

EVTRIČNA RJAVA TLA – NAJBOLJŠA KMETIJSKA TLA V SLOVENIJI

EUTRIC CAMBISOLS – SLOVENIA'S BEST AGRICULTURAL SOILS

Helena Grčman, Rok Turniški, Marjetka Suhadolc

UDK: 631.445.3:711(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 16. 4. 2023
Sprejeto: 2. 8. 2023

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2023.03.297-324
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 16. 4. 2023
Accepted: 2. 8. 2023

IZVLEČEK

V prispevku predstavljamo ključne lastnosti evtričnih rjavih tal, njihov pridelovalni potencial ter prostorsko razširjenost v Sloveniji. Razlike v lastnostih tal smo ovrednotili med šestimi prevladujočimi skupinami evtričnih rjavih tal, v katere smo jih razvrstili glede na matično podlago. Poleg posameznih, za kakovost pomembnih lastnosti (tekstura, globina, količina rastlinam dostopne vode, pH, zasičenost z bazičnimi kationi, kationska izmenjalna kapaciteta) smo med skupinami primerjali tudi boniteto zemljišč. V analizo smo zajeli dvesto profilov, ki so bili izkopani v okviru pedološkega kartiranja Slovenije ali drugih raziskav tal na Katedri za pedologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete. Ugotovili smo, da evtrična rjava tla pokrivajo 15,5 % Slovenije. Največ takšnih tal je na flišu (19,3 %, 600 km²), sledijo evtrična rjava tla na laporovcih (12,7 %, 398 km²). Evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek, ki so zelo pomembna za poljedelstvo in vrtnarstvo, pokrivajo le 295 km² (9,4 %). Ta tla izstopajo po ugodni ilovnati teksturi, optimalnem pH in imajo največjo povprečno tehtano boniteto (70 točk), h kateri prispeva tudi naven relief. Vsa evtrična rjava tla imajo večjo povprečno tehtano boniteto, kot je povprečna tehtana boniteta vseh kmetijskih in gozdnih zemljišč v Sloveniji, ki znaša 36 točk, kar je treba upoštevati pri prostorskem načrtovanju – še posebej zaradi njihovega majhnega obsega. Prav tako moramo posebno skrb nameniti njihovem varovanju pred različnimi oblikami degradacije.

KLJUČNE BESEDE

evtrična rjava tla, kakovost tal, boniteta, Slovenija

ABSTRACT

This paper presents the main characteristics of Eutric Cambisols, their productivity potential expressed as land-rating, and their spatial distribution in Slovenia. Differences in soil properties were evaluated among the six predominant groups of Eutric Cambisols; classification was based on the parent material. In addition to individual characteristics affecting soil quality (texture, soil depth, amount of plant available water, pH, base saturation, cation exchange capacity), a comparison of land-rating values between the groups was also performed. We analysed 200 profiles excavated as part of the Slovenian Soil Mapping or other soil surveys conducted by the Center for Soil and Environmental Sciences, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana. Our results show that Eutric Cambisols cover 15.5% of the area of Slovenia. Most Eutric Cambisols are on flysch (19.3%, 600 km²), followed by Eutric Cambisols on marl (12.7%, 398 km²). Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments, an important soil for crop production, cover 295 km² (9.4%). They have a favourable loamy texture and optimal pH. The flat terrain also contributes to this soil's highest average weighted land-rating value (70 points). The average weighted land-rating value of all Eutric Cambisols is higher than the average weighted land-rating value of all agricultural and forest land in Slovenia, which is 36 points; this must be considered in spatial planning, as this type of land has a small share and above all, it must be protected from various degradations.

KEY WORDS

Eutric Cambisols, soil quality, land-rating value, Slovenia

1 INTRODUCTION

Soil properties and development are influenced by soil-forming factors: climate, relief, parent material (bedrock), organisms, and time (Jenny, 1941; Birkeland, 1999). Since Slovenia is located on a geologically young territory, the influence of relief and parent material is intense, resulting in younger forms of soil (Vidic et al., 2015). Due to the diverse topography and steep slopes, which accelerate slope erosion, Slovenia has a significant presence of shallow soils (Vidic et al., 2015). The bedrock, which is close to the surface, affects the chemical and physical properties of the soil and, thus, its quality and suitability for agricultural use. In Slovenia, the most fertile soils are Eutric Cambisols formed on rocky substrates of carbonate or mixed (carbonate/silicate) character, such as sandy gravel alluvium, flysch, marls, and others. Stritar (1990) classified them into two agriculturally important pedosequences: the pedosequence on sandy gravel alluvium sediments, which is important, especially for crop production and horticulture, and the pedosequence on consolidated clastic carbonate sediments, where the best orchards and vineyards are located.

According to the Slovenian soil classification, Eutric Cambisols are classified as Eutric Brown Soils (evtrična rjava tla), which belong to the class of cambic soils within the automorphic division (Prus et al., 2015). In the FAO international WRB classification, they are placed in the soil reference group Cambisols with an additional qualifier “Eutric” (IUSS Working Group WRB, 2022). The qualifier, present in both classification systems, indicates a predominant proportion of exchangeable base cations.

Eutric Cambisols are soils with two well-defined mineral horizons, namely the humus-accumulating and the cambic horizon (A-B-C profile), neutral or slightly acidic pH (in B_v horizon pH measured in water extraction > 5.5), and base saturation greater than 50%. Base cations, particularly calcium, magnesium, and potassium, are important plant macronutrients (Plaster, 2013). Calcium is also involved in soil structure formation and has a beneficial effect on aggregate stability (Blume et al., 2016), which is enabled by its double positive charge that connects soil particles with a negative surface charge. The ability of soils to retain plant-available water depends on soil depth, texture, and organic matter content. Skeletal material, which occurs in greater amounts in soils on sandy alluvial deposits, reduces the ability of soils to retain water, increases susceptibility to drought, and makes tillage more difficult (Vidic et al., 2015). Shallow and skeletal soils are also more susceptible to leaching nutrients and pesticides into the lower soil layers and groundwater (Suhadolc, 2018). An important group of Eutric Cambisols, which occur on sandy alluvial deposits of major Slovenian rivers, lie in the area of groundwater, so understanding soil properties is important. Understanding the spatial distribution of Eutric Cambisols is also crucial from the perspective of spatial planning and the protection of the best agricultural land.

In this study, the key physical and chemical properties of Eutric Cambisols in Slovenia are presented in terms of soil-forming factors and processes, as well as soil quality. The analysis is based on all available soil profile data stored in the Soil Information System of the Infrastructure Center for Soil Science and Environmental Protection (TIS/ICPVO, 2023) and includes differences between Eutric Cambisols on different parent materials, their spatial distribution, and their suitability and limitations for agriculture. In addition to individual properties that are important for soil fertility (texture, depth, plant-available water content, pH, base saturation, and cation exchange capacity), an analysis

of land-rating values using the new methodology (Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 41/2022) is also presented.

2 MATERIALS AND METHODS

The data were obtained from the Soil Information System of Slovenia (TIS/ICPVO, 2023). Pedocartographic units of Eutric Cambisols were exported from the attribute table of the Digital Soil Map of Slovenia 1:25,000 and merged into a new data layer. Pedocartographic units (PCU) containing the pedosystematic unit of Eutric Cambisols occur on 19 parent material groups. Considering the proportion of Eutric Cambisols within pedocartographic units, we calculated their area (Table 1) and plotted their spatial distribution (Figures 1 and 2).

Altogether, there are 459 soil profiles of Eutric Cambisols (1427 soil horizons) that were excavated as part of the Slovenian Soil Mapping or other soil research from 1974 onwards, for which the required analytical and morphological data were available by the horizon and spatial identification. Further statistical analysis of soil properties and comparison between different groups of parent material was performed on 200 profiles (707 horizons). The locations of the predominant Eutric Cambisols and soil profiles studied are shown in Figure 1. Areas where Eutric Cambisols occur as the dominant soil type (more than 50% of the PCU) are shown in red, and areas where they occur in association with other soil types, but account for less than 50% of an individual PCU, are shown in green. To a limited extent, they also occur as inclusions, shown as yellow areas.

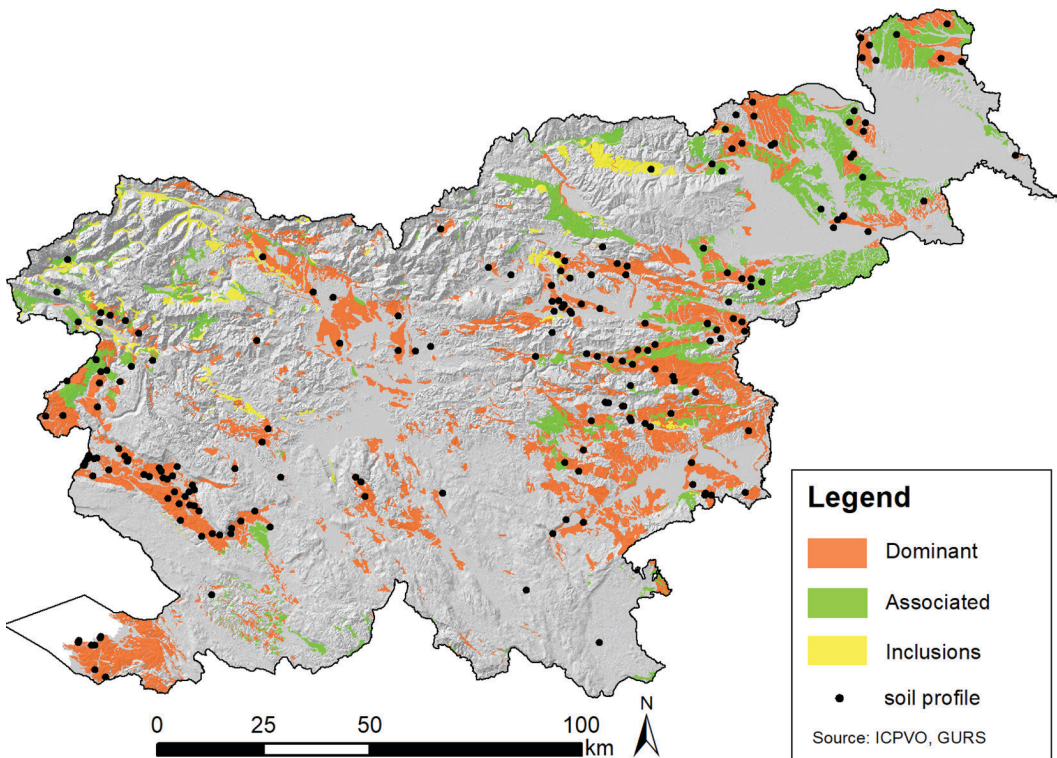


Figure 1: Areas of pedocartographic units where Eutric brown soils occur and locations of soil profiles studied (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2016).

The 200 profiles considered mostly show the sequence of A/A_p-B_v-C horizons. Eutric Cambisols on flysch and marls and marly limestones, deeply ploughed, show a sequence of P-C horizons (21 out of 117). In a few cases (13 out of 117) there are also profiles with signs of pseudogleying with sequence $A-B_g-C$ or signs of gleying with sequence $A-B_v-G_o$ (3 out of 117). In a few cases, pseudogleying and gleying also occur in Eutric Cambisols on Pleistocene sediments and on sandy gravel deposits.

2.1 Laboratory methods

The physical and chemical properties of soil samples ($n = 707$) were analyzed at the Center for Soil and Environmental Sciences, Biotechnical faculty. The samples were air-dried and sieved through a 2 mm sieve. Soil pH was measured electrometrically in soil suspension: extraction solution (0.1 M KCl or 0.01 M $CaCl_2$) at a ratio of 1:2.5 (v/v) (ISO 10390, 2005). Organic matter was determined by wet combustion using the modified Walkley-Black method (ISO 14235, 1999), and soil texture (except in organic horizons) was determined by the sedimentation pipette method according to the US soil texture classification (ISO 11277, 2011). Plant-available phosphorus and potassium were measured after extraction with ammonium lactate (Egnér et al., 1960 (SS 28310 T1)). Total nitrogen was analyzed by the Kjeldahl method using TiO_2 as a catalyst (ISO 11261, 1996). Cation exchange capacity was determined as the sum of base cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , and Na^+) determined after extraction with 1 M ammonium acetate (pH 7) and acidic cations determined by the modified Melich method (Soil Survey Staff, 1992).

Soil depth was determined as the lower depth of the last horizon in the profile. The amount of plant-available water was calculated using a pedotransfer function (Grčman et al., 2015), developed by Teepe et al. (2003), which takes into account soil texture, thickness, and bulk density of the horizons. Since soil bulk density was not systematically measured at the time of soil mapping, it was calculated for all horizons and profiles using a pedotransfer function developed by Kobal et al. (2011) for Slovenian forest soils, which takes into account soil texture and organic matter.

2.2 Statistical and spatial analysis

The characteristics of 200 soil profiles were presented using descriptive statistics. Statistical analyses were performed with R software (R Development Core Team, 2022) using the packages “aqp” (Beaudette et al., 2013) and “ggplot2”. Spatial data were displayed using ArcGIS 10.2.2 for Desktop software (ESRI, 2014).

In the ArcGIS tool, the 1:25,000 pedological map layer was merged with the Boniteta (2023) layer to calculate the average weighted land-rating value. From the new layer we extracted PCU containing pedosystematic units of Eutric Cambisols. We further subdivided these into groups according to parent substrates (on flysch, on marl and marly limestone, on Pliocene and Pleistocene sediments, on sandy gravel deposits, on mixed carbonate and non-carbonate rocks and on Miocene sediments) and exported them as individual layers. For each individual layer, a new area was calculated with polygons based on the representation of Eutric Cambisols within the polygon, and the proportion of this area in relation to the total area of Eutric Cambisols in the individual layer was calculated. The proportion in each polygon was multiplied by the soil land-rating value and the weighted average soil land-rating value was calculated as the sum of the products of all polygons within the layer.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Spatial distribution of Eutric Cambisols on different parent materials in Slovenia

Eutric Cambisols cover 15.5% of the area of Slovenia. They occur as the predominant soil type on 2682 km² and as associated or inclusionary soil types on 451 km² (Figure 1). Eutric Cambisols are present on various parent materials, mainly clastic sedimentary rocks of different ages (Table 1). The highest proportion (19.3%) of Eutric Cambisols is on flysch, covering over 600 km²; followed by Eutric Cambisols on marl with nearly 400 km², which together with soils on marly limestones (250 km²) represent 20.6% of all Eutric Cambisols in Slovenia. Eutric Cambisols on mixed carbonate and non-carbonate rocks, Pliocene and Pleistocene sediments, and Miocene sediments follow with 330 km² each. Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments occupy only 295 km² (9.4%), yet they are extremely important for crop production and horticulture. The spatial representation of the main groups of Eutric Cambisols is illustrated in Figure 2. Soil groups representing more than 5% of the area of Eutric Cambisols were further analysed for the most important soil properties. The soil groups considered in detail include: Eutric Cambisols on flysch (55 profiles), Eutric Cambisols on marl and marly limestones (62 profiles), Eutric Cambisols on mixed carbonate and non-carbonate rocks (9 profiles), Eutric Cambisols on Pliocene and Pleistocene sediments (21 profiles), Eutric Cambisols on Miocene sediments (11 profiles), and Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments (42 profiles).

Table 1: Area of Eutric Cambisols on different parent materials and their percentage within all Eutric Cambisols in Slovenia (TIS/ICPVO, 2023).

The parent material of Eutric Cambisols	Area [km ²]	Percentage of the area of all Eutric Cambisols [%]
Flysch	605.6	19.3
Marl	397.7	12.7
Mixed carbonate and non-carbonate rocks	333.3	10.6
Pleistocene and Pliocene sediments	332.1	10.6
Miocene sediments	328.6	10.5
Sandy gravel alluvial sediments	295.0	9.4
Marly limestone	247.7	7.9
Different basic rocks	152.0	4.9
Various consolidated clastic sediments	145.2	4.6
Older loam or sandy gravel sediments	74.7	2.4
Alluvial-colluvial sediments	38.9	1.2
Fine-grained marine sediments	35.2	1.1
Moraine	31.9	1.0
Talus	27.8	0.9
Diluvium	26.5	0.8
Pseudizilian beds	21.0	0.7
Breccias and conglomerates	19.2	0.6
Pyroclastics rocks	10.3	0.3
Metamorphic rocks	6.7	0.2

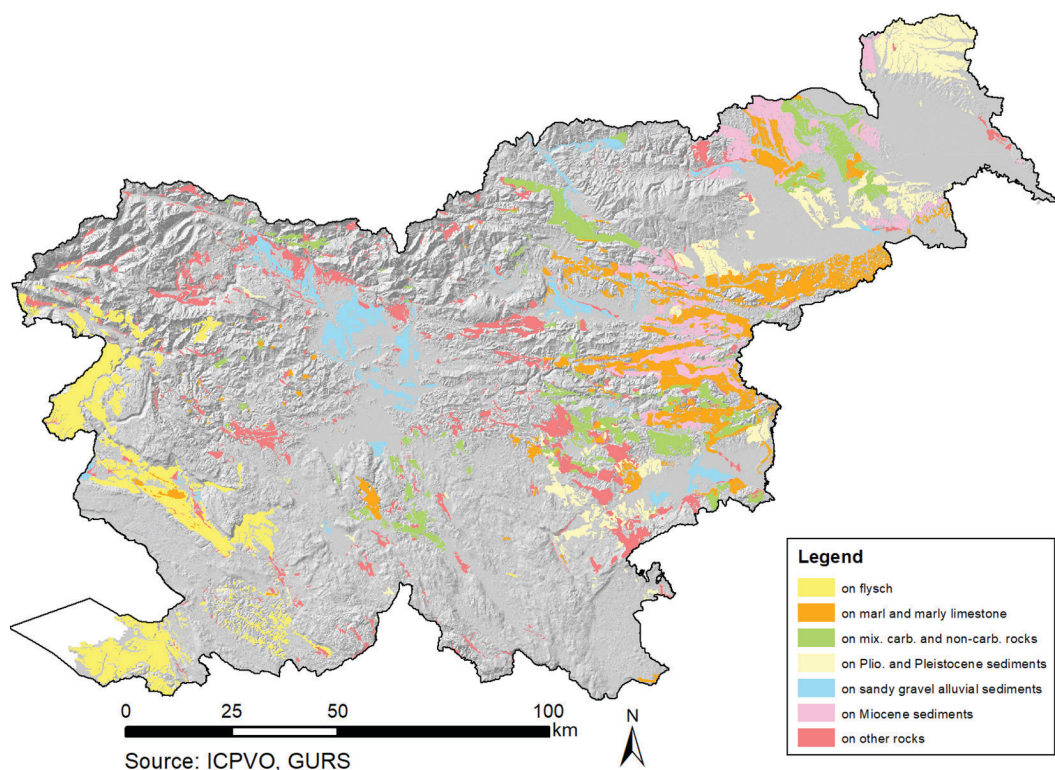


Figure 2: Spatial distribution of Eutric Cambisols on different parent materials in Slovenia (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2016).

Eutric Cambisols predominate in western Slovenia on flysch (Slovenian Istria, Vipavska dolina, Brda), in eastern Slovenia on various sedimentary rocks of Posavsko Hribovje, Kozjansko, Krško polje, Krško gričevje, Podgorje, Gorjanci and surroundings of Novo mesto, and in the northeastern part on sedimentary rocks of Dravsko Ptujsko polje, area of Slovenske gorice and on unbound sediments of Goričko. In the central part of Slovenia (Ljubljansko polje) and in the northern part (Gorenjska) they lie on sandy gravel sediments of the Sava River (Figure 2).

3.2 Characteristics of Eutric Cambisols

The parent material on which soils are formed influences their physical and chemical properties. Soils formed on flysch and marl are characterized by a higher percentage of silt and clay (textural classes silty clay loam, silty loam, and silty clay), which is particularly pronounced for soils formed on marl and marly limestone (Figure 3). This is not surprising since the majority of the mineral part of the soil consists of clayey residues from the physical weathering of the parent material. As a result, these soils often show signs of pseudogleying, due to the slower movement of precipitation water through the soil profile. Differences in grain size between marl and sandstone layers result in textural differences between soil horizons, which is referred to as lithic discontinuity (IUSS, 2022). Soils on sandy gravel alluvial sediments are dominated by a loamy texture with a balance of sand, silt, and clay (Figure 3), which is due to the diversity of gravels from different igneous, metamorphic,

and sedimentary rocks from which soils are formed by physical and chemical weathering. Texture affects other physical properties, such as porosity and water retention, as well as chemical properties, especially cation exchange capacity.

In addition to the characteristics of the individual horizons, the total depth of the soil also affects the amount of water that the soil can retain and that is available to plants during periods without precipitation. According to the data from excavated profiles, the average depth of Eutric Cambisols ranges from 92 cm (soils on Pleistocene and Pliocene sediments) to 71 cm (soils on flysch). Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments have an average depth of 73 cm. The calculated average soil depth may be underestimated because the profiles were not excavated to the parent material in all cases.

Eutric Cambisols on Pliocene and Pleistocene sediments can retain the largest amount of water; 80.7% of soils can retain more than 100 mm, of which 33.8% can retain between 150 and 200 mm. This is followed by soils on flysch, where 47.9% of soils can retain more than 100 mm of plant-available water, and soils on marl and marly limestone, where 23.3% of the soil can retain more than 100 mm, and 62.7% of the soil can retain between 50 and 100 mm. On sandy gravel alluvial sediments, 18.2% of the soil can retain more than 100 mm, with the largest proportion (81.4%) having the ability to retain plant-available water in the range of 50 to 100 mm. Soils on Miocene sediments (16.3% above 100 mm and 83.7% between 50 and 100 mm) and soils on mixed carbonate and non-carbonate rocks (7.8% above 100 mm and 83.4% between 50 and 100 mm) have similar water retention properties.

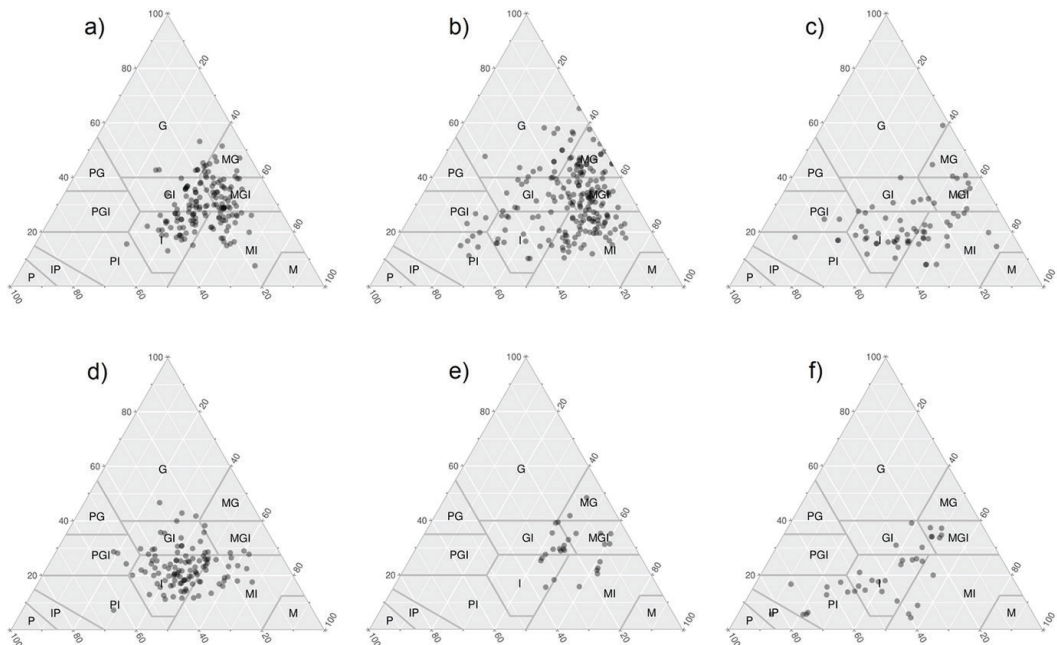


Figure 3: Texture of Eutric Cambisols on different parent materials: a) Flysch, b) Marl and marly limestone, c) Pliocene and Pleistocene Sediments, d) Sandy Gravel Alluvial Sediments, e) Mixed Carbonate and Non-Carbonate Rocks, and f) Miocene Sediments (TIS/ICPVO, 2023).

Cation exchange capacity (CEC) depends on the amount and the type of clay minerals, pH, and soil organic matter content (Blume et al., 2016). While the parent material primarily influences the clay content, type of clay minerals, and soil pH, the organic matter content is mainly influenced by climatic conditions, such as average annual temperature and precipitation influenced by altitude, land use, and agricultural practices. Soils with high clay content and high pH are expected to have high cation exchange capacity, which is confirmed by data analysis (Figure 4). Soils on marl rocks ($31 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), marly limestone ($28.2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), and mixed carbonate and non-carbonate rocks ($30.9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) have the highest cation exchange capacity. However, other Eutric Cambisols likewise exhibit high cation exchange capacity, including those formed on sandy gravel alluvial sediments, which record a notable value of $20.7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

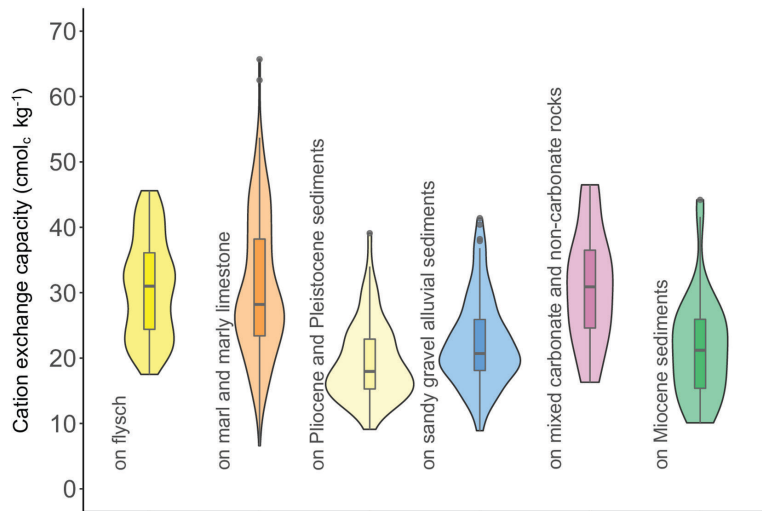


Figure 4: Cation exchange capacity of Eutric Cambisols in dependence of parent material (n=707) (TIS/ICPVO, 2023).

The proportion of the cation exchange capacity occupied by base cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), defined as base saturation, depends on the composition of the parent material and the degree of leaching. Due to eluvial-illuvial processes, base cations are transported from the upper soil layers to the lower layers and groundwater, especially in areas with high precipitation, which includes Slovenia (Turniški and Grčman, 2018), and therefore their proportion in the soil decreases over time. Our results show that the median base saturation of all soil horizons is 76.3%; the range is from 12.5% to 100%. The majority of horizons of the Eutric Cambisols (94% of all horizons) have base saturation above 50% (Figure 5), and only in individual horizons is below 50%. There are 78 such horizons, primarily organic (O) and upper humus-accumulating (A), on various parent materials.

The results of our analysis show that the parent material affected base saturation (Figure 6). The highest median value was found in soils on mixed carbonate and non-carbonate rocks (87.5%), followed by soils on flysch (78.4%) and marl (76%). In all three soil groups, a large proportion of the horizons have base saturation greater than 90%, which can be attributed to the presence of a carbonate skeleton. The lowest median (61.1%) is observed for soils on Pliocene and Pleistocene sediments, where the highest

proportion of horizons with base saturation below 50% is also observed, probably due to leached soils and sediments. The median base saturation for soils on sandy gravel alluvial sediments is 73.2%, with nearly all horizons having a proportion of base cations greater than 50%. Soils on sandy gravel alluvial sediments are the youngest, mostly formed in the Holocene, and the leaching of base cations is compensated by continuous liming and fertilization

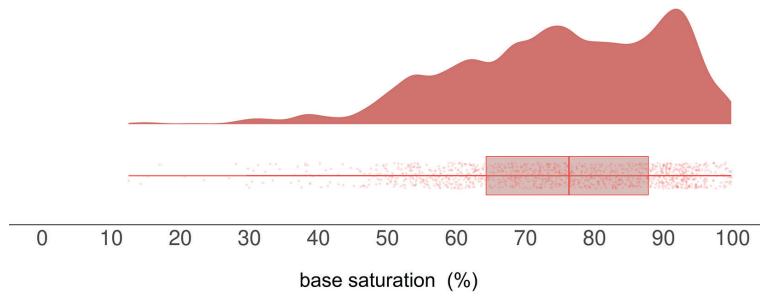


Figure 5: Base saturation in all horizons of all groups of Eutric Cambisols in Slovenia (n=1371) (TIS/ICPVO, 2023).

For all Eutric Cambisols, it generally applies that divalent calcium cations dominate, followed by magnesium and potassium cations, while sodium cations, which bind poorly to soil adsorption complex and are easily leached out by precipitation, are the least abundant. However, the proportions of individual base cations vary between Eutric Cambisols on different parent materials. The proportion of calcium cations is the highest in Eutric Cambisols on mixed carbonate and non-carbonate rocks (average 74.7%), followed by Eutric Cambisols on flysch (average 69.1%), Eutric Cambisols on marls (average 62.2%), Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments (average 58.9%), Eutric Cambisols on Miocene sediments (average 55.1%), and Eutric Cambisols on Pliocene and Pleistocene sediments (average 48%). The latter contains the highest proportion of magnesium cations (average 15%), followed by Eutric Cambisols on Miocene sediments (average 13.9%), sandy gravel alluvial sediments (average 12.8%), and marls (average 11.1%). The lowest percentage of magnesium cations is found in Eutric Cambisols on mixed carbonate and non-carbonate rocks (average 6.8%) and in soils on flysch (average 5.8%). The results are consistent with the findings of Mihelič et al. (2010), who reported magnesium deficiency in some flysch soils (Istria, Vipava Valley, Goriška Brda), particularly in vineyards and some orchards. The percentage of potassium cations is less variable, ranging from an average of 1.0% (Eutric Cambisols on flysch) to an average of 1.4% (Eutric Cambisols on Pliocene and Pleistocene sediments and Miocene sediments). Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments contain an average of 1.3% potassium cations. The proportion of sodium ions ranges from an average of 0.34% (Eutric Cambisols on mixed carbonate and non-carbonate rocks) to an average of 0.53% (Eutric Cambisols on flysch).

Base cations are important plant nutrients, especially Ca, Mg, and K. A pronounced predominance of one ion may have antagonistic effects on the availability of other cations. High calcium content can reduce the availability of boron, iron, and magnesium; high potassium content reduces the availability of magnesium (Mihelič, 2010).

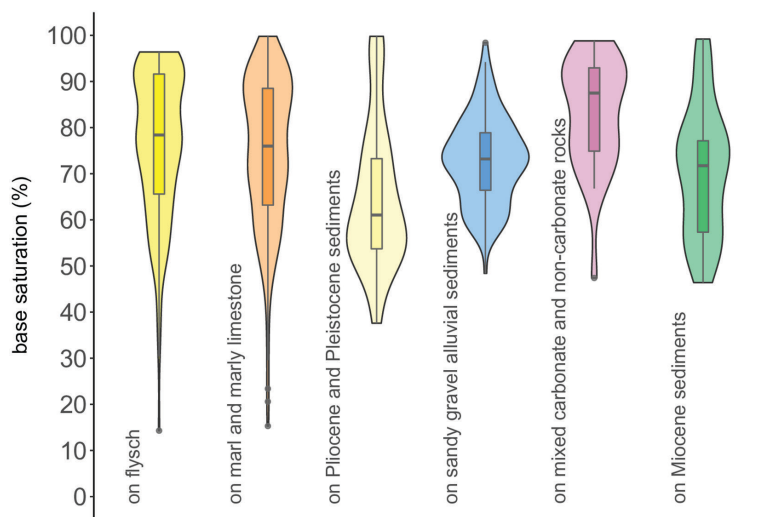


Figure 6: Base saturation of Eutric Cambisols in dependence of parent material (n=707) (TIS/ICPVO, 2023).

Base saturation is also related to soil acidity (soil solution pH). In soils where base cations predominate, the soil pH measured in water extraction (active acidity) is generally greater than 5.5. As the soil map database contains much more data for potential acidity, which is measured in extraction with 1 mol/L KCl or 0.01 mol/L CaCl_2 , than active acidity, results are presented for potential acidity, noting that potential acidity is generally 0.5 to 1 unit lower than active acidity (Brennan and Bolland, 1998; Minasny et al., 2011). The median potential acidity for all horizons of Eutric Cambisols is 6.3 (Figure 7). The pH ranges from 3.6 to 8.3, with predominance of horizons with potential acidity greater than 5. There are 189 (11.7%) horizons with potential acidity below 5.5. Similarly to base saturation, horizons with pH < 5.5 are mostly organic and humus-accumulative horizons and B horizons on rocky substrates with little or no carbonates (Pliocene, Pleistocene, and Miocene sediments). Changes in acidity with depth are presented in Figure 8. Soils on flysch, marl/marly limestones, and sandy gravel alluvial sediments have the least variation in pH with soil depth. Soils on Miocene, Pliocene, and Pleistocene sediments often have higher pH in the upper 40 cm, which we attribute to agricultural influences, while soils on mixed carbonate and non-carbonate rocks have lower pH in the upper 20 cm.

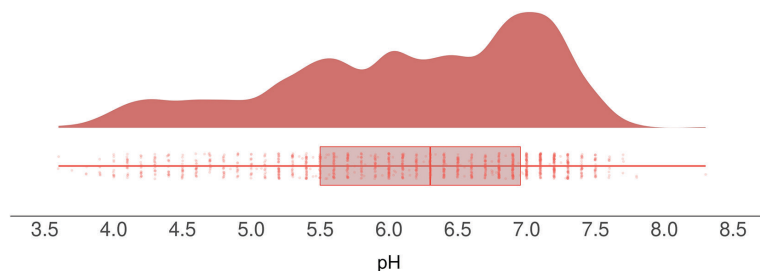


Figure 7: pH of all horizons of all groups of Eutric Cambisols examined in Slovenia (n=1427) (TIS/ICPVO, 2023).

The highest proportion of horizons with pH above 7.2, classified as slightly alkaline soils according to Mihelič et al. (2010), is found in Eutric Cambisols on flysch. The highest proportion of horizons with

pH below 5 is found in Eutric Cambisols on Pliocene and Pleistocene sediments, which, like the proportion of base cations, is related to the mineral composition of the sediments. Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments, mostly of Holocene origin, have the highest proportion of horizons with a pH in the optimal range for agriculture, which is between 6 and 7 (37% of all horizons).

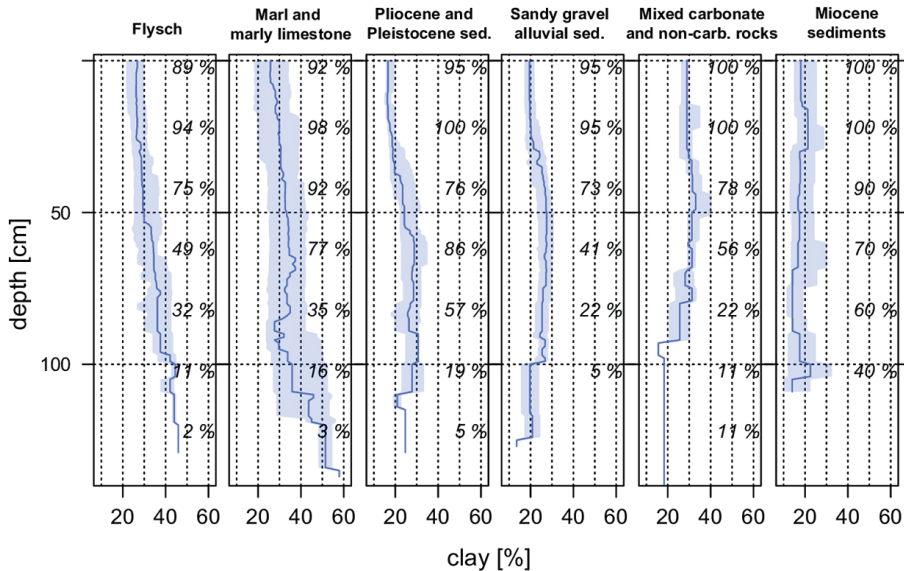


Figure 8: pH dependence on soil depth of Eutric Cambisols on different parent materials. The blue line represents the median, and the blue border represents the range between the 25th and 75th percentiles. The percentage value on the right indicates the proportion of profiles that were included in the calculation (TIS/ICPVO, 2023).

3.3 Production potential of Eutric Cambisols

The production potential of land is expressed as land-rating value determined by evaluating the properties of soils, relief, and climate (Košir, 2023; Pravilnik, 2008). For this study, we evaluated land with Eutric Cambisols based on the latest data (as of March 19, 2023) from the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia (GURS), using new methodology (Pravilnik, 2022), which is described in detail in the article by Košir (2023).

Figure 9 and Table 2 show the distribution of land area (in km²) with respect to land-rating values for Eutric Cambisols on different parent materials and for the whole country of Slovenia. Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments have the highest average weighted land-rating value (70 points), followed by Eutric Cambisols on Pliocene and Pleistocene sediments (53 points), flysch (46 points), Miocene sediments (46 points), and marl and marly limestone (43 points). Soils on mixed carbonate and non-carbonate rocks have the lowest average weighted land-rating value (37 points). All Eutric Cambisols exhibit an average weighted land-rating value that surpasses the average weighted land-rating value for agricultural and forest land in Slovenia, which stands at 36, according to the latest data from GURS. It is important to underline that Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments are of the highest quality; 97.4% of them have a land-rating value of above 50 points, and 85.1% have a value above 60 points. The land-rating value of the

largest proportion of land area (45.3%) ranges from 61 to 70 points (Table 2). In addition to the favorable soil properties (loamy texture, optimal pH, high base saturation), the excellent quality of Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments is due to the relief and lower altitude with beneficial climate, as they are located in river valleys. Due to their flat relief, these areas are the most suitable for crop and vegetable production in Slovenia. The importance of Eutric Cambisols can be recognized by comparing them with the total agricultural and forest land in Slovenia, where only 23.3% of the land has a land-rating value greater than 50 points, and only 10.1% has values greater than 60 points. Eutric Cambisols are, therefore, of the highest quality but also the smallest in terms of area (Table 1, Figure 9), which requires special care in spatial planning. The distribution of land area (in km²) concerning land-rating values for Eutric Cambisols on different parent materials and entire Slovenia is shown in Figure 9 and Table 2.

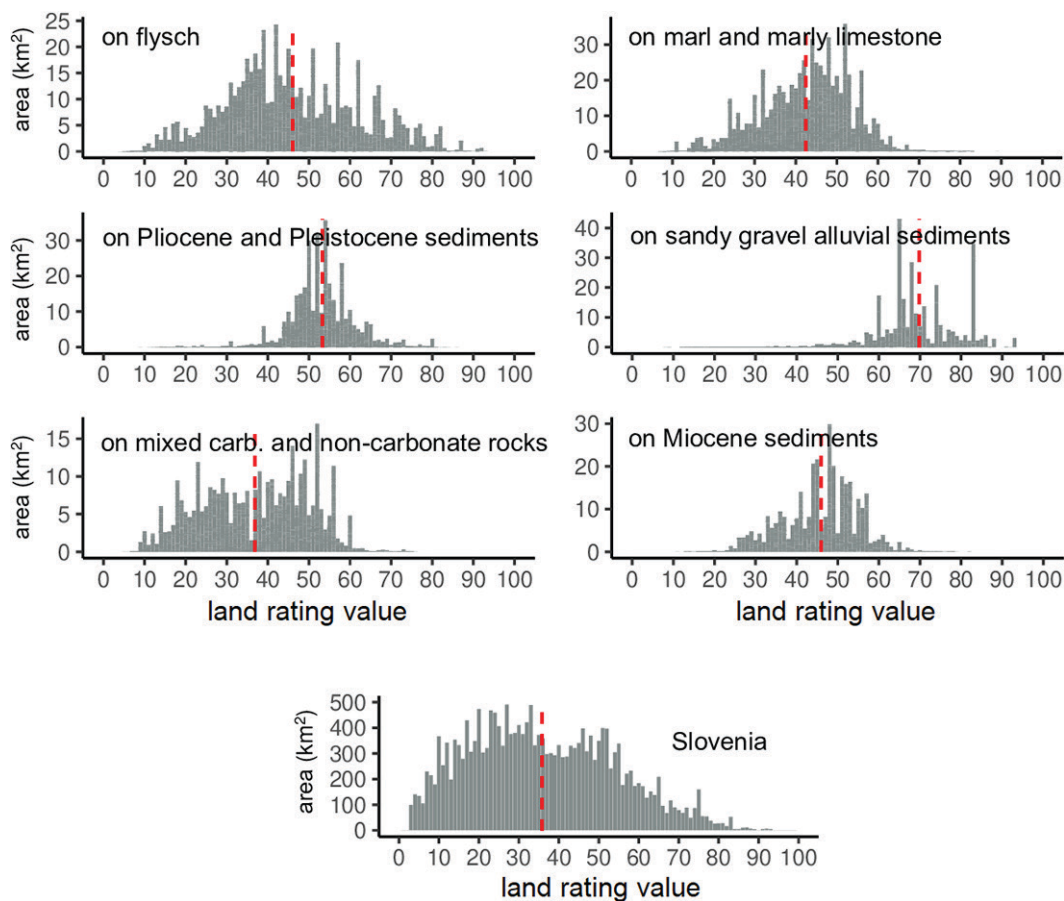


Figure 9: The distribution of land area (in km²) concerning land-rating values for Eutric Cambisols on different parent materials and the entire Slovenia (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2022). The average weighted land-rating value is indicated with a dashed line.

On the other hand, the steep relief, which limits machine tillage in many areas, and the heavier soil texture (silty loam, silty clay, silty clay loam) are the reasons for lower land-rating values of Eutric Cambisols on other parent materials, especially on flysch, marl, and marly limestone, miocene sediments, and mixed

carbonate and non-carbonate sediments. Nevertheless, the suitability of Eutric Cambisols on flysch, marl, and marly limestone for orchards and vineyards should not be ignored, as the crumbly parent material allows terracing and deep ploughing. Especially sunny slopes are particularly suitable for fruit and wine growing.

Table 2: The land area (km²) and proportion (%) according to the land production potential classes for Eutric Cambisols on different parent materials and entire Slovenia (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2022).

	Flysch		Marl and marly limestone		Pliocene and Pleistocene sediments		Sandy gravel alluvial sediments		Mixed carbonate and non-carbonate rocks		Miocene sediments		SLOVENIA	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
from 1 to 10	1.0	0.2	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	4.2	1.3	-	-	1468.1	7.2
from 11 to 20	31.1	5.1	19.5	3.0	1.0	0.3	< 0.1	< 0.1	40.6	12.2	0.5	0.2	3317.3	16.3
from 21 to 30	62.1	10.3	78.6	12.2	1.5	0.5	0.3	0.1	75.1	22.5	20.1	6.1	3944.1	19.5
from 31 to 40	149.3	24.6	151.9	23.5	11.7	3.5	1.3	0.4	66.5	20.0	61.1	18.6	3569.9	17.6
from 41 to 50	134.4	22.2	235.2	36.4	105.4	31.7	5.9	2.0	87.7	26.3	137.4	41.8	3261.1	16.1
from 51 to 60	106.8	17.6	144.1	22.3	167.5	50.4	35.8	12.3	56.4	16.9	97.3	29.6	2666.1	13.2
from 61 to 70	68.4	11.3	14.7	2.3	36.5	11.0	131.9	45.3	2.3	0.7	11.8	3.6	1242.5	6.1
from 71 to 80	40.3	6.7	1.2	0.2	8.4	2.5	64.1	22.0	0.5	0.1	0.3	0.1	648.9	3.2
from 81 to 90	11.1	1.8	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	48.6	16.7	-	-	< 0.1	< 0.1	138.8	0.7
from 91 to 100	1.0	0.2	-	-	-	-	3.2	1.1	-	-	-	-	16.7	0.1

4 CONCLUSIONS

Soils are a non-renewable natural resource subjected to reversible and irreversible degradation due to various human activities that require space and resources, with soil sealing being the most destructive and permanent form of soil degradation. Therefore, knowledge and understanding of soil properties are crucial for ensuring professionally sound and sustainable spatial planning that prioritizes soil protection.

Eutric Cambisols are, apart from well-developed Fluvisols, the most fertile soils in Slovenia. They are formed on different parent materials, which affects their physical and chemical properties, as well as their production potential. The largest area (600 km², 19.3%) of Eutric Cambisols is on flysch, followed by Eutric Cambisols on marl and marly limestone, which together cover (650 km², 20.6%), Eutric Cambisols on mixed carbonate and non-carbonate rocks (333 km², 10.6%), Pliocene and Pleistocene (333 km², 10.6%), and Miocene sediments (329 km², 10.5%). Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments, crucial for crop production and horticulture, cover only 295 km² (9.6%).

A common feature of all Eutric Cambisols is the presence of a cambic B horizon, which contributes significantly to water storage and allows tillage for crop production, orcharding, viticulture, and horticulture. A favorable pH also contributes to soil fertility, which, when measured in water, is above 5.5 (median 6.3), and base saturation is above 50% in the dominant part of the soil profile (median 76.3%). The average weighted land-rate value of all Eutric Cambisols exceeds Slovenia's average weighted land-rating value of all agricultural and forest land. Among all Eutric Cambisols, special attention should be paid to Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments, which have a favorable loamy texture and optimal pH, and the relief level also contributes to their suitability for crop production. Soil quality

characteristics, which are one of the three essential components of land-rating, are determined based on the type of parent material, soil development stage, and texture. Therefore, it is not surprising that Eutric Cambisols on sandy gravel alluvial sediments also have the highest land-rating values, with an average weighted land-rating value of 70 points; in over 99% of cases, they surpass the average weighted land-rating value of agricultural and forest land in Slovenia. Due to their limited spatial extent, special attention must be given to protecting these soils.

References and sources:

- Beaudette, D. E., Roudier, P., O'Geen, A. T. (2013). Algorithms for quantitative pedology: A toolkit for soil scientists. *Computers and Geosciences*, 25, 258–268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.10.020>
- Birkeland, P. W. (1999). *Soils and geomorphology*. New York: Oxford University Press.
- Blume, H. P., Brümmer, G. W., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K., Wilke, B. M. (2016). *Scheffer/Schachtschabel soil science*. Berlin: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30942-7>
- Brennana, R. F., in Bolland, M. D. A. (1998). Relationship between pH measured in water and calcium chloride for soils of Southwestern Australia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29 (17&18), 2683–2689. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103629809370143>
- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W. R. (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, 26, 199–215.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute (2014). *ArcGIS 10.2.2 for Desktop (programsko orodje)*.
- Grčman, H., Kopal, M., Prus, T., Zupan, M., Tič, I. (2015) Posodobitev pedološke karte: dopolnjeno poročilo – 25. september 2015. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja.
- Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS), DMV0250 2007–2016.
- Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS), Grafični prikaz območij enakih bonitet na dan 26.05.2022.
- ISO 14235 (1999). Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation.
- ISO 11261 (1996). Soil quality – Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method.
- ISO 10390 (2006). Soil Quality – Determination of pH.
- ISO 11277 (2011). Soil Quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation.
- IUSS Working Group WRB (2022). *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. 4th edition. Vienna: International Union of Soil Sciences (IUSS).
- Jenny, H. (1941). *Factors of soil formation: A system of quantitative pedology*. New York: McGraw-Hill.
- Kopal, M., Urbančič, M., Potočnik, N., De vos, B., Simončič, P. (2011). Pedotransfer functions for bulk density estimation of forest soils = Pedotransfer funkcije za projeno gustoče šumskih tala. *Šumarski list*, 135 (1/2), 19–27.
- Košir, J. (2023). Vzpostavitev, nadgradnja in vzdrževanje območij enake bonitete. *Geodetski vestnik*, 66 (4), 509–520. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2022.04.509-520>
- Mihelič, R., Čop, J., Jakše, M., Štampar, F., Majer, D., Tojko, S., Vršič, S. (2010). *Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje*. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
- Minasny, B., McBratney, A. B., Brough, D. M., Jacquie, D. (2011). Models relating soil pH measurements in water and calcium chloride that incorporate electrolyte concentration. *European Journal of Soil Science*, 62 (5), 728–732. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2011.01386.x>
- Plaster, E. J. (2013). *Soil Science and management*. New York: Cengage Learning.
- Pravilnik o določanju in vodenju bonitete zemljišč (2008). Uradni list RS, št. 47/08, 54/21 – ZKN in 41/22
- Pravilnik o vodenju podatkov katastra nepremičnin (2022). Uradni list RS, št. 41/2022.
- Prus, T., Kralj, T., Vrščaj, B., Zupan, M., Grčman, H. (2015). Slovenska klasifikacija tal. Ljubljana: UL, Biotehniška fakulteta in Kmetijski inštitut Slovenije.
- R Development Core Team (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Suhadolc, M. (2018). Uporaba prostorskih podatkov za upravljanje fitofarmacevtskih sredstev na ravni povodja. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 39–50. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.39-50>
- Soil Survey Staff (1992). *Soil survey laboratory methods manual*. Ver. 2.0. USDA/NRCS, Soil Survey Investigations Report No. 42. Washington: U.S. Government. Printing Office.
- Stritar, A. (1990). *Krajina, krajinski sistemi; Raba in varstvo tal v Sloveniji*. Ljubljana: Partizanska knjiga.
- Teepe, R., Dilling, H., Beese, F. (2003). Estimating water retention curves of forest soils from soil texture and bulk density. *J. Plant Nutr. Soil Sc.*, 166, 111–119. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.200390001>
- TIS/ICPVO – Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana 1999–2023 (Talni informacijski sistem Slovenije).
- Turniški, H., Grčman, H. (2018). Izprana tla v Sloveniji: pedološke lastnosti, prostorska razporeditev in klasifikacija. *Acta agriculturae Slovenica*, 111 (1), 121–135. DOI: <https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.1.12>

Vidic, N., Prus, T., Grčman, H., Zupan, M., Lisec, A., Kralj, T., Vrščaj, B., Ruprecht, J., Šporar, M., Suhadolc, M., Mihelič, R., Lobnik, F. (2015). Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1 : 250.000. Luksemburg: Publications office of the European Union.
DOI: <https://doi.org/10.2788/88750>

Grčman H., Turniški R., Suhadolc M. (2023). Eutric Cambisols – Slovenia's best agricultural soils.
Geodetski vestnik, 67 (3), 297-324.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2023.03.297-324>

EVTRIČNA RJAVA TLA – NAJBOLJŠA KMETIJSKA TLA V SLOVENIJI

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU:

GLEJ STRAN 297

1 UVOD

Na lastnosti in razvoj tal vplivajo tlotvorni dejavniki: podnebje, relief, matična podlaga (kamninska osnova), organizmi in čas (Jenny, 1941; Birkeland, 1999). Ker Slovenija leži na geološko mladem ozemlju, je vpliv reliefa in kamninske osnove močan, značilne so mlajše razvojne oblike tal (Vidic in sod., 2015). Zaradi razgibanega reliefa in strmih nagibov, ki pospešujejo pobočne erozijske procese, je v Sloveniji veliko plitvih tal (Vidic in sod., 2015). Kamninska osnova, ki je blizu površja, vpliva na kemijske in fizikalne lastnosti tal ter s tem na njihovo kakovost in primernost za kmetijsko rabo. V Sloveniji spadajo med najbolj rodovitna evtrična rjava tla, ki nastajajo na kamninskih podlagah karbonatnega ali mešanega (karbonatno/silikatnega) značaja, kot so peščeno-prodnati aluvialni nanosi, flišne kamnine, laporovec ipd. Stritar (1990) jih je uvrstil v dve, za kmetijstvo pomembni pedosekvenci; pedoskvenco na prodih in peskih, ki je pomembna predvsem za poljedelstvo in vrtnarstvo, ter pedosekvenco na mehkih karbonatnih kamninah, kjer najdemo najboljše sadjarsko-vinogradniške lege.

Po slovenski klasifikaciji evtrična rjava tla uvrščamo v razred kambičnih tal avtomorfnega oddelka (Prus in sod., 2015), po FAO-vi mednarodni klasifikaciji WRB pa v referenčno skupino Cambisols z dodatnim kvalifikatorjem »Eutric« (IUSS Working Group WRB, 2022), ki v obeh klasifikacijskih sistemih označuje prevladujoč delež izmenljivih bazično delujočih kationov.

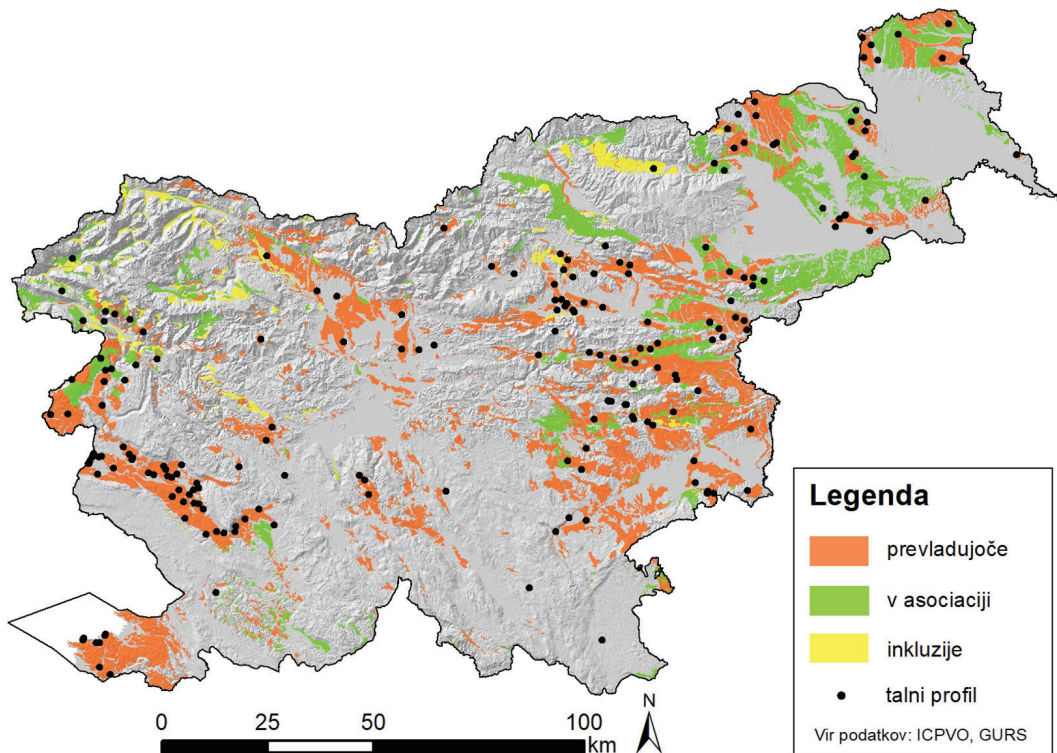
Evtrična rjava tla so tla z dvema dobro izraženima mineralnima horizontoma, in sicer humusno-akumulativnim in kambičnim horizontom (zaporedje horizontov v profilu A-B-C), nevtralnimi ali rahlo kislimi pH (v horizontu Bv merjen pH v vodni ekstrakciji > 5,5) in deležem bazično delujočih kationov (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ in Na^+) na sorptivnem delu tal (vrednost V) > 50 %. Zlasti kalcij, magnezij in kalij spadajo med zelo pomembna rastlinska makrohranila (Plaster, 2013). Kalcij sodeluje tudi pri tvorbi strukturnih agregatov in deluje ugodno na obstojnost strukturnih agregatov (Blume in sod., 2016), kar mu omogoča dvojni pozitivni naboj, ki povezuje talne delce z negativnim površinskim nabojem. Sposobnost zadrževanja rastlinam dostopne vode je odvisna od globine tal, teksture in vsebnosti organske snovi. Skelet, ki se v večji količini pojavlja zlasti v tleh na peščeno-prodnatih aluvialnih nanosih, zmanjšuje sposobnost tal za zadrževanje vode, povečuje podvrženost suši in otežuje obdelavo tal (Vidic in sod., 2015). V plitvih in skeletnih tleh je tudi večja nevarnost za izpiranje hranil in fitofarmaceutskih sredstev v spodnje plasti tal in podzemno vodo (Suhadolc, 2018). Pomembna skupina evtričnih rjavih tal, ki se pojavlja na peščeno-prodnatih nanosih večjih rek, leži tudi na območju podzemnih voda, zato je poznavanje lastnosti tal pomembno. Poznavanje prostorske razprostranjenosti evtričnih rjavih tal je ključno tudi z vidika prostorskega načrtovanja in varovanja najboljših kmetijskih zemljišč.

Namen prispevka je na podlagi analize vseh razpoložljivih podatkov talnih profilov, ki so shranjeni v podatkovni zbirki Talnega informacijskega sistema Infrastrukturnega centra za pedologijo in varstvo okolja

(TIS/ICPVO, 2023), predstaviti ključne fizikalne in kemijske lastnosti evtričnih rjavih tal v Sloveniji glede na njihove tlotvorne dejavnike in procese ter kakovost tal. Analiza zajema razlike med evtričnimi rjavimi tlemi na različnih matičnih podlagah, njihovo prostorsko razširjenost ter primernost in omejitve za kmetijstvo. Poleg posameznih, za rodovitnost pomembnih lastnosti (tekstura, globina, vsebnost rastlinam dostopne vode, pH, nasičenost sorptivnega del z bazičnimi kationi, kationska izmenjalna kapaciteta) podajamo analizo bonitete zemljišč v skladu z novo metodologijo (Ur. l. RS, št. 41/2022).

2 MATERIALI IN METODE

Podatki so bili pridobljeni iz baze Talnega informacijskega sistema Slovenije (TIS/ICPVO, 2023). Pedokartografske enote evtričnih rjavih tal smo izvozili iz atributne tabele Digitalne pedološke karte Slovenije 1 : 25.000 in jih združili v nov podatkovni sloj. Pedokartografske enote (PKE), ki so vsebovale pedosistematsko enoto evtričnih rjavih tal, se pojavljajo na 19 skupinah matičnih podlag. Z upoštevanjem deleža evtričnih rjavih tal v pedokartografskih enotah smo izračunali njihovo površino (preglednica 1) in izrisali prostorsko razporeditev (sliki 1 in 2).



Slika 1: Območja pedokartografskih enot, v katerih se pojavljajo evtrična rjava tla, ter lokacije obravnavanih talnih profilov (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2016).

Statistično analizo pedoloških lastnosti smo izvedli na dvesto profilih (slika 1) prevladujočih evtričnih rjavih tal, ki so bili izkopani v okviru pedološkega kartiranja Slovenije ali drugih raziskav tal od leta 1974 naprej in za katere so bili na voljo ustrezni analitski in opisni morfološki podatki po horizontih (število

horizontov: 707) ter prostorska opredelitev. Lokacije evtričnih rjavih tal in obravnavanih talnih profilov so upodobljene na sliki 1. Z rdečo barvo so prikazana območja, kjer so evtrična rjava tla zastopana kot dominanten talni tip (več kot 50 % PKE), z zeleno območja, kjer se pojavljajo v asociaciji z drugimi talnimi tipi, v posamezni PKE pa predstavljajo manj kot 50 %. V omejenem obsegu se pojavljajo tudi kot inkluzije (manj kot 10 % PKE), kar prikazujejo rumena območja.

V obravnavanih dvesto profilih prevladuje zaporedje horizontov A/A_p-B_v-C . Evtrična rjava tla na flišu in laporovcu ter lapornih apnencih, ki so globoko obdelana oziroma rigolana, izkazujejo zaporedje horizontov P-C (21 od 117). Pojavlja se (13 od 117) tudi psevdoglejevanje z zaporedjem A-B_g-C ali oglejevanje z zaporedjem A-B_v-G_o (3 od 117). Psevdoglejevanje in oglejevanje je nekajkrat prisotno tudi v evtričnih rjavih tleh na pleistocenskih sedimentih in na peščeno-prodnatih nanosih.

2.1 Laboratorijske metode

Analize fizikalnih in kemijskih lastnosti talnih vzorcev ($n = 707$) so bile izvedene v pedološkem laboratoriju Katedre za pedologijo in varstvo okolja. Vzorci so bili zračno posušeni in presejani skozi 2-mm sito. pH tal je bil izmerjen elektrometrično v suspenziji tal z ekstrakcijsko raztopino (0,1 M KCl ali 0,01 M $CaCl_2$) v razmerju 1 : 2,5 (v/v) (ISO 10390, 2005). Organska snov je bila določena z mokrim sežigom po modificirani metodi Walkley-Black (ISO 14235, 1999), tekstura tal (razen v organskih horizontih) je bila določena s sedimentacijsko pipetno metodo po ameriški teksturni klasifikaciji (ISO 11277, 2011). Rastlinam dostopni fosfor in kalij sta bila izmerjena po ekstrakciji z amonlaktatom (Egnér in sod., 1960 (SS 28310 T1)). Skupni dušik je bil analiziran po Kjeldahlovem postopku s TiO_2 kot katalizatorjem (ISO 11261, 1996). Kationska izmenjalna kapaciteta je bila določena kot vsota bazičnih kationov, določenih po ekstrakciji z 1 M amonacetatom (pH 7), in kislih kationov, določenih po modificirani Melichovi metodi (Soil Survey Staff, 1992).

Globina tal je bila določena kot spodnja globina zadnjega horizonta v profilu. Količina rastlinam dostopne vode je bila izračunana (Grčman in sod., 2015) s pedotransferno funkcijo, ki so jo razvili Teepe in sod. (2003) in pri kateri se upoštevajo tekstura ter debelina in volumska gostota horizontov. Ker volumska gostota tal ni bila sistematično merjena v času pedološkega kartiranja, je bila za vse horizonte in profile izračunana z uporabo pedotransferne funkcije, ki so jo za slovenska gozdna tla razvili Kobal in sod. (2011) in pri kateri sta upoštevani tekstura in organska snov.

2.2 Statistična in prostorska analiza

Lastnosti dvesto talnih profilov smo predstavili z opisnimi statistikami. Statistične analize smo izvedli v programskem okolju R (R Development Core Team, 2022) s paketi »aqp« (Beaudette in sod., 2013) in »ggplot2«. Prikaz prostorskih podatkov smo izvedli s programom ArcGIS 10.2.2 for Desktop (ESRI, 2014). V orodju ArcGIS smo za namen izračuna povprečne tehtane bonitete sloj pedološke karte 1 : 25.000 združili (union) s slojem bonitete tal (2023). Iz novega sloja smo izrezali PKE-je, ki so vsebovali pedosistematske enote evtričnih rjavih tal. Te smo nadalje razvrstili v skupine po matičnih podlagah (na flišu, na laporovcu in lapornih apnencih, na pliocenskih in pleistocenskih sedimentih, na peščeno-prodnatih nanosih, na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah ter na miocenskih sedimentih) in jih izvozili kot posamezne sloje. Za posamezen sloj smo poligonom izračunali novo površino glede na zastopanost evtričnih rjavih tal znotraj poligona ter izračunali delež te površine glede na celotno površino

evtričnih rjavih tal posameznega sloja. Delež v vsakem poligonu je bil pomnožen z boniteto tal, tehtano povprečje bonitete pa izračunano kot vsota zmnožkov vseh poligonov znotraj sloja.

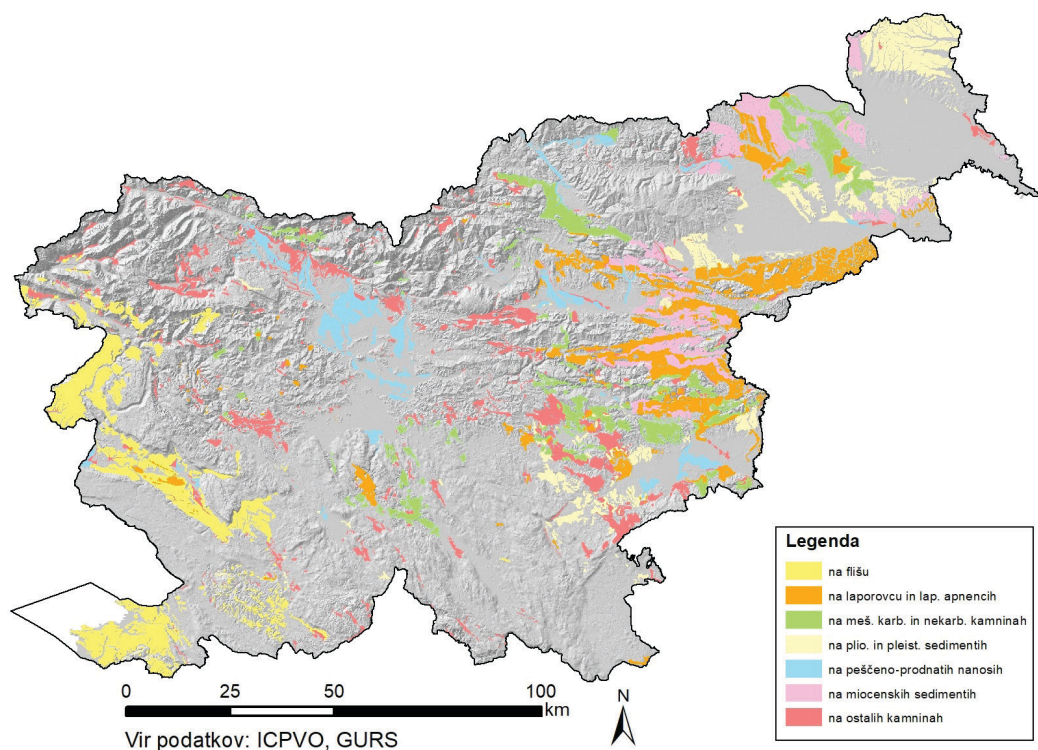
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Prostorska razširjenost evtričnih rjavih tal na različnih matičnih podlagah v Sloveniji

Evtrična rjava tla pokrivajo 15,5 % Slovenije. Na 2682 km² se pojavljajo kot prevladujoč talni tip, na 451 km² pa kot pridruženi talni tip ali kot inkluzija (slika 1). Pojavljajo se na različnih matičnih podlagah, predvsem klastičnih sedimentnih kamninah različne starosti (preglednica 1). Največ (19,3 %) je evtričnih rjavih tal na flišu, in sicer dobrih 600 km². Sledijo evtrična rjava tla na laporovcih s slabimi 400 km², ki skupaj s tlemi na lapornih apnencih (250 km²) predstavljajo 20,6 % vseh evtričnih rjavih tal. S po 330 km² sledijo evtrična rjava tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah, pleistocenskih in pliocenskih ter miocenskih sedimentih. Evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek, ki so zelo pomembna za poljedelstvo in vrtnarstvo, pokrivajo le 295 km² (9,4 %). Prostorsko zastopanost glavnih skupin evtričnih rjavih tal kaže slika 2. V nadaljevanju smo naredili analizo najpomembnejših lastnosti za skupine tal, ki se pojavljajo v deležu več kot 5 %, pri čemer skupino tal na laporovcih obravnavamo združeno s skupino tal na lapornih apnencih. Podrobneje obravnavane skupine tal so: evtrična rjava tla na flišu (55 profilov), evtrična rjava tla na laporovcu in lapornih apnencih (62 profilov), evtrična rjava tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah (9 profilov), evtrična rjava tla na pleistocenskih in pliocenskih sedimentih (21 profilov), evtrična rjava tla na miocenskih sedimentih (11 profilov) in evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih (42 profilov).

Preglednica 1: Površina evtričnih rjavih tal na različnih matičnih podlagah ter njihov odstotek znotraj vseh evtričnih rjavih tal (TIS/ICPVO, 2023)

Matična podlaga	Površina [km ²]	Odstotek od skupne površine evt. rj. tal [%]
na flišu	605,6	19,3
na laporovcu	397,7	12,7
na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah	333,3	10,6
na pleistocenskih in pliocenskih sedimentih	332,1	10,6
na miocenskih sedimentih	328,6	10,5
na peščeno-prodnatih nanosih	295,0	9,4
na lapornih apnencih	247,7	7,9
na različnih bazičnih kamninah	152,0	4,9
na različnih vezanih klastičnih kamninah	145,2	4,6
na starejšem ilovnatem ali prodnatem nanosu	74,7	2,4
na aluvialno-koluvialnih nanosih	38,9	1,2
na siviči	35,2	1,1
na moreni	31,9	1,0
na pobočnem grušču	27,8	0,9
na deluviju	26,5	0,8
na psevdozilijskih skladih	21,0	0,7
na brečah in konglomeratih	19,2	0,6
na piroklastičnih kamninah	10,3	0,3
na metamorfnih kamninah	6,7	0,2



Slika 2: Prostorska razširjenost evtričnih rjavih tal na različnih matičnih podlagah v Sloveniji (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2016).

Evtrična rjava tla prevladujejo v zahodni Sloveniji na flišu (Slovenska Istra, Vipavska dolina, Brda), v vzhodni Sloveniji na različnih sedimentnih kamninah Posavskega hribovja, Kozjanskega, Krškega polja, Krškega gričevja, Podgorja, Gorjancev in okolice Novega mesta ter v severovzhodnem delu na sedimentnih kamninah Dravsko-Ptujskega polja, Slovenskih goric in na nevezanih sedimentih Goriškega. V osrednjem delu Slovenije (Ljubljansko polje) in severnem delu (Gorenjska) so na peščeno-prodnatih nanosih reke Save (slika 2).

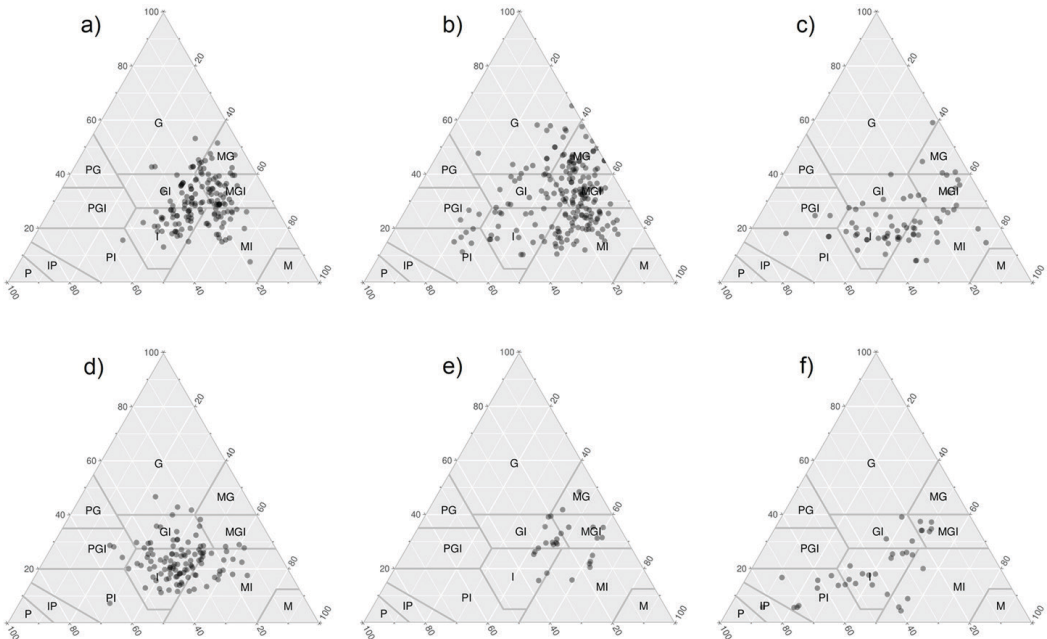
3.2 Lastnosti evtričnih rjavih tal

Matična podlaga, na kateri nastajajo tla, vpliva na njihove fizikalne in kemijske lastnosti. Za tla na flišu in laporovcu je značilna večja vsebnost melja in gline (teksturni razredi MGI, MI in MG), kar je še posebej izrazito za tla na laporovcih in lapornih apnencih (slika 3). To ne preseneča, saj glavnino mineralnega dela tal sestavlja fizikalna preperina matične podlage glinastega značaja. Zaradi tega se v teh pogosto pojavljajo tudi znaki psevdoglejevanja, ki so posledica počasnejšega pretoka padavinske vode skozi talni profil. Razlike v zrnivosti med plastmi laporovcev in peščenjakov vodijo do teksturnih razlik med talnimi horizonti, kar opisujemo kot kamninsko nezveznost (IUSS, 2022). V tleh na peščeno-prodnatih nanosih prevladuje ilovnata tekstura z uravnoteženim deležem peska, melja in gline (slika 3), kar je posledica pestrosti prodnikov, ki po izvoru pripadajo različnim magmatskim, metamorfnim in sedimentnim kamninam in iz katerih s fizikalnim in kemijskim preperevanjem nastajajo tla. Tekstura vpliva na ostale

fizikalne lastnosti, kot so poroznost in vodozadrževalne lastnosti, ter na kemijske lastnosti tal, predvsem na kationsko izmenjalno kapaciteto.

Na količino vode, ki jo tla lahko zadržijo in je – v obdobjih, ko ni padavin – dostopna za rastline, vpliva, poleg lastnosti posameznih horizontov, skupna globina tal. Glede na podatke izkopanih profilov je povprečna globina evtričnih rjavih tal od 92 centimetrov (na pleistocenskih in pliocenskih sedimentih) do 71 centimetrov (na flišu). Evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih sedimentih imajo povprečno globino 73 centimetrov. Izračunana povprečna globina tal je lahko tudi podcenjena, saj profili niso bili vedno izkopani do matične podlage.

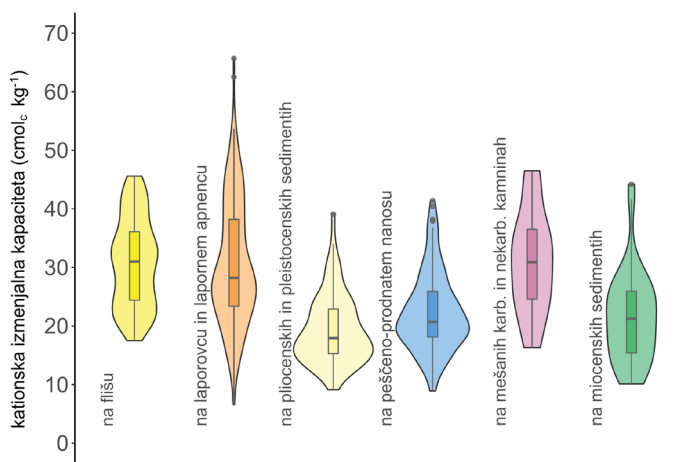
Evtrična rjava tla na pleistocenskih in pliocenskih sedimentih lahko zadržijo največjo količino vode; 80,7 % tal lahko zadrži več kot 100 mm, od tega 33,8 % med 150 in 200 mm. Sledijo tla na flišu, kjer 47,9 % tal zadrži več kot 100 mm rastlinam dostopne vode, ter tla na laporovcih in lapornih apnencih, kjer 23,3 % tal zadrži več kot 100 mm, medtem ko 62,7 % tal zadrži med 50 in 100 mm. Na peščeno-prodnatih nanosih lahko 18,2 % tal zadrži več kot 100 mm, največji delež (81,4 %) jih ima sposobnost za zadrževanje rastlinam dostopne vode v območju od 50 do 100 mm. Podobne vodozadrževalne lastnosti imajo tla na miocenskih sedimentih (16,3 % nad 100 mm in 83,7 % med 50 in 100 mm) in tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah (7,8 % nad 100 mm in 83,4 % med 50 in 100 mm).



Slika 3: Tekstura evtričnih rjavih tal na različnih matičnih podlagah: a) na flišu, b) na laporovcu in lapornih apnencih, c) na pliocenskih in pleistocenskih sedimentih, d) na peščeno-prodnatih nanosih, e) na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah ter f) na miocenskih sedimentih (TIS/ICPVO, 2023).

Kationska izmenjalna kapaciteta je odvisna od količine gline ter vrste glinenih mineralov, pH tal in organske snovi v tleh (Blume in sod., 2016). Medtem ko na vsebnost gline, vrsto glinenih mineralov in pH vpliva predvsem matična podlaga, na vsebnost organske snovi v tleh najbolj vplivajo podnebne

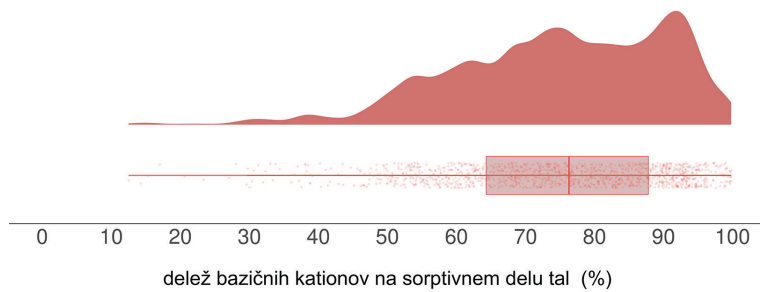
razmere, predvsem z nadmorsko višino pogojena povprečna letna temperatura in količina padavin, raba tal in kmetijske prakse. V tleh z velikim deležem gline in visokim pH torej lahko pričakujemo tudi veliko kationsko izmenjalno kapaciteto, kar potrjuje analiza podatkov (slika 4). Največjo kationsko izmenjalno kapaciteto izkazujejo tla na flišnih kamninah ($31 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), laporovcu ($28,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) ter mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah ($30,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Vendar imajo tudi ostala evtrična rjava tla veliko kationsko izmenjalno kapaciteto. Tudi v evtričnih rjavih tleh na peščeno-prodnatih nanosih rek je kationska izmenjalna kapaciteta velika ($20,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).



Slika 4: Kationska izmenjalna kapaciteta evtričnih rjavih tal na različnih matičnih podlagah ($n = 707$) (TIS/ICPVO, 2023).

Delež bazičnih kationov na sorptivnem delu tal je odvisen od njihove vsebnosti v matični podlagi in od stopnje izpranosti tal. Zaradi eluvialno-iluvialnih procesov se namreč na območjih z veliko padavinami, med katera se uvršča tudi Slovenija, le ti premeščajo iz zgornjih v spodnje sloje tal in podtalje (Turniški in Grčman, 2018) in se zato sčasoma njihov delež v tleh zmanjšuje. Naši rezultati kažejo, da je mediana deležev bazičnih kationov za vse horizonte 76,3 %; razpon je od 12,5 % do 100 %. Večina horizontov evtričnih rjavih tal (94 % vseh horizontov) ima vrednost V nad 50 % (slika 5), le posamično se pojavljajo horizonti, kjer je delež manjši od 50 %. Takih horizontov je 78. Pregled podatkov je pokazal, da so to največkrat organski (O) in zgornji humusno-akumulativni (A) horizonti na različnih matičnih kamninah.

Na sliki 6 so vidne razlike v vsebnosti bazičnih kationov med različnimi matičnimi podlagami. Največjo mediano imajo tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah (87,5 %), sledijo tla na flišu (78,4 %) in laporovcu (76 %). Za vse te tri skupine tal je značilno, da ima velik del horizontov delež bazičnih kationov več kot 90 %, kar je posledica prisotnosti skeleta karbonatnega značaja. Najmanjšo mediano (61,1 %) imajo tla na pliocenskih in pleistocenskih sedimentih, kjer se pojavlja tudi največji delež horizontov z deležem pod 50 %, kar je verjetna posledica izpranosti tal in sedimentov, iz katerih so tla nastala. Mediana za tla na peščeno-prodnatih aluvialnih nanosih je 73,2 %, skoraj vsi horizonti imajo delež bazičnih kationov večji od 50 %. Tla na peščeno-prodnatih nanosih rek so najmlajša, saj so večinoma nastala v holocenu, dodatno pa izpiranje bazičnih kationov kompenzira sprotno apnjenje in gnojenje.



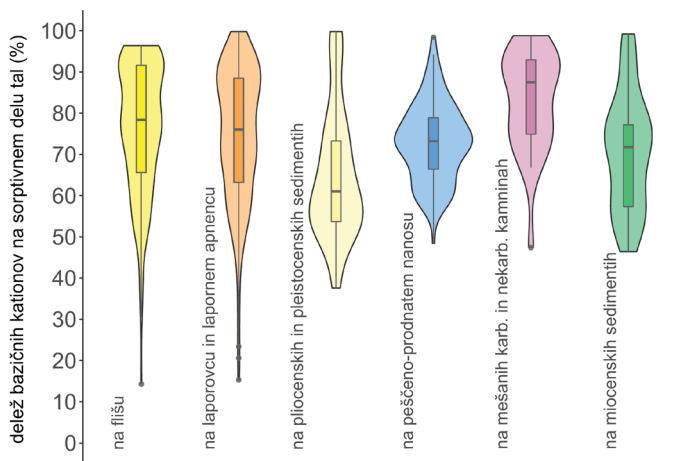
Slika 5: Delež bazičnih kationov na sorptivnem delu tal. V analizo so vključeni horizonti vseh skupin evtričnih rjavih tal ($n = 1371$ (TIS/ICPVO, 2023)).

Za vsa evtrična rjava tla velja, da prevladujejo kalcijevi dvovalentni kationi, sledijo magnezijevi in kalijevi kationi; najmanj je natrijevih kationov, ki se slabo vežejo na sorptivni del tal in se s padavinami najhitreje izperejo. Med evtričnimi rjavimi tlemi na različnih matičnih podlagah so v zastopanosti posameznih bazičnih kationov razlike. Delež kalcijevih kationov je največji v tleh na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah (povprečno 74,7 %), sledijo evtrična rjava tla na flišu (povprečno 69,1 %), evtrična rjava tla na laporovcih (povprečno 62,2 %), evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek (povprečno 58,9 %), evtrična rjava tla na miocenskih sedimentih (povprečno 55,1 %) ter evtrična rjava tla na pliocenskih in pleistocenskih sedimentih (povprečno 48 %). Slednja vsebujejo največji delež magnezijevih kationov (povprečno 15 %), sledijo evtrična rjava tla na miocenskih sedimentih (povprečno 13,9 %), peščeno-prodnatih nanosih rek (povprečno 12,8 %) in laporovcih (povprečno 11,1 %). Najmanjši delež magnezijevih kationov vsebujejo evtrična rjava tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah (povprečno 6,8 %) in tla na flišu (povprečno 5,8 %). Rezultati so v skladu z ugotovitvijo Mihelič in sod. (2010), ki navajajo, da v nekaterih tleh na flišu (Istra, Vipavska dolina, Goriška brda) primanjkuje magnezija, zlasti v vinogradih ter tudi nekaterih sadovnjakih. Delež kalijevih kationov je manj variabilen in je v razponu od povprečno 1,0 % (evtrična rjava tla na flišu) do povprečno 1,4 % (evtrična rjava tla na pliocenskih in pleistocenskih sedimentih ter miocenskih sedimentih). Evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek vsebujejo povprečno 1,3 % kalijevih kationov na sorptivnem delu tal. Delež natrijevih ionov je v razponu od povprečno 0,34 % (evtrična rjava tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah) do povprečno 0,53 % (evtrična rjava tla na flišu).

Bazično delujoči kationi so pomembna rastlinska hranila, zlasti Ca, Mg in K. Izrazita prevlada enega iona lahko povzroči antagonistične učinke pri dosegljivosti drugih kationov. Velika vsebnost kalcija lahko zmanjša dostopnost bora, železa in magnezija; velika vsebnost kalija zmanjša dostopnost magnezija (Mihelič, 2010).

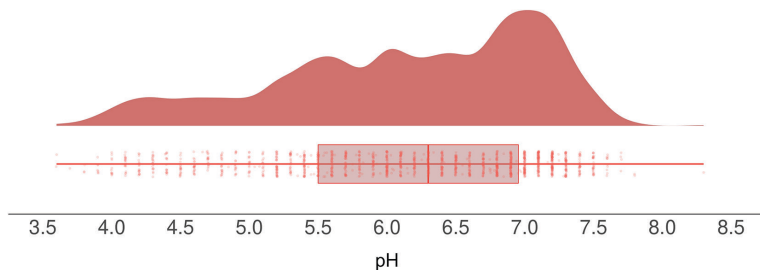
Vsebnost bazičnih kationov je povezana tudi s kislostjo (pH talne raztopine). V tleh, kjer prevladujejo bazično delujoči kationi, je pH tal, merjen v vodni ekstrakciji (aktivna kislost), praviloma večji od 5,5. Ker je v podatkovni bazi pedološke karte bistveno več podatkov za potencialno kislost, ki jo merimo v ekstrakciji z 1 mol/L KCl oziroma 0,01 mol/L CaCl_2 , podajamo rezultate za potencialno kislost, pri čemer velja, da je potencialna kislost od pol do ene enote nižja od aktivne kislosti (Brennana in Bolland, 1998; Minasny in sod., 2011). Mediana za potencialno kislost vseh horizontov evtričnih rjavih tal je 6,3 (slika 7). pH je v razponu od 3,6 do 8,3, vendar prevladujejo horizonti s potencialno kislostjo, večjo od 5. Potencialno kislost pod 5,5 ima 189 (11,7 %) horizontov. Podobno, kot smo ugotovili za horizonte z deležem bazič-

nih kationov pod 50 %, so to večinoma organski in humusno akumulativni horizonti ter horizonti B na kamninskih podlagah z malo ali brez karbonatov (pliocenski, pleistocenski in miocenski sedimenti). Spreminjanje kislosti z globino kaže slika 8. Tla na flišu, laporovcih/lapornih apnencih ter peščeno-prodnatih nanosih kažejo najmanjše razlike v pH glede na globino. Tla na miocenskih ter pliocenskih in pleistocenskih sedimentih imajo večkrat v zgornjih 40 centimetrih višji pH, kar razlagamo z vplivom kmetijstva; tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah pa imajo v zgornjih 20 centimetrih večkrat nižji pH.

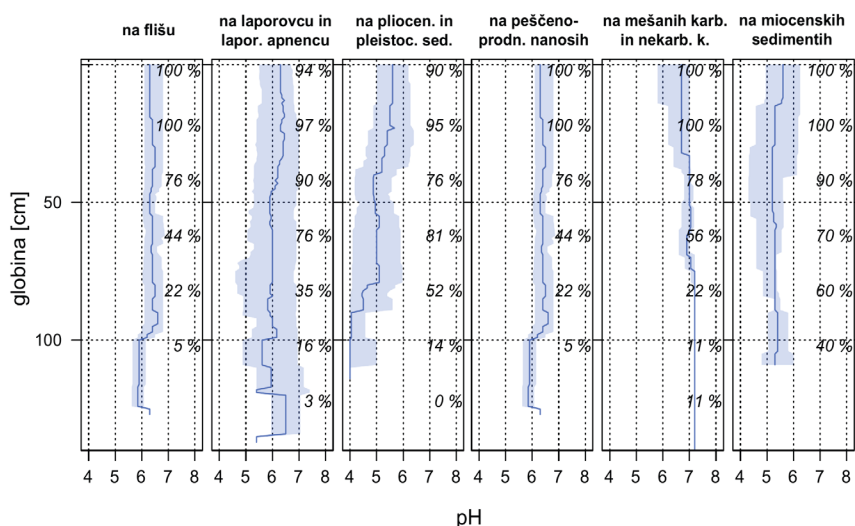


Slika 6: Delež bazičnih kationov na sorptivnem delu evtričnih rjavih tal na različnih matičnih podlagah (n = 707) (TIS/ICPVO, 2023).

Največji delež horizontov s pH nad 7,2, ki jih po razdelitvi Mihelič in sod. (2010) uvrščamo med rahlo alkalna tla, najdemo v evtričnih rjavih tleh na flišu. Največji delež horizontov s pH manj kot 5 najdemo v evtričnih rjavih tleh na pliocenskih in pleistocenskih sedimentih, kar je tako kot pri deležu bazičnih kationov povezano z mineralno sestavo sedimentov. Evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek, ki so večinoma holocenske starosti, imajo največji delež horizontov pH na za kmetijstvo optimalnem območju, ki je med 6 in 7 (37 % vseh horizontov).



Slika 7: pH vseh horizontov evtričnih rjavih tal (n = 1427) (TIS/ICPVO, 2023).

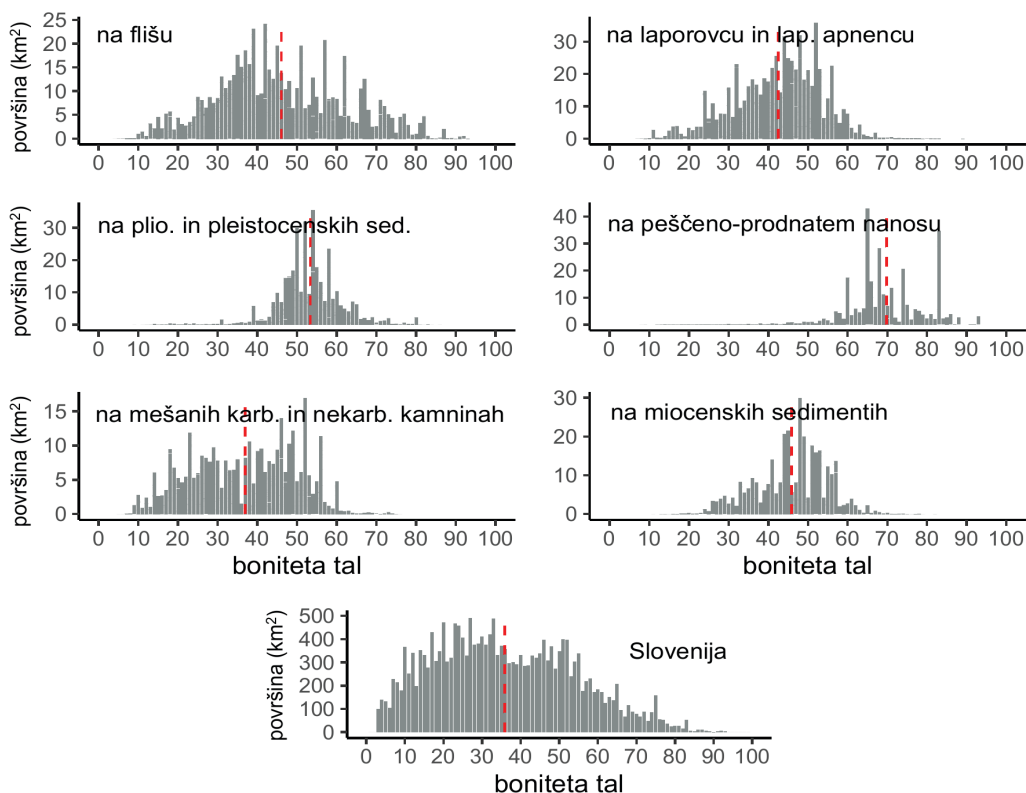


Slika 8: pH v odvisnosti od globine evtričnih rjavih tal na različnih matičnih podlagah. Modra črta prikazuje mediano, modra obroba območje med 25. in 75. percentilom. Podatek v % ob desni strani prikazuje odstotek profilov, ki prispevajo k izračunu (TIS/ICPVO, 2023).

3.3 Boniteta evtričnih rjavih tal

Pridelovalni potencial tal izražamo z boniteto zemljišč, ki se od leta 2008 ocenjuje na podlagi lastnosti tal, reliefa in klime (Košir, 2023; Pravilnik, 2008). Za namen prispevka smo izdelali analizo bonitete zemljišč v skladu z zadnjimi podatki (19. 3. 2023) Geodetke uprave Republike Slovenije (GURS), pridobljenimi po novi metodologiji (Pravilnik, 2022), ki je podrobneje predstavljena v prispevku Košir (2023).

Porazdelitev obsega zemljišč (površina v km²) glede na bonitetne točke za evtrična rjava tla na različnih skupinah matičnih podlag in za celotno Slovenijo kažeta slika 9 in preglednica 2. Največjo povprečno tehtano boniteto imajo evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek (70), sledijo evtrična rjava tla na pliocenskih in pleistocenskih sedimentih (53), flišu (46), miocenskih sedimentih (46) ter laporovcu in lapornih apnencih (43). Najmanjšo povprečno tehtano boniteto imajo tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah (37). Vsa evtrična rjava tla imajo večjo povprečno tehtano boniteto, kot je povprečna tehtana boniteta kmetijskih in gozdnih zemljišč v Sloveniji, ki je po Gursovih novih podatkih 36. Posebej je treba izpostaviti evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek, ki so najbolj kakovostna; 97,4 % jih ima boniteto več kot 50 in 85,1 % več kot 60. Največ, to je 45,3 %, zemljišč je v bonitetnem razredu 61–70 (preglednica 2). Poleg zelo ugodnih lastnosti tal (ilovnata tekstura, optimalen pH, velik delež bazičnih kationov na sorptivnem delu tal) k odlični boniteti evtričnih rjavih tal na peščeno-prodnatih nanosih prispevajo tudi raven relief in prevladujoče nižje nadmorske višine z ugodno klimo, saj se nahajajo v rečnih dolinah. Zaradi ravnega reliefa so to najprimernejša območja za poljedelsko in vrtnarsko pridelavo v Sloveniji. Dragocenost evtričnih rjavih tal lahko prepoznamo, če jih primerjamo z vsemi kmetijskimi in gozdnimi zemljišči v Sloveniji, kjer ima boniteto, večjo od 50, le 23,3 % zemljišč in le 10,1 % več kot 60. Evtrična rjava tla so torej najbolj kakovostna, a hkrati najmanjša po obsegu (preglednica 1, slika 9), kar nalaga posebno skrb pri prostorskem načrtovanju.



Slika 9: Porazdelitev obsega zemljišč (površina v km²) glede na boniteto za evtrična rjava tla na različnih matičnih podlagah ter za celotno Slovenijo (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2022). S črtkano črto je označena povprečna tehtana boniteta.

Na drugi strani sta strm relief, ki marsikje omejuje strojno obdelavo, in težja tekstura (MI, MG, MGI) razlog za nižje bonitete evtričnih rjavih tal na drugih matičnih podlagah, predvsem na flišu, laporovcu in lapornih apnencih, miocenskih sedimentih ter mešanih karbonatnih in nekarbonatnih sedimentih. Kljub temu ne gre prezreti primernosti evtričnih rjavih tal na flišu ter laporovcu in lapornih apnencih za sadjarstvo in vinogradništvo, saj drobljiva matična podlaga omogoča terasiranje in globoko oranje (rigolanje). Predvsem prisojna pobočja so odlične sadjarske in vinogradniške lege.

Preglednica 2: Obseg zemljišč (km²) in delež (%) po bonitetnih razredih za evtrična rjava tla na različnih matičnih podlagah in za Slovenijo (TIS/ICPVO, 2023; GURS, 2022).

	Na flišu		Na laporovcu in lapornih apnencih		Na pliocenskih in pleistocen. sedimentih		Na peščeno- prodnatih nanosih		Na mešanih karb. in nekarb. kamninah		Na miocenskih sedimentih		SLOVENIJA	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
od 1 do 10	1,0	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	4,2	1,3	-	-	1468,1	7,2
od 11 do 20	31,1	5,1	19,5	3,0	1,0	0,3	< 0,1	< 0,1	40,6	12,2	0,5	0,2	3317,3	16,3
od 21 do 30	62,1	10,3	78,6	12,2	1,5	0,5	0,3	0,1	75,1	22,5	20,1	6,1	3944,1	19,5
od 31 do 40	149,3	24,6	151,9	23,5	11,7	3,5	1,3	0,4	66,5	20,0	61,1	18,6	3569,9	17,6
od 41 do 50	134,4	22,2	235,2	36,4	105,4	31,7	5,9	2,0	87,7	26,3	137,4	41,8	3261,1	16,1
od 51 do 60	106,8	17,6	144,1	22,3	167,5	50,4	35,8	12,3	56,4	16,9	97,3	29,6	2666,1	13,2
od 61 do 70	68,4	11,3	14,7	2,3	36,5	11,0	131,9	45,3	2,3	0,7	11,8	3,6	1242,5	6,1
od 71 do 80	40,3	6,7	1,2	0,2	8,4	2,5	64,1	22,0	0,5	0,1	0,3	0,1	648,9	3,2
od 81 do 90	11,1	1,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	48,6	16,7	-	-	< 0,1	< 0,1	138,8	0,7
od 91 do 100	1,0	0,2	-	-	-	-	3,2	1,1	-	-	-	-	16,7	0,1

4 SKLEPI

Tla uvrščamo med neobnovljive naravne vire, ki so zaradi številnih človekovih dejavnosti, za katere se zahtevajo prostor in surovine, podvrženi povratnim in nepovratnim degradacijam, med katerimi je najbolj uničujoča in trajna pozidava zemljišč. Za strokovno utemeljeno in trajnostno prostorsko načrtovanje, pri katerem se upošteva varovanje tal, je zato ključno poznavanje in razumevanje njihovih lastnosti.

Evtrična rjava tla so, poleg razvitih obrečnih tal, najbolj rodovitna tla v Sloveniji. Nastajajo na različnih geoloških podlagah, kar vpliva na njihove fizikalne in kemijske lastnosti ter pridelovalni potencial. Največ (600 km², 19,3 %) je evtričnih rjavih tal na flišu, sledijo evtrična rjava tla na laporovcih in lapornih apnencih, ki skupaj pokrivajo (650 km², 20,6 %), evtrična rjava tla na mešanih karbonatnih in nekarbonatnih kamninah (333 km², 10,6 %), pleistocenskih in pliocenskih (333 km², 10,6 %) ter miocenskih sedimentih (329 km², 10,5 %). Evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek, ki so zelo pomembna za poljedelstvo in vrtnarstvo, pokrivajo le 295 km² (9,6 %).

Skupna lastnost vseh evtričnih rjavih tal je prisotnost kambičnega horizonta B, ki ključno prispeva k zalogi vode in omogoča obdelavo tal za namen poljedelstva, sadjarstva, vinogradništva in vrtnarstva. K rodovitnosti tal prispevata tudi ugoden pH, ki mora, merjen v vodi, presegati 5,5 (mediana 6,3), in delež bazičnih kationov na sorptivnem delu tal, ki mora presegati 50 % v prevladujočem delu talnega profila (mediana 76,3 %). Povprečna tehtana boniteta zemljišč vseh skupin evtričnih rjavih tal presega povprečno tehtano boniteto kmetijskih in gozdnih zemljišč v Sloveniji. Izmed vseh evtričnih rjavih tal je treba posebej izpostaviti evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek, ki imajo ugodno ilovnato teksturo in optimalen pH, k primernosti za poljedelstvo pa prispeva tudi raven relief. Točke lastnosti tal, ki so ena od treh osnovnih komponent bonitete, se določajo na podlagi podatkov o matični podlagi, razvojni stopnji tal in teksturi, zato ni presenetljivo, da imajo evtrična rjava tla na peščeno-prodnatih nanosih rek tudi največjo bonitetno oceno. Povprečna tehtana boniteta je 70, poleg tega v več kot 99 %

presejajo povprečno tehtano boniteto kmetijskih in gozdnih zemljišč v Sloveniji. Ker so to tudi prostorsko zelo omejena zemljišča, je treba nameniti posebno pozornost njihovem varovanju.

Literatura in viri:

Glej stran 310



Grčman H., Turniški R., Suhadolc M. (2023). Evtrična rjava tla – najboljša kmetijska tla v Sloveniji. Geodetski vestnik, 67 (3), 297–324.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2023.03.297-324>

prof. dr. Helena Grčman, univ. dipl. inž. agr.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva ulica 101, 1000 Ljubljana
e-naslov: helena.grcman@bf.uni-lj.si

izr. prof. dr. Marjetka Suhadolc, univ. dipl. inž. agr.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva ulica 101, 1000 Ljubljana
e-naslov: marjetka.suhadolc@bf.uni-lj.si

Rok Turniški, mag. inž. agr.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva ulica 101, 1000 Ljubljana
e-naslov: rok.turniski@bf.uni-lj.si