschäden. *Carolinea*, 65, 163-177.
24. Bombicz, M., Priksz, D., Varga, B., Gesztelyi, R., Kertesz, A., Lengyel, P., ... & Juhasz, B. (2016). Anti-atherogenic properties of *Allium ursinum* liophylisate: Impact on lipoprotein homeostasis and cardiac biomarkers in hypercholesterolemic rabbits. *International journal of molecular sciences*, 17(8), 1284.
25. Bombicz, M., Priksz, D., Varga, B., Kurucz, A., Kertész, A., Takacs, A., ... & Juhasz, B. (2017). A novel therapeutic approach in the treatment of pulmonary arterial hypertension: *Allium ursinum* liophylisate alleviates symptoms comparably to sildenafil. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1436.
26. Boscher, J., Auger, J., Mandon, N., & Ferary, S. (1995). Qualitative and quantitative comparison of volatile sulphides and flavour precursors in different organs of some wild and cultivated garlics. *Biochemical systematics and ecology*, 23(7-8), 787-791.
27. Bowman, A. B., Kwakye, G. F., Hernández, E. H., & Aschner, M. (2011). Role of manganese in neurodegenerative diseases. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 25(4), 191-203.
28. Brehm, G., Homeier, J., Fiedler, K., Kottke, I., Illig, J., Nöske, N. M., ... & Breckle, S. W. (2008). Mountain rain forests in southern Ecuador as a hotspot of biodiversity-limited knowledge and diverging patterns. *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador*, 15-23.
29. Brian, J. V., Fernandes, T., Ladle, R. J., & Todd, P. A. (2006). Patterns of morphological and genetic variability in UK populations of the shore crab, *Carcinus maenas* Linnaeus, 1758 (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 329(1), 47-54.
30. Canter, P. H., Thomas, H., & Ernst, E. (2005). Bringing medicinal plants into cultivation:

- opportunities and challenges for biotechnology. *TRENDS in Biotechnology*, 23(4), 180-185.
31. Cetinkaya, H., Koc, M., & Kulak, M. (2016). Monitoring of mineral and polyphenol content in olive leaves under drought conditions: Application chemometric techniques. *Industrial Crops and Products*, 88, 78-84.
  32. Chandola, V., Chandra, S., Nautiyal, A. R., & Concenço, G. (2022). Antioxidant potential and impact of different extraction solvents on the free, esterified and insoluble-bound phenolics, flavonoid and tannin content of *Trillium govanianum* Wall ex D. Don, a rare Himalayan herb. *Vegetos*, 35(4), 953-960.
  33. Chasapis, C. T., Ntoupa, P. S. A., Spiliopoulou, C. A., & Stefanidou, M. E. (2020). Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Archives of toxicology*, 94, 1443-1460.
  34. Chen, J. M., & Black, T. A. (1991). Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57(1-3), 1-12.
  35. Chen, M., Ma, L. Q., & Harris, W. G. (1999). *Baseline concentrations of 15 trace elements in Florida surface soils*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 28(4): 1173-1181.
  36. Condrat, D., Mosoarca, C., Zamfir, A. D., Crișan, F., Szabo, M. R., & Lupea, A. X. (2010). Qualitative and quantitative analysis of gallic acid in *Alchemilla vulgaris*, *Allium ursinum*, *Acorus calamus* and *Solidago virga-aurea* by chip-electrospray ionization mass spectrometry and high performance liquid chromatography. *Central European Journal of Chemistry*, 8, 530-535.
  37. Cordell, S., Goldstein, G., Mueller-Dombois, D., Webb, D., & Vitousek, P. M. (1998). Physiological and morphological variation in *Metrosideros polymorpha*, a dominant Hawaiian tree species, along an altitudinal gradient: the role of phenotypic plasticity. *Oecologia*, 113, 188-196.
  38. Dajić Stevanović, Z., Petrović, M., & Ačić, S. (2014). Ethnobotanical knowledge and traditional use of plants in Serbia in relation to sustainable rural development. Ethnobotany and Biocultural Diversities in the Balkans: perspectives on sustainable rural development and reconciliation, 229-252.
  39. Daničić, V. (2002). Vitaminologija, Beograd.
  40. Deng, B., Fang, S., Yang, W., Tian, Y., & Shang, X. (2014). Provenance variation in growth and wood properties of juvenile *Cyclocarya paliurus*. *New forests*, 45, 625-639.
  41. Dhein, S., Sabha, D., Hiyasat, B., Schlegel, F., Grötzingen, K., Hennig, L., ... & Mohr, F. W. (2012). A new antiaggregatory components isolated from *Allium ursinum* blocks ADP-induced aggregation of human platelets. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*, 60(S 01), P48.
  42. Djurdjevic, L., Dinic, A., Pavlovic, P., Mitrovic, M., Karadzic, B., & Tesevic, V. (2004). Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. *Biochemical systematics and ecology*, 32(6), 533-544.
  43. Doğanlar, Z. B., & Atmaca, M. (2011). Influence of airborne pollution on Cd, Zn, Pb, Cu, and Al accumulation and physiological parameters of plant leaves in Antakya (Turkey). *Water, Air, & Soil Pollution*, 214, 509-523.
  44. Dozet, D., Nešić, L., Belić, M., Bogdanović, D., Ninkov, J., Zeremski, T., ... & Banjac, B.

- (2011). Origin and content of nickel in alluvial-diluvial soils of Srem, Serbia. *Ratarstvo i povrтарство/Field and Vegetable Crops Research*, 48(2), 369-374.
45. Dzeletovic, Z., Simic, A., Markovic, J., Andrejic, G., Denader, T., & Babic, S. (2022). Fertility and chemical composition of forest soils covered with *Allium ursinum* L. in Serbia. *Feb-fresenius environmental bulletin*, 5197.
46. Džamić, R., & Stevanović, D. (2007). Agrohemija. Partenon.
47. Đorđević, A. R., & Radmanović, S. B. (2018). Pedologija [Pedology]. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
48. Easlon, H. M., & Bloom, A. J. (2014). Easy Leaf Area: Automated Digital Image Analysis for Rapid and Accurate Measurement of Leaf Area. *Applications in Plant Sciences*, 2(7), 1400033. doi:10.3732/apps.1400033
49. Eggert, A. (1992). Dry matter economy and reproduction of a temperate forest spring geophyte, *Allium ursinum*. *Ecography*, 15(1), 45-55.
50. Ellingsen, D. G., Shvartsman, G., Bast-Pettersen, R., Chashchin, M., Thomassen, Y., & Chashchin, V. (2019). Neurobehavioral performance of patients diagnosed with manganese and idiopathic Parkinson disease. *International archives of occupational and environmental health*, 92, 383-394.
51. Ernst, W. H. O. (1979). Population biology of *Allium ursinum* in northern Germany. *The Journal of Ecology*, 347-362.
52. Falkengren-Grerup, U., & Tyler, G. (1993). Soil chemical properties excluding field-layer species from beech forest mor. *Plant and Soil*, 148, 185-191.
53. Fallahi, F., Roghani, M., & Khalilizad, M. (2010). The effect of oral administration of *Allium ursinum* on thoracic aorta contractile responsiveness in diabetic rats. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, 12(4), 70-78.
54. Fritsch, R. M., & Keusgen, M. (2006). Occurrence and taxonomic significance of cysteine sulphoxides in the genus *Allium* L. (Alliaceae). *Phytochemistry*, 67(11), 1127-1135.
55. Gburčik, P. (1995). *Šumarska ekoklimatologija*. Šumarski fakultet Univerziteta.
56. Gins, M., Gins, V., Motyleva, S., Kulikov, I., Medvedev, S., Kononkov, P., & Pivovarov, V. (2018). Mineral composition of amaranth (*Amaranthus* L.) seeds of vegetable and grain usage by ARHIVBSP selection. *Potravinarstvo*, 12(1).
57. Gîtin, L., Dinica, R., & Parnavel, R. (2012). The influence of extraction method on the apparent content of bioactive compounds in Romanian *Allium* spp. leaves. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1), 93-97.
58. Gođevac, D., Vujisić, L., Mojović, M., Ignjatović, A., Spasojević, I., & Vajs, V. (2008). Evaluation of antioxidant capacity of *Allium ursinum* L. volatile oil and its effect on membrane fluidity. *Food chemistry*, 107(4), 1692-1700.
59. Gordanić, S., Radanović, D., Vuković, S., Kolašinac, S., Kilibarda, S., Marković, T., ... & Kostić, A. Ž. (2022). Phytochemical characterization and antioxidant potential of *Allium ursinum* L. cultivated on different soil types-a preliminary study. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 34(11), 904-914.

60. Gordanić, S., Simić, A., Radanović, D., Marković, T., Mrđan, S., Vuković, S., ... & Moravčević, Đ. (2021). Morphological definition populations of *Allium ursinum* L. from the western part of the Republic of Serbia. *AGRORES*, 2021(10), 104.
61. Gough, D. S., Hannaford, P., Lowe, R. M., & Willis, A. P. (1985). Hyperfine structures in 51V using laser saturation spectroscopy in a hollow-cathode discharge. *Journal of Physics B: Atomic and Molecular Physics*, 18(19), 3895.
62. Graham, R. D., Welch, R. M., Grunes, D. L., Cary, E. E., & NoRVELL, W. A. (1987). Effect of zinc deficiency on the accumulation of boron and other mineral nutrients in barley. *Soil Science Society of America Journal*, 51(3), 652-657.
63. Grubačić, M. (2012). Osnovi tehnologije voća i povrća, Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci,,„Atlantik BB“, Banja Luka.
64. Guest, C. A., Schulze, D. G., Thompson, I. A., & Huber, D. M. (2002). Correlating manganese x-ray absorption near-edge structure spectra with extractable soil manganese. *Soil Science Society of America Journal*, 66(4), 1172-1181.
65. Hæggström, C. A., Hæggström, E., Carlsson, R., & von Numers, M. (2016). *Allium ursinum* (Alliaceae) in Finland. *Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica*, 92: 54–78.
66. Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14, 995–1001. doi:10.1016/0043-8135(80)90143-8.
67. Harborne, J. B. (2013). The flavonoids: advances in research since 1980.
68. Hariyadi, B. (2011). Obat Rajo Obat Ditawar: Tumbuhan Obat dan Pengobatan Tradisional Masyarakat Serampas–Jambi 1. *Biospecies*, 4(2).
69. Hättenschwiler, S., & Vitousek, P. M. (2000). The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. *Trends in ecology & evolution*, 15(6), 238-243.
70. Heimler, D., Romani, A., & Ieri, F. (2017). Plant polyphenol content, soil fertilization and agricultural management: A review. *European Food Research and Technology*, 243, 1107-1115.
71. Heinrichs, S., Dierschke, H., Kompa, T., & Schmidt, W. (2018). Effect of phenology, nutrient availability and windthrow on flowering of *Allium ursinum*-results from long-term monitoring and experiments. *Tuexenia*, 38, 111-134.
72. Heinrichs, S., Winterhoff, W., & Schmidt, W. (2012). Vegetation dynamics of beech forests on limestone in central Germany over half a century—effects of climate change, forest management, eutrophication or game browsing. *Biodivers. Ecol*, 4, 49-61.
73. Hemingway, R. W., & Laks, P. E. (Eds.). (2012). Plant polyphenols: synthesis, properties, significance (Vol. 59). Springer Science & Business Media.
74. Herden, T., Neuffer, B., & Friesen, N. (2012). *Allium ursinum* L. in Germany—surprisingly low genetic variability. *Feddes Repertorium*, 123(1), 81-95.
75. Hooda, P. S. (2010). Assessing bioavailability of soil trace elements. *Trace elements in soils*, 227-265.
76. Horvat, I., Glavač, V. & Ellenberg, H. 1974: Vege-tation Südosteuropas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

77. Hossini, H., Shafie, B., Niri, A. D., Nazari, M., Esfahlan, A. J., Ahmadpour, M., ... & Hoseinzadeh, E. (2022). A comprehensive review on human health effects of chromium: Insights on induced toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(47), 70686-70705.
78. Ilić, D. P., Nikolić, V. D., Nikolić, L. B., Stanković, M. Z., Stanojević, L. P., & Cakić, M. D. (2011). Allicin and related compounds: Biosynthesis, synthesis and pharmacological activity. Facta universitatis-series: Physics, *Chemistry and Technology*, 9(1), 9-20.
79. ISO 10390(2005): Soil Quality-Determination of pH; Institute for Standardization of Serbia: Belgrade, Serbia.
80. ISO 14235(2005): Soil quality-Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation, Institute for Standardization of Serbia.
81. Ivanova, A., Mikhova, B., Najdenski, H., Tsvetkova, I., & Kostova, I. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of wild garlic *Allium ursinum* of Bulgarian origin. *Natural product communications*, 4(8), 1934578X0900400808.
82. Jakovljević, M., Antić-Mladenović, S. (1997). Uporedno proučavanje metoda za ocenu rastvorljivosti teških metala u zemljištu. IX Kongres JDPZ, Zbornik radova, 188-194.
83. Jakšić, S. P. (2015). Uticaj krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane. *Универзитет у Београду*.
84. Jandl, R., Kopeszki, H., & Glatzel, G. (1997). Effect of a dense *Allium ursinum* (L.) ground cover on nutrient dynamics and mesofauna of a *Fagus sylvatica* (L.) woodland. *Plant and soil*, 189(2), 245-255.
85. Janković, M. (1959). Prilog metodici primene svetlomera sa selenskom fotoćelijom u geobotaničkim i fitomikroklimatskim ispitivanjima šumskih zajednica, *Arhiv bioloških nauka* XI, br. 1-4, Beograd.
86. Jekić, M., Brković, M., Dobrodeljani, B. (1989). Agrohemija sa ishranom bilja. Poljoprivredni fakultet, Priština.
87. Johansson, K., Aastrup, M., Andersson, A., Bringmark, L., & Iverfeldt, A. (1991). Mercury in Swedish forest soils and waters—assessment of critical load. *Water Air & Soil Pollution*, 56, 267-281.
88. Kabata-Pendias A. (2011), Trace elements in soils and plants/fourth editions, CRC Taylor and Francis Group, Boca Raton.
89. Kabata-Pendias, A. (2000). *Trace elements in soils and plants*. CRC press.
90. Kabata-Pendias, A., & Sadurski, W. (2004). Trace elements and compounds in soil. *Elements and their compounds in the environment: Occurrence, analysis and biological relevance*, 79-99.
91. Kala, C. P. (2005). Indigenous uses, population density, and conservation of threatened medicinal plants in protected areas of the Indian Himalayas. *Conservation biology*, 19(2), 368-378.
92. Kao, W. Y., & Chang, K. W. (2001). Altitudinal trends in photosynthetic rate and leaf characteristics of *Miscanthus* populations from central Taiwan. *Australian Journal of Botany*, 49(4), 509-514.

93. Kapović, M. (2013). Šumska zemljišta planine Javor u Republici Srpskoj. *Univerzitet u Beogradu*.
94. Karpaviciene, B. (2006). Distribution of *Allium ursinum* L. *Lithuania. Acta Biol Univ Daugavp*, 6(1-2), 117-122.
95. Kevey, B., & Czimber, G. (1982). Phytogeography of *Allium ursinum* in the Szigetköz region (published in Hungarian). *Proceeds Agric. Univ. Keszthely*, 14, 2-25.
96. Khalid, B. Y., & Tinsley, J. (1980). Some effects of nickel toxicity on rye grass. *Plant and Soil*, 55, 139-144.
97. Khan, A., Khan, S., Khan, M. A., Qamar, Z., & Waqas, M. (2015). The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review. *Environmental science and pollution research*, 22, 13772-13799.
98. Kim, D. W., Kim, M. J., Shin, Y., Jung, S. K., & Kim, Y. J. (2020). Green pepper (*Piper nigrum* L.) extract suppresses oxidative stress and LPS-induced inflammation via regulation of JNK signaling pathways. *Applied Sciences*, 10(7), 2519.
99. Kimbrough, D. E., & Wakakuwa, J. R. (1989). Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. *Environmental science & technology*, 23(7), 898-900.
100. Kinalska, T., & Noreña, C. P. Z. (2014). Effect of blanching treatments on antioxidant activity and thiosulfinate degradation of garlic (*Allium sativum* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 7, 2152-2157.
101. Kisić, I., 2012. Sanacija onečišćenog tla, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
102. Kišgeci, J. (2008). Lekovite i aromatične biljke. Srpska književna zadruga: Partenon.
103. Knight, C. A., & Ackerly, D. D. (2003). Evolution and plasticity of photosynthetic thermal tolerance, specific leaf area and leaf size: congeneric species from desert and coastal environments. *New Phytologist*, 160(2), 337-347.
104. Kögel-Knabner, I., Zech, W., & Hatcher, P. G. (1988). Chemical composition of the organic matter in forest soils: the humus layer. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 151(5), 331-340.
105. Kolić, B. (1988). Šumarska ekoklimatologija. *Naučna knjiga, Beograd*.
106. Konjević, R., & Tatić, B. (2006). *Rečnik naziva biljaka*. NNK Internacional.
107. Kovacs, J. A. (2007). Data to vegetation biology and coenological relations of *Allium ursinum* L. stands in Eastern Transylvania. *Kanitzia*, 15, 63-76.
108. Kovačević, D. Đ. (2003). *Opšte ratarstvo*. Poljoprivredni fakultet.
109. Kovarović, J., Bystrická, J., Urmanská, D., Harangozo, L., Vollmannová, A., Trebichalský, P., ... & Carbonell-Barrachina, A. A. (2021). Evaluation and comparison of total polyphenols content and antioxidant activity of wild garlic (*Allium ursinum* L.) in selected morphological parts. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 492-495
110. Krivokapic, M., Bradic, J., Petkovic, A., & Popovic, M. (2018). Phytochemical and pharmacological properties of *Allium ursinum*. *Serbian Journal of Experimental and Clinical*

- 111.Krstić, M. (1989). Istraživanje ekološko-proizvodnih karakteristika kitnjakovih šuma i izbor najpovoljnijeg načina obnavljanja na području severoistočne Srbije: doktorska disertacija, Šumarski fakultet *Univerziteta u Beogradu*, Beograd, (1-247).
- 112.Kucekova, Z., Mlcek, J., Humpolicek, P., Rop, O., Valasek, P., & Saha, P. (2011). Phenolic compounds from *Allium schoenoprasum*, *Tragopogon pratensis* and *Rumex acetosa* and their antiproliferative effects. *Molecules*, 16(11), 9207-9217.
- 113.Kuipers, S. E. (1997). Trade in medicinal plants. *Medicinal plants for forest conservation and health care*, (11).
- 114.Kumar, V., Umesh, M., Shanmugam, M. K., Chakraborty, P., Duhan, L., Gummadi, S. N., ... & Dasarahally Huligowda, L. K. (2023). A Retrospection on Mercury Contamination, Bioaccumulation, and Toxicity in Diverse Environments: Current Insights and Future Prospects. *Sustainability*, 15(18), 13292.
- 115.Lachowicz, S., Kolniak-Ostek, J., Oszmiański, J., & Wiśniewski, R. (2017). Comparison of phenolic content and antioxidant capacity of bear garlic (*Allium ursinum* L.) in different maturity stages. *Journal of food processing and preservation*, 41(1), e12921.
- 116.Lachowicz, S., Oszmiański, J., & Wiśniewski, R. (2018). Determination of triterpenoids, carotenoids, chlorophylls, and antioxidant capacity in *Allium ursinum* L. at different times of harvesting and anatomical parts. *European Food Research and Technology*, 244, 1269-1280.
- 117.Lai, K. C., Hsu, S. C., Kuo, C. L., Yang, J. S., Ma, C. Y., Lu, H. F., ... & Chung, J. G. (2013). Diallyl sulfide, diallyl disulfide, and diallyl trisulfide inhibit migration and invasion in human colon cancer colo 205 cells through the inhibition of matrix metalloproteinase-2, -7, and -9 expressions. *Environmental toxicology*, 28(9), 479-488.
- 118.Lange, D. (1998). *Europe's medicinal and aromatic plants: their use, trade and conservation*. Traffic International. Cambridge, United Kingdom.
- 119.Langenbruch, C., Helfrich, M., & Flessa, H. (2012). Effects of beech (*Fagus sylvatica*), ash (*Fraxinus excelsior*) and lime (*Tilia* spec.) on soil chemical properties in a mixed deciduous forest. *Plant and Soil*, 352, 389-403.
- 120.Lanzotti, V., Scala, F., & Bonanomi, G. (2014). Compounds from *Allium* species with cytotoxic and antimicrobial activity. *Phytochemistry Reviews*, 13(4), 769-791.
- 121.Lines-Kelly, R. (1992). Soil Sense Leaflet 8/92, Agdex 531, Wollongbar Agricultural Institute, for CaLM and NSW Agriculture. *North Coast region, under the National Landcare Program*.
- 122.Loidl, J. (1989). Effects of elevated temperature on meiotic chromosome synapsis in *Allium ursinum*. *Chromosoma*, 97(6), 449-458.
- 123.Loska, K., Wiechuła, D., & Korus, I. (2004). Metal contamination of farming soils affected by industry. *Environment international*, 30(2), 159-165.
- 124.Lucho-Constantino, C. A., Prieto-García, F., Del Razo, L. M., Rodríguez-Vázquez, R., & Poggi-Varaldo, H. M. (2005). Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Agriculture, ecosystems & environment*, 108(1), 57-71.
- 125.Lukinac, J., & Jukić, M. (2022). Influence of drying temperature on the organoleptic properties,

- antioxidant activity and polyphenol content in dried leaves of *Allium ursinum* L. subsp. *ucrainicum*. *Ukrainian Food Journal*, 11(1).
126. Ljevnaić-Mašić B., Konjević A., Džigurski D. (2020). Principi eklogije, praktikum. *Univerzitet u Novom*, Sadu Poljoprivredni fakultet.
127. Mansour-Gueddes, S. B., Saidana-Naija, D., Flamini, G., Cheraief, I., & Braham, M. (2022). Assessment of the Climatic Condition's Impact on Volatiles, Polyphenols and Mineral Contents in Tunisian Olive Tree (*Olea europaea* L.). *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(1).
128. Manta, D. S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., & Sprovieri, M. (2002). Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *Science of the total environment*, 300(1-3), 229-243.
129. Marković, J., Andđelković, S., Vasić, T., Đokić, D., Milenković, J., Bekčić, F., & Vasilov, O. S. (2020) ispitivanje plodnosti zemljišta na teritoriji opštine kruševac-lokacija veliki Šiljegovac. XXV savetovanje o biotehnologiji, 337.
130. Marzen, L. (2004). Review of Changing Precipitation Regimes and Terrestrial Ecosystems: A North American Perspective Edited by Jake F. Weltzin and Guy R. McPherson.
131. Mazurek, R., Kowalska, J., Gąsiorek, M., Zadrożny, P., Józefowska, A., Zaleski, T., ... & Orłowska, K. (2017). Assessment of heavy metals contamination in surface layers of Roztocze National Park forest soils (SE Poland) by indices of pollution. *Chemosphere*, 168, 839-850.
132. Medda, S., Fadda, A., & Mulas, M. (2022). Climate Variables of the Sites of Origin and Genotype Influence on Phenolic Compounds Accumulation in Cultivars of *Myrtus communis* L. *Horticulturae*, 8(10), 928.
133. Meesenburg, H., Brumme, R., Jacobsen, C., Meiws, K. J., & Eichhorn, J. (2009). Soil properties. *Functioning and management of European beech ecosystems*, 33-47.
134. Membrives, N., Pedrola-Monfort, J., & Caujape-Castells, J. (2003). Correlations between morphological-anatomical leaf characteristics and environmental traits in Southwest African species of *Androcymbium* (Colchicaceae). *Botanica Macaronésica*, 24, 73-85.
135. Merry, R. H., & Sabljic, A. (2009). Acidity and alkalinity of soils. *Environmental and ecological chemistry*, 2, 115-131.
136. Meyer, C. P., & Paulay, G. (2005). DNA barcoding: error rates based on comprehensive sampling. *PLoS biology*, 3(12), e422.
137. Mganga, N. D. (2014). The potential of bioaccumulation and translocation of heavy metals in plant species growing around the tailing dam in Tanzania.
138. Michalowski, M., & Golas, J. (2001). Zawartosc wybranych metali ciezkich w organach wierzby jako wskaźnik wykorzystania jej w utylizacji osadow sciekowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 477, 411-419.
139. Mihaylova, D., & Popova, A. (2012). Antimicrobial and antioxidant activity of extracts of *Allium ursinum* L. *Journal of BioScience and Biotechnology*, 143-45.
140. Milićević, T., Urošević, M. A., Relić, D., Vuković, G., Škrivanj, S., & Popović, A. (2018). Bioavailability of potentially toxic elements in soil-grapevine (leaf, skin, pulp and seed) system and environmental and health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 626, 528-545.

- 141.Milosavljević, M. (1990). Klimatologija. Naučna knjiga.
- 142.Misra, A. (2009). Studies on biochemical and physiological aspects in relation to phyto-medicinal qualities and efficacy of the active ingredients during the handling, cultivation and harvesting of the medicinal plants. *Journal Medicinal Plants Research*, 3(13), 1140-1146.
- 143.Moravčević, D., Bjelić, V., Savić, D., Varga, J. G., Beatović, D., Jelačić, S., & Zarić, V. (2011). Effect of plant density on the characteristics of photosynthetic apparatus of garlic (*Allium sativum* var. *vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology*, 10(71), 15861-15868.
- 144.Nagori, B. P., Solanki, R., & Sharma, N. (2010). Natural healing agent: garlic, an approach to healthy life. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy (IJRAP)*, 1(2), 358-366.
- 145.Nešić, L., Pucarević, M., Sekulić, P., Belić, M., Vasin, J., & Ćirić, V. (2008). Main chemical properties of Srem soils. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrтарstvo*, 45(2), 255-263.
- 146.Ng, A., Parker, M. L., Parr, A. J., Saunders, P. K., Smith, A. C., & Waldron, K. W. (2000). Physicochemical characteristics of onion (*Allium cepa* L.) tissues. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(11), 5612-5617.
- 147.Nguyen, P. M., & Niemeyer, E. D. (2008). Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(18), 8685-8691.
- 148.Nikolic, V., Stankovic, M., Nikolic, L. J., & Cvetkovic, D. (2004). Mechanism and kinetics of synthesis of allicin. *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 59(1), 10-14.
- 149.Nunez-Ramirez, F., González-Mendoza, D. A. N. I. E. L., Grimaldo-Juarez, O., & Díaz, L. C. (2011). Nitrogen fertilization effect on antioxidants compounds in fruits of habanero chili pepper (*Capsicum chinense*). *International Journal Agriculturae Biology*, 13(5), 827-830.
- 150.Nuțu, B. L. I., & Adriana, M. B. E. (2019). Forests vegetation, forest habitats of community interest in north-west romania, included in the project " priority habitats of forest steppe and hilly piedmonts", potential threats and monitoring of conservation status (I). *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Protectia Mediului*, (32), 95-112.
- 151.Oborny, B., Botta-Dukat, Z., Rudolf, K., & Morschhauser, T. (2011). Population ecology of *Allium ursinum*, a space-monopolizing clonal plant. *Acta Botanica Hungarica*, 53(3-4), 371-388.
- 152.Obrist, D., Kirk, J. L., Zhang, L., Sunderland, E. M., Jiskra, M., & Selin, N. E. (2018). A review of global environmental mercury processes in response to human and natural perturbations: Changes of emissions, climate, and land use. *Ambio*, 47, 116-140.
- 153.Ociepa-Kubicka, A., Pachura, P., & Kacprzak, M. (2016). Effect of unconventional fertilization on heavy metal content in the biomass of giant miscanthus. *Desalination and Water Treatment*, 57(3), 1230-1236.
- 154.Oljača, S. (2008). Agroekologija, (knjiga). Poljoprivredni fakultet, Beograd
- 155.Oljača, S. I., & Doljanović, Ž. K. (2003). Praktikum iz agroekologije. *Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet*.
- 156.Oszmiański, J., Kolniak-Ostek, J., & Wojdyło, A. (2013). Characterization and content of

- flavonol derivatives of *Allium ursinum* L. plant. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(1), 176-184.
- 157.Oze, C., Fendorf, S., Bird, D. K., & Coleman, R. G. (2004). Chromium geochemistry of serpentine soils. *International Geology Review*, 46(2), 97-126.
- 158.Panferov, O., Kreilein, H., Meesenburg, H., Eichhorn, J., & Gravenhorst, G. (2009). Climatic condition at three beech forest sites in Central Germany. Functioning and management of European beech ecosystems, 13-32.
- 159.Papoyan, A., Piñeros, M., & Kochian, L. V. (2007). Plant Cd<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> status effects on root and shoot heavy metal accumulation in *Thlaspi caerulescens*. *New Phytologist*, 175(1), 51-58.
- 160.Pârvu, A. E., Cătoi, F., Deelawar, S., Sarup, D., & Pârvu, M. (2014). Anti-inflammatory effect of *Allium ursinum*. *Notulae Scientia Biologicae*, 6(1), 20-26.
- 161.Pejatović, T., Samardžić, D., & Krivokapić, S. (2017). Antioxidative properties of a traditional tincture and several leaf extracts of *Allium ursinum* L. (collected in Montenegro and Bosnia and Herzegovina). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(6), 1929-1934.
- 162.Pérez-Gregorio, R. M., García-Falcón, M. S., Simal-Gandara, J., Rodrigues, A. S., & Almeida, D. P. (2010). Identification and quantification of flavonoids in traditional cultivars of red and white onions at harvest. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), 592-598.
- 163.Perović, M. (2014). Taksonomija i uticaji staništa na karakteristike planinskog javora (*Acer heldreichii* Orph.) u Srbiji. Универзитет у Београду.
- 164.Piatkowska, E., Kopec, A., & Leszczynska, T. (2015). Basic chemical composition, content of micro-and macroelements and antioxidant activity of different varieties of garlic's leaves Polish origin. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 22(1).
- 165.Polgar, C. A., & Primack, R. B. (2011). Leaf-out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems. *New phytologist*, 191(4), 926-941.
- 166.Popova, A., Mihaylova, D., & Alexieva, I. (2018). GC-MS chemical composition of volatile oil and mineral element content of *Allium ursinum* and *Nectaroscordum siculum*. *Pakistan Journal of Botany*, 50(6), 2351-2354.
- 167.Popović, M. T. (2005). Biohemija biljaka. Poljoprivredni fakultet.
- 168.Quesada, C. A., Lloyd, J., Schwarz, M., Patiño, S., Baker, T. R., Czimczik, C., ... & Paiva, R. (2010). Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences*, 7(5), 1515-1541.
- 169.Radanović, D. (2010). Mineralna ishrana. Opšti deo. Poljoprivredni fakultet u Banjoj Luci.
- 170.Rankovic, M., Krivokapic, M., Bradic, J., Petkovic, A., Zivkovic, V., Sretenovic, J., ... & Tomovic, M. (2021). New Insight Into the Cardioprotective Effects of *Allium ursinum* L. Extract Against Myocardial Ischemia-Reperfusion Injury. *Frontiers in Physiology*, 12.
- 171.Reuter, H. D. (1995). *Allium sativum* and *allium ursinum*: Part 2 pharmacology and medicinal application. *Phytomedicine*, 2(1), 73-91.
- 172.Rola, K. (2012). Taxonomy and distribution of *Allium ursinum* (Liliaceae) in Poland and adjacent countries. *Biologia*, 67(6), 1080-1087.
- 173.Rumul, M. (2005). Meteorologija, (knjiga). Poljoprivredni fakultet, Beograd.

- 174.Salvador-Blanes, S., Cornu, S., Bourennane, H., & King, D. (2006). Controls of the spatial variability of Cr concentration in topsoils of a central French landscape. *Geoderma*, 132(1-2), 143-157.
- 175.Santas, J., Almajano, M. P., & Carbó, R. (2010). Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa*, L.) extracts. *International journal of food science & technology*, 45(2), 403-409.
- 176.Schepetkin, I. A., Kirpotina, L. N., Khlebnikov, A. I., Balasubramanian, N., & Quinn, M. T. (2019). Neutrophil immunomodulatory activity of natural organosulfur compounds. *Molecules*, 24(9), 1809.
- 177.Schippmann, U., Leaman, D. J., & Cunningham, A. B. (2002). Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: global trends and issues. *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*.
- 178.Schlichting, C. (1986): The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17. Str. 667-693.
- 179.Schmitt, B., Schulz, H., Storsberg, J., & Keusgen, M. (2005). Chemical characterization of *Allium ursinum* L. depending on harvesting time. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(18), 7288-7294.
- 180.Sendl, A. (1995). *Allium sativum* and *Allium ursinum*: Part 1 Chemistry, analysis, history, botany. *Phytomedicine*, 1(4), 323–339. doi:10.1016/s0944-7113(11)80011-5
- 181.Shaheen, S. M., Antoniadis, V., Kwon, E., Song, H., Wang, S. L., Hseu, Z. Y., & Rinklebe, J. (2020). Soil contamination by potentially toxic elements and the associated human health risk in geo-and anthropogenic contaminated soils: A case study from the temperate region (Germany) and the arid region (Egypt). *Environmental Pollution*, 262, 114312.
- 182.Shen, Z., Chen, Y., Xu, D., Li, L., & Zhu, Y. (2020). Interactions between heavy metals and other mineral elements from soil to medicinal plant Fengdan (*Paeonia ostii*) in a copper mining area, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(27), 33743–33752. doi:10.1007/s11356-020-09358-z
- 183.Simin, N., Orcic, D., Cetojevic-Simin, D., Mimica-Dukic, N., Anackov, G., Beara, I., ... & Bozin, B. (2013). Phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activities of small yellow onion (*Allium flavum* L. subsp. *flavum*, Alliaceae). *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 139-146.
- 184.Simona, A. D., Adriana, D. C., Ioana, P. C., & Manfred, A. (2006). *Allium ursinum* L.: a potential source for completing the recommended daily intake of essential mineral elements. In *4th Conference on Medicinal and Aromatic Plants of South-East European Countries. 9th National Symposium 'Medicinal Plants-Present and Perspectives'. 3rd National Conference of Phytotherapy, Proceedings. Iași, Romania, 28-31 May 2006* (pp. 335-340). Association for Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries (AMAPSEEC).
- 185.Singh, R., Singh, D. P., Kumar, N., Bhargava, S. K., & Barman, S. C. (2010). Accumulation and translocation of heavy metals in soil and plants from fly ash contaminated area. *Journal of Environmental Biology*, 31(4), 421-430.
- 186.Sinkovič, L., Demšar, L., Žnidarčič, D., Vidrih, R., Hribar, J., & Treutter, D. (2015). Phenolic profiles in leaves of chicory cultivars (*Cichorium intybus* L.) as influenced by organic and

- mineral fertilizers. *Food chemistry*, 166, 507-513.
187. Sipter, E., Auerbach, R., Gruiz, K., & Mathe-Gaspar, G. (2009). Change of bioaccumulation of toxic metals in vegetables. *Communications in soil science and plant analysis*, 40(1-6), 285-293.
188. Smeets, K., Van Damme, E. J., Van Leuven, F., & Peumans, W. J. (1997). Isolation, characterization and molecular cloning of a leaf-specific lectin from ramsons (*Allium ursinum* L.). *Plant molecular biology*, 35, 531-535.
189. Sobolewska, D., Podolak, I., & Makowska-Wąs, J. (2015). *Allium ursinum*: botanical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry reviews*, 14, 81-97.
190. Stahl, D., Mannstadt, W., Gerhard, P., Koch, M., & Jänsch, H. J. (2002). T1-relaxation of <sup>129</sup>Xe on metal single crystal surfaces—multilayer experiments on iridium and monolayer considerations. *Journal of Magnetic Resonance*, 159(1), 1-12.
191. Stanislavljević, N., Soković Bajić, S., Jovanović, Ž., Matić, I., Tolinački, M., Popović, D., ... & Samardžić, J. (2020). Antioxidant and antiproliferative activity of *Allium ursinum* and their associated microbiota during simulated in vitro digestion in the presence of food matrix. *Frontiers in Microbiology*, 11, 601616.
192. Stewart, A. J., Chapman, W., Jenkins, G. I., Graham, I., Martin, T., & Crozier, A. (2001). The effect of nitrogen and phosphorus deficiency on flavonol accumulation in plant tissues. *Plant, Cell & Environment*, 24(11), 1189-1197.
193. Stikić, R., & Jovanović, Z. (2015). Fiziologija biljaka, Izd. Naučna KMD, str. 441.
194. Stojanović, L., & Krstić, M. (2000). Gajenje šuma III-Obnavljanje i nega šuma glavnih vrsta drvrća. *Udžbenik, Finegraf*, Beograd.
195. Stojković, M. (2014). Antioksidativna aktivnost, fenolni i mineralni sastav biljnih vrsta: *Geranium macrorrhizum* L., *Allium ursinum* L., *Stachys germanica* L. i *Primula veris* L. Niš (Doktorska disertacija, Prirodno matematički fakultet, Niš).
196. Swennen, B., Buchet, J.P., Stanescu, D., Lison, D., Lauwers, R., (1993). Epidemiological survey of workers exposed to cobalt oxides, cobalt salts, and cobalt metal. *British Journal of Industrial Medicine*. 50, 835-842.
197. Symonowicz, M., & Kolanek, M. (2012). Flavonoids and their properties to form chelate complexes. *Biotechnology and Food Science*, 76(1), 35-41.
198. Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985) Klasifikacija zemljишta Jugoslavije. Sarajevo: Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, knjiga LXXVIII, Sarajevo, 1985.
199. Štajner, D., Popović, B. M., Čanadanović-Brunet, J., & Štajner, M. (2008). Antioxidant and scavenger activities of *Allium ursinum*. *Fitoterapia*, 79(4), 303-305.
200. Talkner, U., Krämer, I., Hölscher, D., & Beese, F. O. (2010). Deposition and canopy exchange processes in central-German beech forests differing in tree species diversity. *Plant and soil*, 336, 405-420. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0491-2>
201. Todorović, V., Đekić, N., Antić, M., Bosančić, B., Gidas, J. D., & Murtić, S. (2023). Morphological characteristics and antioxidant properties of *Allium ursinum* L. wild growing in the northwestern part of the Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina).

- 202.Todorović, V., Lazić, B., Igić, R., & Đurovka, M. (2009). The characteristics of different populations of spring onion *Allium ursinum* L. in the area of Republic of Srpska. *Zbornik Radova* 44. Hrvatski i 4 Međunarodni Simpozijum Agronomia, Opatija, Hrvatska, 16-20.02. 2009, 454-458.
- 203.Toivonen, P. M., & Hodges, D. M. (2011). 10 Leafy Vegetables and Salads. Health-promoting properties of fruit and vegetables, 171.
- 204.Tomšik, A. (2018). Sušenje i ekstrakcija lista sremuša (*Allium ursinum* L.) u cilju dobijanja funkcionalnih proizvoda sa bioaktivnim potencijalom (*Doktorska disertacija*, Univerzitet Novi Sad).
- 205.Trémolières, M., Noël, V., & Hérault, B. (2009). Phosphorus and nitrogen allocation in *Allium ursinum* on an alluvial floodplain (Eastern France). Is there an effect of flooding history? *Plant and soil*, 324, 279-289.
- 206.Tsao, R. (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231-1246.
- 207.Tutin, T. G. (1957). *Allium Ursinum* L. *Journal of Ecology*, 45(3), 1003-1010.
- 208.Uwitonze, A. M., Ojeh, N., Murererehe, J., Atfi, A., & Razzaque, M. S. (2020). Zinc adequacy is essential for the maintenance of optimal oral health. *Nutrients*, 12(4), 949.
- 209.Valjarević, A., Morar, C., Živković, J., Niemets, L., Kićović, D., Goljanin, J., ... & Lukić, T. (2021). Long term monitoring and connection between topography and cloud cover distribution in Serbia. *Atmosphere*, 12(8), 964.
- 210.Vincent, J. B. (2017). New evidence against chromium as an essential trace element. *The Journal of nutrition*, 147(12), 2212-2219.
- 211.Voća, S., Šic Žlabur, J., Fabek Uher, S., Peša, M., Opačić, N., & Radman, S. (2021). Neglected Potential of Wild Garlic (*Allium ursinum* L.)—Specialized Metabolites Content and Antioxidant Capacity of Wild Populations in Relation to Location and Plant Phenophase. *Horticulturae*, 8(1), 24.
- 212.Voća, S., Šic Žlabur, J., Fabek Uher, S., Peša, M., Opačić, N., & Radman, S. (2022). Neglected potential of wild garlic (*Allium ursinum* L.)-Specialized metabolites content and antioxidant capacity of wild populations in relation to location and plant phenophase. *Horticulturae*, 8(1), 24.
213. Vucic, G., Vasilisin, L., Samelak, I., Kukric, Z., & Kukric, N. (2018). Contents of Minerals in Sremus (*Allium Ursinum*) from Different Locations of the Republic of Srpska. 23. Conference on biotechnology with international participation, Čačak, 09-10.03.2018, 530-535.
- 214.Walter, H. K., Harnickell, E., Lieth, F. H. H., & Rehder, H. (1967). *Klimadiagramm-weltatlas*. Jena: Fischer, 1967.
- 215.Wei, B. & Yang, L. (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical journal*, 94(2), 99-107.
- 216.White, O. W., Reyes-Betancort, A., Chapman, M. A., & Carine, M. A. (2018). Independent homoploid hybrid speciation events in the Macaronesian endemic genus *Argyranthemum*. *Molecular Ecology*, 27(23), 4856-4874.
- 217.Wiedenhoeft, A.C. (2006). Plant Nutrition. Chelsea House Pub, New York.

- 218.Woodward, F. I. (1990). The impact of low temperatures in controlling the geographical distribution of plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences*, 326(1237), 585-593.
- 219.Wu, Y., Gong, W., Wang, Y., Yong, T., Yang, F., Liu, W. Yang, W. (2018). Leaf area and photosynthesis of newly emerged trifoliolate leaves are regulated by mature leaves in soybean. *Journal of Plant Research*, 131(4), 671–680. doi:10.1007/s10265-018-1027-8
- 220.Xu, X. Y., Song, G. Q., Yu, Y. Q., Ma, H. Y., Ma, L. & Jin, Y. N. (2013). Apoptosis and G2/M arrest induced by *Allium ursinum* (ramson) watery extract in an AGS gastric cancer cell line. *OncoTargets and therapy*, 6, 779.
- 221.Yan, G., Hu, R., Luo, J., Weiss, M., Jiang, H., Mu, X. & Zhang, W. (2019). Review of indirect optical measurements of leaf area index: Recent advances, challenges, and perspectives. *Agricultural and forest meteorology*, 265, 390-411.
- 222.Yu, J., Huang, Z., Chen, T., Qin, D., Zeng, X., & Huang, Y. (2011). Evaluation of ecological risk and source of heavy metals in vegetable-growing soils in Fujian province, China. *Environmental Earth Sciences*, 65(1), 29–37. doi:10.1007/s12665-011-1062-4
- 223.Zakaria, Z., Zulkafflee, N. S., Mohd Redzuan, N. A., Selamat, J., Ismail, M. R., Praveena, S. M. & Abdull Razis, A. F. (2021). Understanding potential heavy metal contamination, absorption, translocation and accumulation in rice and human health risks. *Plants*, 10(6), 1070.
- 224.Zeitlinger, J., Stark, A., Kellis, M., Hong, J. W., Nechaev, S., Adelman, K. & Young, R. A. (2007). RNA polymerase stalling at developmental control genes in the *Drosophila melanogaster* embryo. *Nature genetics*, 39(12), 1512-1516.
- 225.Zhou, J., Ma, D., Pan, J., Nie, W., & Wu, K. (2008). Application of multivariate statistical approach to identify heavy metal sources in sediment and waters: a case study in Yangzhong, China. *Environmental Geology*, 54, 373-380.
- 226.Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E., & Stawarczyk, K. (2019). Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: A review. *Water, air, & soil pollution*, 230, 1-9.
- 227.Діденко, І. П. (2009). Онтогенетична структура популяцій *Allium ursinum* L. у природних фітоценозах та в умовах Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАНУ. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Сер.: Інтродукція та збереження рослинного різноманіття*, 118-119.

## Prilozi



Slika P1 Stanište sremuša na Povlenu



Slika P2 Stanište sremuša na Jastrebcu



*Slika P3 Stanište sremuša u Dudovici*



*Slika P4 Stanište sremuša u Slepčeviću*



Slika P5 Stanište sremuša na Zlatiboru



Slika P6 Stanište sremuša na Mrčićima



*Slika P7 Stanište sremuša na Bukulji*



*Slika P8 Stanište sremuša – Ovčar Banja*



Slika P9 Stanište sremuša na Ravnoj Gori



Slika P10 Stanište sremuša na Kosmaju



Slika P11 Stanište sremuša na Rudniku



Slika P12 Stanište sremuša - Visoko

## **Biografija kandidata**

Stefan (Veroljub) Gordanić, mast. inž. poljoprivrede, rođen je 16.11.1995. godine u Lozniči, gde je završio osnovnu i srednju školu. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Odsek za ratarstvo i povrtarstvo upisuje školske 2014/15 godine. Fakultet završava 2018. godine sa prosečnom ocenom 8,13 odbranivši diplomski rad pod nazivom „Uticaj đubrenja i regulatora rasta na morfološke parametre krmnog ječma“, sa ocenom 10 (deset), pod rukovodstvom prof. dr Aleksandra Simića. Tokom studija sticao je praktična znanja kroz volonterski rad u Institutu za primenu nuklearne energije (INEP), u odeljenju za agrohemijске analize zemljišta. Nakon završetka osnovnih studija Stefan Gordanić se zapošljava u Poljoprivrednoj Savetodavnoj stručnoj službi u Lozniči kao rukovodilac laboratorije za agrohemiju analizu i kontrolu plodnosti zemljišta, kada upisuje i master studije školske 2018/19. godine na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na Odseku za melioracije zemljišta, gde polaže sve predmete predviđene programom sa prosečnom ocenom 9,14. Akademski naziv Master inženjer poljoprivrede stiče 9.7.2019. godine, odbranivši Master rad pod nazivom: „Uticaj melorativnih mera na životnu sredinu na području opštine Loznica“, sa ocenom 10 (deset), pod mentorstvom prof. dr Ružice Stričević. Doktorske akademske studije Stefan Gordanić upisuje školske 2019/2020. godine, na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na smeru Ratarstvo i povrtarstvo, pod mentorstvom prof. dr Đorđa Moravčevića. Nakon predložene teme doktorske disertacije i odbrane njene naučne zasnovanosti, u mentorski rad se uključuje i dr Tatjana Marković, naučni savetnik Istituta za proučavanje lekovitog bilja „dr Josif Pančić“ iz Beograda. Po završetku master akademskega studija Stefan se zapošljava u Institutu za kukuruz Zemun Polje u grupu za selekciju i oplemenjivanje kasnih hibrida kukuruza, a od marta 2020. godine svoj radni angažman nastavlja u Institutu za proučavanje lekovitog bilja „Dr Josif Pančić“, Beograd, u Odseku za istraživanja i razvoj u poljoprivredi, gde i danas radi. Trenutno je u zvanju istraživača saradnika. Tokom dosadašnjeg rada, ovlađao je postupkom proizvodnje sadnica više lekovitih biljnih vrsta u polukontrolisanim uslovima gajenja, postupcima osnovnih agrohemijskih analiza zemljišta i drugih laboratorijskih tehnika, kao što su spektrofotometrija, ekstrakcija, elektronska mikroskopija, itd. Bio je 2021. godine učesnik tronodeljnog međunarodnog specijalističkog kursa pod nazivom: „International Training Workshop on Modern Breeding and Cultivation Tehnology of Vegetables & Flowers (IVF)“, u organizaciji Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS). Bio je član organizacionog odbora dva međunarodna skupa, Selo i poljoprivreda i Održivi razvoj Braničevskog okruga i opštine Kostolac. Bio je učesnik i projekta kojeg je finansiralo Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede pod nazivom „Razvoj tehničko-tehnoloških modela proizvodnje i primarne prerade lekovitog i aromatičnog bilja u ruralnim područjima Srbije sa fokusom na produktivno zapošljavanje stanovništva“, a trenutno je učesnik međunarodnog projekta „Resource protection and efficiency utilization of the endangered functional plants originated in China and Serbia“. Osim toga, Gordanić se aktivno bavi naučno-istraživačkim radom. Kao autor ili koautor u saradnji sa kolegama objavio je preko 40 naučnih i stručnih radova, od kojih su šest iz kategorije M20..

## **Izjava o autorstvu**

Ime i prezime autora: Stefan Gordanić

Broj indeksa: RA 190006

## **Izjavljujem**

da je doktorska disertacija pod naslovom:

„Evaluacija morfoloških i hemijskih osobina sremuša (*Allium ursinum* L.) sa područja Republike Srbije“

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome premastudijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati konkretno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio/la intelektualnu svojinu drugih lica.

U Beogradu, 29.5.2024. godine

**Potpis autora**

---

## Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Stefan Gordanić

Broj indeksa: RA 190006

Studijski program Poljoprivredne nauke, modul: Ratarstvo i povrtarstvo

Naslov rada: Evaluacija morfoloških i hemijskih osobina sremuša (*Allium ursinum* L.) sa područja Republike Srbije

Mentor: dr Đorđe Moravčević, redovni profesor

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao radi pohranjivanja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 29.5.2024. godine

**Potpis autora**

## Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

„Evaluacija morfoloških i hemijskih osobina sremuša (*Allium ursinum* L.) sa područja Republike Srbije”.

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilozima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molim da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.

Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

U Beogradu, 29.5.2024. godine

**Potpis autora**

1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ovalicenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencem se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca nedozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. **Autorstvo – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.