

**MAGISTRSKO DELO**

**KROM V TLEH OPUŠČENEGA ODLAGALIŠČA  
INDUSTRIJSKIH ODPADKOV LEŽEN**

**KRISTINA ŠAVC**

Velenje, 2021

**MAGISTRSKO DELO**

**KROM V TLEH OPUŠČENEGA ODLAGALIŠČA  
INDUSTRIJSKIH ODPADKOV LEŽEN**

**CHROMIUM IN THE SOIL OF THE  
ABANDONED LEŽEN INDUSTRIAL WASTE  
LANDFILL**

**KRISTINA ŠAVC**

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: **izr. prof. dr. Borut Vrščaj**  
Somentorica: **doc. dr. Natalija Špeh**

Velenje, 2021



Številka: 727-6/2019-2  
Datum: 14. 10. 2020

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

### SKLEP O MAGISTRSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Kristina Šave** lahko izdela magistrsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

**Krom v tleh opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen.**

Naslov magistrskega dela v angleškem jeziku:

**Chromium in the soil of the abandoned Ležen industrial Waste Landfill.**

Mentor: **izr. prof. dr. Borut Vrščaj.**

Somentorica: **doc. dr. Natalija Špeh.**

Magistrsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorny  
dekan



## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a Kristina Šavc, vpisna številka 34122011, študentka podiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor/ica magistrskega dela z naslovom Krom v tleh opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen, ki sem ga izdelal/a pod mentorstvom izr. prof. dr. Boruta Vrščaja in somentorstvom doc. dr. Natalije Špeh.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Tea Kačar, prof. slov. in filo.;
- dovoljujem objavo magistrskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis avtorja/ice: \_\_\_\_\_

## **IZVLEČEK IN KLJUČNE BESEDE**

V magistrskem delu smo obravnavali opuščeno odlagališče industrijskih odpadkov Ležen, kamor so med letoma 1980 in 1986 odlagali tudi odpadke iz usnjarske industrije. Namen je bil določiti vsebnost težkih kovin v tleh obravnavanega območja in preveriti možne vplive odlagališča na sedanjo in prihodnjo rabo tal, kar smo ugotavljali z ogledom terena, vzorčenjem in laboratorijsko analizo tal, analizo dokumentacije opuščenega odlagališča ter analizo rabe tal. Prvo hipotezo, ki trdi, da so vsebnosti kroma v tleh na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen pomembno večje glede na naravne vsebnosti kroma v tleh Slovenije in glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004), in drugo hipotezo, ki trdi, da so vsebnosti drugih izbranih težkih kovin v tleh na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen v skladu z naravnimi vsebnostmi teh kovin v tleh Slovenije, smo potrdili na podlagi laboratorijske analize vzorcev tal z obravnavanega območja. Vsebnost kroma znaša 2.067 mg/kg suhih tal in za 5,44-krat presega kritično vrednost po Uredbi (Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004), ki znaša 380 mg/kg. Vsebnosti molibdena, svinca, cinka, arzena, kadmija in živega srebra v tleh obravnavanega območja so pod mejo zaznave analitske metode in nobeden bistveno ne presega povprečne vsebnosti v slovenskih teh in zgornje meje naravne variabilnosti. Vsebnosti bakra in niklja sta večji od povprečnih vsebnosti teh elementov v slovenskih tleh, vendar še vedno pod zgornjo mejo naravne variabilnosti. Vsebnost kobalta je pod povprečno vsebnostjo v slovenskih tleh in tudi pod zgornjo mejo naravne variabilnosti. Tretjo hipotezo, ki trdi, da stanje tal na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen z okoljskega vidika vpliva na sedanjo in prihodnjo rabo tal tega območja, smo le delno potrdili, saj je obravnavano območje znotraj pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje, d. d., in je temu podrejena raba tal.

Ključne besede: odlagališče odpadkov, usnjarska industrija, krom, raba tal.



## **ABSTRACT AND KEY WORDS**

In the master's thesis, we dealt with the abandoned industrial waste landfill Ležen, where waste from the leather industry was also deposited between 1980 and 1986. The purpose was to determine the content of heavy metals in the soil of the area and to check the possible impacts of the landfill on current and future land use, which was determined by site inspection, sampling and laboratory analysis of the soil, analysis of the abandoned landfill documentation and soil use analysis. The first hypothesis claims that the chromium contents in the soil in the area of the abandoned industrial landfill Ležen are significantly higher compared to the natural chromium contents in the soil of Slovenia and according to the Decree on limit, warning and critical immission values of hazardous substances in soil (Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 68/1996; 41/2004). The second hypothesis claims that the contents of other selected heavy metals in the soil in the area of the abandoned industrial landfill Ležen are in accordance with the natural contents of these metals in the soil of Slovenia. Both were confirmed on the basis of laboratory analysis of soil samples from the study area. The chromium concentration is 2,067 mg/kg of dry soil and is 5.44 times higher than the critical value according to Regulation (Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 68/1996; 41/2004), which is 380 mg/kg. The concentrations of molybdenum, lead, zinc, arsenic, cadmium and mercury in the soil of the considered area are below the detection limit and none significantly exceeds the average concentration in Slovenia and also not the upper limits of natural variability. The concentrations of copper and nickel are higher than the average concentrations of these elements in Slovenian soils, but still below the upper limit of natural variability. The concentration of cobalt is below the average concentration in Slovenian soils and also below the upper limit of natural variability. The third hypothesis, which claims that the condition of the soil in the area of the abandoned industrial landfill Ležen from an environmental point of view affects the current and future land use of this area, was only partially confirmed, as the area is within the extraction area of Premogovnik Velenje, JSC and land use is subordinate to this.

Key words: waste landfill, leather industry, chromium, land use.





## KAZALO VSEBINE

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UVOD</b> .....                                                                              | <b>17</b> |
| 1.1. OPREDELITEV PROBLEMA.....                                                                    | 17        |
| 1.2. NAMEN IN CILJI DELA.....                                                                     | 17        |
| 1.3. DELOVNE HIPOTEZE.....                                                                        | 17        |
| <b>2. ZAKONODAJA</b> .....                                                                        | <b>18</b> |
| 2.1. SLOVENSKA ZAKONODAJA.....                                                                    | 18        |
| 2.2. ZAKONODAJA EU .....                                                                          | 18        |
| <b>3. O TEŽKIH KOVINAH V TLEH, RASTLINAH IN ODPADKIH USNJARSKE<br/>INDUSTRIJE</b> .....           | <b>19</b> |
| 3.1. TEŽKE KOVINE V TLEH.....                                                                     | 19        |
| 3.1.1. <i>Splošno o težkih kovinah v tleh</i> .....                                               | 19        |
| 3.1.2. <i>Krom v tleh</i> .....                                                                   | 19        |
| 3.1.2.1. Krom v okolju .....                                                                      | 19        |
| 3.1.2.2. Krom v rastlinah.....                                                                    | 20        |
| 3.1.2.3. Uporaba kroma .....                                                                      | 20        |
| 3.1.3. <i>Naravna ozadja težkih kovin v tleh Slovenije in Evrope</i> .....                        | 21        |
| 3.2. KROM V ODPADKIH USNJARSKE INDUSTRIJE .....                                                   | 25        |
| <b>4. ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANEGA OBMOČJA OPUŠČENEGA<br/>INDUSTRIJSKEGA ODLAGALIŠČA LEŽEN</b> ..... | <b>27</b> |
| 4.1. LEGA IN NARAVNE ZNAČILNOSTI OBMOČJA.....                                                     | 27        |
| 4.2. GEOLOŠKE, PEDOLOŠKE IN HIDROLOŠKE RAZMERE .....                                              | 31        |
| 4.2.1. <i>Geološka stratifikacija območja</i> .....                                               | 31        |
| 4.2.2. <i>Tla območja in njihove specifikacije</i> .....                                          | 32        |
| 4.2.3. <i>Hidrološke razmere območja</i> .....                                                    | 33        |
| 4.3. RABA TAL OBMOČJA OPUŠČENEGA INDUSTRIJSKEGA ODLAGALIŠČA<br>LEŽEN <sup>34</sup>                |           |
| 4.3.1. <i>Pretekla raba tal</i> .....                                                             | 34        |
| 4.3.2. <i>Sedanja raba tal</i> .....                                                              | 45        |
| 4.3.3. <i>Prihodnja raba tal</i> .....                                                            | 47        |
| 4.4. TRENDI SPREMEMBE RABE TAL.....                                                               | 52        |

|                                                                                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. MATERIALI IN METODE DELA</b> .....                                                                                                                                                                | <b>54</b> |
| 5.1. TEORETIČNI DEL MAGISTRSKEGA DELA .....                                                                                                                                                             | 54        |
| 5.2. TERENSKO DELO IN VZORČENJE .....                                                                                                                                                                   | 54        |
| 5.3. ANALITIKA TAL .....                                                                                                                                                                                | 57        |
| <b>6. REZULTATI RAZISKAVE</b> .....                                                                                                                                                                     | <b>58</b> |
| 6.1. TERENSKI OGLED.....                                                                                                                                                                                | 58        |
| 6.2. VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V TLEH OPUŠČENEGA INDUSTRIJSKEGA<br>ODLAGALIŠČA LEŽEN .....                                                                                                                  | 62        |
| 6.2.1. <i>Obdelava podatkov</i> .....                                                                                                                                                                   | 62        |
| 6.2.2. <i>Primerjava vsebnosti izbranih težkih kovin v tleh opuščenega odlagališča<br/>industrijskih odpadkov Ležen z vsebnostmi v tleh Slovenije in z zgornjo mejo naravne<br/>variabilnosti</i> ..... | 63        |
| 6.2.3. <i>Primerjava vsebnosti izbranih težkih kovin v tleh opuščenega odlagališča<br/>industrijskih odpadkov Ležen s slovensko veljavno zakonodajo</i> .....                                           | 65        |
| 6.3. PREGLED ARHIVSKE DOKUMENTACIJE OPUŠČENEGA INDUSTRIJSKEGA<br>ODLAGALIŠČA LEŽEN .....                                                                                                                | 67        |
| <b>7. RAZPRAVA IN SKLEPI</b> .....                                                                                                                                                                      | <b>71</b> |
| 7.1. POMANJKLJIVA ZAKONODAJA V PRETEKLOSTI .....                                                                                                                                                        | 71        |
| 7.2. TERENSKI OGLED.....                                                                                                                                                                                | 71        |
| 7.3. ONESNAŽENOST TAL NA OBRAVNAVANEM OBMOČJU .....                                                                                                                                                     | 72        |
| 7.4. SPREMEMBA RABE TAL .....                                                                                                                                                                           | 73        |
| 7.5. PREVERJANJE HIPOTEZ .....                                                                                                                                                                          | 73        |
| 7.6. ZAKLJUČNE UGOTOVITVE .....                                                                                                                                                                         | 74        |
| <b>8. VIRI IN LITERATURA</b> .....                                                                                                                                                                      | <b>75</b> |

## KAZALO SLIK

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Primerjava vhodnih in izhodnih količin v usnjarski industriji (Ozgunay idr., 2006)                                                         | 25 |
| Slika 2: Lokacija opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: Avtor po PISU, 2020 in Planteu, 1988)              | 27 |
| Slika 3: Površje obravnavanega območja – LiDAR (Vir: Avtor po PISU, 2020)                                                                           | 27 |
| Slika 4: Smer nagiba meritev profilov površja na širšem obravnavanem območju (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: Avtor po PISU, 2021)                        | 28 |
| Slika 5: Profil 1 (Vir: Avtor po PISU, 2021)                                                                                                        | 29 |
| Slika 6: Profil 2 (Vir: Avtor po PISU, 2021)                                                                                                        | 29 |
| Slika 7: Profil 3 (Vir: Avtor po PISU, 2021)                                                                                                        | 30 |
| Slika 8: Profil 4 (Vir: Avtor po PISU, 2021)                                                                                                        | 30 |
| Slika 9: Lokacija vrtine na območju opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen (Merilo: 1 : 1782) (PISO, 2021 po Supovec in Veselič, 1995) | 31 |
| Slika 10: Vodna telesa na obravnavanem območju (Merilo: 1:25.000) (Vir: Atlas okolja, 2020)                                                         | 33 |
| Slika 11: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 1995 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)                                                 | 35 |
| Slika 12: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2000 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)                                                 | 36 |
| Slika 13: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2006 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)                                                 | 37 |
| Slika 14: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2012 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)                                                 | 38 |
| Slika 15: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1972 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)                                               | 39 |
| Slika 16: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1975 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)                                               | 39 |
| Slika 17: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1979 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)                                               | 40 |
| Slika 18: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1990 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)                                               | 40 |
| Slika 19: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1993 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)                                               | 41 |
| Slika 20: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1996 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)                                               | 41 |

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 21: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1999 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020) .....                       | 42 |
| Slika 22: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2006 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020) .....                       | 42 |
| Slika 23: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2010 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020) .....                       | 43 |
| Slika 24: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2013 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020) .....                       | 43 |
| Slika 25: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2016 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020) .....                       | 44 |
| Slika 26: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2018 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021).....                          | 45 |
| Slika 27: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2019 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020) .....                       | 46 |
| Slika 28: Območje zahodno in jugozahodno od obravnavanega območja, fotografirano z zahodne smeri (Vir: Avtor, oktober 2019) ..... | 46 |
| Slika 29: Raba tal na obravnavanem območju leta 2015 in predvidena raba v prihodnosti (Vir: Špeh idr., 2016) .....                | 51 |
| Slika 30: Lokacije vzorčnih mest znotraj obravnavanega območja (Avtor po Google Earth, 2020).....                                 | 55 |
| Slika 31: Prerez tal na enem od izbranih vzorčnih mest (Avtor, 2018) .....                                                        | 56 |
| Slika 32: Kosi odpadnega usnja neposredno pod drevesnim opadom (Vir: Avtor, 2018) .                                               | 58 |
| Slika 33: Kosi odpadnega usnja prihajajo na površje zaradi lomljenja terena (Vir: Avtor, 2018).....                               | 58 |
| Slika 34: Severni del območja opuščenega odlagališča, območje vzorčenj tal (Vir: Avtor, 2018).....                                | 59 |
| Slika 35: Vzorčno mesto 1 – vidni kosi usnja, pomešani v tla (Avtor, 2018).....                                                   | 60 |
| Slika 36: Kos odpadnega usnja, ki smo ga našli v tleh obravnavanega območja (Vir: Avtor, 2018).....                               | 61 |
| Slika 37: Območje zahodno od obravnavanega območja – vidna prisotnost vodne erozije tal (Vir: Avtor, oktober 2019).....           | 61 |

## **KAZALO PREGLEDNIC**

|                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1: Uporabnost kromovih spojin (Vir: Nriagu, 1988) .....                                                                                                                                                                                | 21 |
| Preglednica 2: Vsebnosti elementov v tleh Slovenije in Evrope (Vir: Avtor po Reimann idr., 2017 in Gosar idr., 2017) .....                                                                                                                         | 23 |
| Preglednica 3: Geološka stratifikacija na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen (Supovec in Veselič, 1995).....                                                                                                                      | 32 |
| Preglednica 4: Simetrična matrika skladnosti rab prostora (Vir: Pogačnik, 1992).....                                                                                                                                                               | 48 |
| Preglednica 5: Površina in deleži posameznih kategorij rabe tal v letih 1995 in 2018 (Vir: Avtor po Atlas okolja, 2021) .....                                                                                                                      | 52 |
| Preglednica 6: Indeksi sprememb in deleži povečanja oz. zmanjšanja površin po kategorijah rabe tal (Vir: Avtor po Atlas okolja, 2021).....                                                                                                         | 52 |
| Preglednica 7: Vrednosti onesnaževal v tleh obravnavanega območja (Vir: BVM, 2018) .                                                                                                                                                               | 62 |
| Preglednica 8: Povprečne vrednosti onesnaževal v tleh z obravnavanega območja v mg/kg .....                                                                                                                                                        | 63 |
| Preglednica 9: Vsebnosti izbranih elementov v tleh Slovenije in v tleh opuščenega odlagališča Ležen v primerjavi z zgornjo mejo naravne variabilnosti in slovensko veljavno zakonodajo (Vir: Avtor po Reimann idr., 2017 in Gosar idr., 2017)..... | 63 |
| Preglednica 10: Vsebnosti izbranih elementov v tleh opuščenega odlagališča Ležen v primerjavi s slovensko veljavno zakonodajo (Vir: Avtor po Ur. l. RS, št.).....                                                                                  | 65 |
| Preglednica 11: Količine odloženih odpadkov v Ležnu po letih iz posameznih podjetij (Vir: Planteu, 1988). .....                                                                                                                                    | 68 |
| Preglednica 12: Sestava »goveje mezdre« (Vir: Planteu, 1988).....                                                                                                                                                                                  | 69 |
| Preglednica 13: Primerjava navedb v arhivski dokumentaciji opuščenega odlagališča in ugotovitev dejanskega stanja na terenu (Vir: Avtor po Planteu, 1988) .....                                                                                    | 70 |

## **KAZALO GRAFOV**

|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf 1: Vsebnosti elementov v tleh Slovenije in južne Evrope (mg/kg) (Avtor po Reimann idr., 2017 in Gosar idr., 2017) .....                                                            | 24 |
| Graf 2: Vsebnosti elementov v tleh opuščenega industrijskega odlagališča, v tleh Slovenije in zgornja meja naravne variabilnosti v mg/kg.....                                           | 64 |
| Graf 3: Vsebnosti elementov v tleh opuščenega industrijskega odlagališča in zakonsko določene vsebnosti (Ur. l. RS, št. 68/1996) – mejna, opozorilna in kritična vrednost v mg/kg ..... | 66 |



## **1. UVOD**

### **1.1. OPREDELITEV PROBLEMA**

Industrija je največkrat eden največjih onesnaževalcev okolja. K onesnaženju okolja pomembno prispevajo industrijski odpadki oz. njihova odlagališča, saj onesnaževala prehajajo iz odpadkov najprej v tla, od tam pa v druge dele okolja. Tako onesnaževala vstopajo tudi v prehranjevalno verigo živali in človeka (Zupan idr., 2006).

Tovarna usnja Šoštanj je med letoma 1980 in 1986 odpadke odlagala na odlagališče industrijskih odpadkov Ležen. Za odpadke iz usnjarske industrije je značilno, da so močno obremenjeni z nevarnimi onesnažili, predvsem s kromom.

Tla so omejen in dragocen naravni vir, saj je njihova tvorba počasen naravni proces. Sestava in stanje tal sta odvisna od številnih naravnih dejavnikov, kot so matična kamnina, podnebje, vegetacija in v veliki meri raba tal. Nacionalni program varstva okolja (Ur. l. RS, št. 83/1999; 41/2004) opredeljuje onesnaženje tal kot globalni problem, saj se posledice odražajo v onesnaženi hrani, vodi in zraku. Zaradi človekove dejavnosti, kot so industrija, kmetijstvo, promet itd., so tla pogosto onesnažena, tudi s kovinami, ki so potencialno toksične za vsa živa bitja. Kot predvideva Nacionalni program varstva okolja (Ur. l. RS, št. 83/1999; 41/2004) je treba zaradi vse večje potrebe človeštva po prostoru in hrani tla obravnavati kot neobnovljiv naravni vir.

V magistrskem delu smo obravnavali tla na opuščenem industrijskem odlagališču Ležen, saj obstaja verjetnost, da so na tem območju onesnažena s kromom, kar lahko vpliva na druge dele okolja, predvsem vode.

### **1.2. NAMEN IN CILJI DELA**

Namen magistrskega dela je bil ugotoviti prisotnost onesnažil v tleh, predvsem smo se osredotočili na krom.

Cilja:

- Ugotoviti vsebnost težkih kovin v tleh opuščenega industrijskega odlagališča Ležen, kamor so odlagali tudi odpadke iz usnjarske industrije;
- Preveriti možne vplive tega odlagališča na sedanjo in prihodnjo rabo tal.

### **1.3. DELOVNE HIPOTEZE**

V magistrskem delu smo preverili naslednje hipoteze:

- Vsebnosti kroma v tleh na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen so pomembno večje od naravnih vsebnosti kroma v tleh Slovenije in mejnih vrednosti, določenih v Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004).
- Vsebnosti drugih izbranih težkih kovin v tleh na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen so primerljive z naravnimi vsebnostmi teh kovin v tleh Slovenije.
- Stanje tal na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen z okoljskega vidika vpliva na sedanjo in prihodnjo rabo tal tega območja.



## 2. ZAKONODAJA

### 2.1. SLOVENSKA ZAKONODAJA

Krovni zakon s področja varstva okolja v Sloveniji je Zakon o varstvu okolja (ZVO) (Ur. l. RS, št. 32/1993; 41/2004; 39/2006), ki je začel veljati leta 1993 in podaja splošne ukrepe ter osnovne metode varstva okolja in rabe naravnih virov. Okoljevarstvena zakonodaja ima pri nas torej relativno kratko zgodovino. Pred tem je z vidika obravnavane teme veljal le Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastajajo v usnjarski in usnjarskopredelovalni industriji (Ur. l. SRS, št. 5/1983). Zaradi tega je takratno ravnanje z odpadki težko neposredno primerjati z zahtevami sodobne zakonodaje, ki je bolj obsežna, natančna in stroga.

S področja varstva tal so na podlagi ZVO sprejeti različni podzakonski akti in programi, in sicer:

- Uredba o odpadkih (Ur. l. RS, št. 37/15; 69/15; 129/20),
- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Ur. l. RS, št. 84/05),
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS, št. 68/96; 41/04),
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih gnojil v tla (Ur. l. RS, št. 55/97),
- Nacionalni program varstva okolja – NPVO (Program ukrepov na področju varstva tal) (Ur. l. RS, št. 83/99 ...),
- Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012 – ReNPVO (Ur. l. RS, št. 2/06),
- Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja 2020–2030 – ReNPVO20-30 (Ur. l. RS, št. 31/20),
- Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Ur. l. RS, št. 34/08; 61/11),
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja tal (Ur. l. RS, št. 66/17; 4/18),
- Pravilnik o monitoringu kakovosti tal (Ur. l. RS, št. 68/19).

### 2.2. ZAKONODAJA EU

Poleg nacionalne zakonodaje je za Slovenijo pomembna in obvezujoča tudi zakonodaja Evropske unije, ki jo Slovenija kot njena članica in podpisnica teh dokumentov mora upoštevati. Glede onesnaženosti tal med pomembnejše zakonodajne dokumente Evropske unije spadajo:

- Tematska strategija za varstvo tal »Thematic Strategy for Soil Protection« ([SEC(2006)620] [SEC(2006)1165]/COM(2006)231/, 22. 9. 2006),
- Predlog Direktive o določitvi okvira za varstvo tal in spremembi Direktive 2004/35/ES »Proposal for establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC« (COM(2006)232, 22. 9. 2006),
- Direktiva 2004/35/ES o okoljski odgovornosti v zvezi s preprečevanjem in sanacijo okoljske škode »Directive 2004/35/ES on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage« (OJ L 143/56, 30. 4. 2004),
- Direktiva 86/278/EEC o varstvu okolja, zlasti tal, kadar se blato iz čistilnih naprav uporablja v kmetijstvu »Directive 86/278/EEC on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture« (OJ L 181, 4. 7. 1986),
- Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike »Directive 2000/60/EC of establishing a framework for Community action in the field of water policy« (OJ L 327/1, 22. 12. 2000).

### **3. O TEŽKIH KOVINAH V TLEH, RASTLINAH IN ODPADKIH USNJARSKE INDUSTRIJE**

#### **3.1. TEŽKE KOVINE V TLEH**

##### **3.1.1. Splošno o težkih kovinah v tleh**

Težke kovine so skupina kovin z atomsko maso nad 5 g/cm<sup>3</sup> in škodljivo vplivajo na okolje in žive organizme. V okolje vstopajo po naravni poti in kot posledica človekove dejavnosti (Jaishankar, 2014). Močnejša akumulacija težkih kovin v okolju se je v Evropi začela z razvojem industrije pred približno 200 leti (Alloway, 1990).

Adriano (1986) in Bergmann (1992) navajata, da ni enotnega mnenja o tem, kateri elementi predstavljajo esencialne elemente za rast in razvoj višjih rastlin; tako najširši izbor nujno potrebnih elementov zajema: Al, B, Ca, Co, Cu, F, Fe, J, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Rb, Si, Ti, V n Zn. Četudi je neki element v tleh nujen za rastline, je lahko v prevelikih vsebnostih toksičen za rastline in tudi za živali in človeka.

Vsebnosti težkih kovin v tleh so različne, od 1 mg/kg do 100.000 mg/kg suhe snovi (Singh idr., 2011). Vsebnost je odvisna od naravnega ozadja in antropogenih virov. Dostopnost težkih kovin rastlinam je odvisna predvsem od kislosti tal, kationske izmenjevalne kapacitete tal, deleža organske snovi, teksture tal in biotskih dejavnikov v tleh (Kayser idr., 2000 v Markelc, 2008).

Rastline lahko privzemajo težke kovine iz tal, če so te dostopne kot topne komponente v talni raztopini ali če jih lahko s koreninskimi izločki pretvorijo v topne. Težke kovine vstopajo v rastline skozi njihov koreninski sistem s kationsko absorpcijo. Dostopnost težkih kovin za rastline se poveča, če je pH tal pod 5,5 (Blaylock in Huang, 2000 v Rozman, 2008). Rastline kopičijo težke kovine predvsem v koreninah, manj v steblih in listih, najmanj v plodovih in semenih. V ljudi in živali prehajajo prek prehranske verige, z vdihavanjem finih talnih delcev v zraku in z zaužitjem onesnaženih talnih delcev z umazanih rok. V organizmu se kopičijo v tkivih, saj vnos v organizem poteka hitreje kot izločanje in razgradnja. Vsebnosti posamezne težke kovine v rastlinskem tkivu so lahko prevelike, četudi rastlina na zunaj ne kaže nobenih znakov toksičnosti in jih lahko ugotovimo le z analizo rastlinskega tkiva (Blaylock in Huang, 2000 v Rozman, 2008).

##### **3.1.2. Krom v tleh**

###### **3.1.2.1. Krom v okolju**

Naravni vir kroma v okolju je matična kamnina, od koder prehaja z vetrom, vulkanskimi aktivnostmi, gozdnimi požari, meteorskimi padavinami in razpršeno morskou soljo (Nriagu, 1989). Naravne vsebnosti kroma se med posameznimi deli okolja precej razlikujejo. Naravna vsebnost kroma v tleh na svetovni ravni je ocenjena na 200 mg/kg tal. Pri vrednotenju količine kroma v tleh se uporabljata izraza naravno in normalno ozadje. Naravna vodna telesa vsebujejo krom v majhnih vsebnostih; podzemne vode v povprečju pod 0,1 µg/L, morska voda okoli 0,3 µg/L, deževnica do 1,0 µg/L in površinske vode do 2,0 µg/L na svetovni ravni (Motzer idr., 2005). Vsebnost kroma v ozračju je po podatkih za ZDA med 0,01 in 0,03 µg/m<sup>3</sup> v naseljenih območjih (Pellerin idr., 2000).

Ferguson (1990) v Motzer idr., 2005, poudarja pomen izrazov naravno in normalno ozadje vsebnosti nekega elementa v okolju, saj predstavljata dejansko referenčno točko za oceno povečanih vsebnosti elementov v okolju. Naravno ozadje je posledica naravnih migracij kroma in služi kot referenčna točka pri ugotavljanju obsega onesnaženosti. Normalno ozadje je trenutna vsebnost v okolju, ki je odvisna od človeške aktivnosti skozi zgodovino.

Po Shadrecku idr. (2013) se krom in njegove spojine po naravni poti pojavljajo v treh oksidacijskih stanjih: elementarni krom (Cr(0)), trivalentni krom (Cr(III)) in šestvalentni krom (Cr(VI)). Šestvalentni krom v tleh je zelo strupen in topen, medtem ko je trivalentni manj strupen in razmeroma netopen (Banks idr., 2006). Bossche idr. (2005) navajajo, da elementarni krom redko najdemo v naravnem okolju oz. da se po poročanju nekaterih virov sploh ne pojavlja. Trivalentni krom se po naravni poti pojavlja v netopnih oblikah  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  in  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  in v topnih kationskih oblikah  $\text{CrOH}^{2+}$  in  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ . Šestvalentni krom se po naravni poti pojavlja v topnih anionskih oblikah  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  in  $\text{CrO}_4^{2-}$ .

### **3.1.2.2. Krom v rastlinah**

Shanker idr. (2005) ugotavljajo, da je toksičnost kroma za rastline odvisna od njegovega oksidacijskega stanja; Cr (VI) je zelo strupen, medtem ko je Cr (III) manj strupen. Toksični učinki kroma se kažejo pri rastlinah pri procesu kalitve ter v rasti korenin, stebel in listov. Vse to vpliva na končno sintezo biomase. Prav tako krom vpliva na fiziološke procese v rastlinah: proces fotosinteze, vodno ravnovesje in ravnovesje hranil. Bossche idr. (2005) menijo, da težke kovine, torej tudi krom, več let po vnosu v tla ostanejo le v površinskem sloju, vendar je le majhen delež dostopen rastlinam in se z leti še zmanjšuje. Motzer (2005) ugotavlja, da krom težko prehaja iz tal v rastline in še težje v njihove plodove.

Oliviera (2012) v preglednem članku na podlagi raziskav različnih avtorjev ugotavlja, da je opazno intenzivnejše kopičenje kroma v koreninah različnih vrst rastlin. Prav tako ugotavlja, da se le majhen delež kroma premesti v zelene dele rastline. Pri nekaterih rastlinskih vrstah, ki se uporabljajo v kmetijstvu, lahko prisotnost kroma v tleh sicer nekoliko poveča pridelek, čeprav njegova prisotnost še vedno ni pogoj za uspevanje. Na podlagi teh ugotovitev sklepa, da imajo lahko številne rastlinske vrste vlogo fitostabilizatorjev v fitoremediacijskih postopkih. Pri tem gre za sposobnost rastlin, da vežejo v svoj organizem določene neželene snovi (onesnažila) iz tal in tako omogočijo njihovo odstranjevanje.

Panda in Choudhury (2005) poudarjata, da krom ne spada med esencialne elemente, ki so pogoj za normalno rast rastlin. Nasprotno, na rastline učinkuje negativno; privzem kroma iz tal v rastlinski organizem zmanjša rast, povzroči klorozo pri mladih poganjkih, zmanjša vsebnost pigmenta, poškoduje koreninske celice in povzroči spremembe v strukturi kloroplasti, kar negativno vpliva na proces fotosinteze.

### **3.1.2.3. Uporaba kroma**

Krom je ena ključnih kovin tehnološko razvite družbe. Po podatkih Testa (2005) je proizvodnja kroma na svetovni ravni ocenjena na 10,16 milijona ton letno (na podlagi podatkov leta 2005) in se povečuje. Ker je krom v rudi vedno v oksidirani obliki, ga je treba reducirati, da dobimo čisto kovino (Nriagu, 1988).

Največje porabnice kroma so metalurgija, elektrotehnika, vojaška in kemična industrija (Motzer, 2005).

Uporaba kromovih spojin v industriji je podana v Preglednica 1.

Preglednica 1: Uporabnost kromovih spojin (Vir: Nriagu, 1988)

| Ime              | Formula                                                  | Uporaba                            |
|------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kromov sulfat    | $\text{Cr}(\text{OH})(\text{SO}_4)$                      | strojenje kož v usnjarstvu         |
| Svinčev kromat   | $\text{PbCrO}_4$                                         | pigmenti za kovinske barve         |
| Kromova kislina  | $\text{H}_2\text{CrO}_4$                                 | katalizator kemičnih reakcij       |
| Kromov klorid    | $\text{CrCl}_3$                                          | kromiranje kovin                   |
| Kromov oksid     | $\text{CrO}_2$                                           | magnetni trakovi                   |
| Kromov acetat    | $\text{Cr}(\text{OCOCH}_3)_3 \times \text{XH}_2\text{O}$ | tiskanje in barvanje tekstila      |
| Barijev kromat   | $\text{BaCrO}_4$                                         | eksplozivna telesa                 |
| Kalijev dikromat | $\text{K}_2\text{Cr}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$       | fotografska in grafična industrija |

### 3.1.3. Naravna ozadja težkih kovin v tleh Slovenije in Evrope

Repe idr. (2017) navajajo, da je proces nastajanja tal (pedogeneza) odvisen od več dejavnikov, in sicer: matične kamnine, vodnih razmer, reliefa, podnebja, živih organizmov in človekove dejavnosti v nekem časovnem obdobju. Odvisno od lokacije se ti dejavniki pojavljajo v različnih kombinacijah, kar pomeni, da ima na nekem območju močnejši vpliv eden od dejavnikov, drugi pa manjšega.

Prav tako Reimann idr. (2017) ugotavljajo, da je lahko velika vsebnost nekega elementa v tleh posledica mineralizacije oz. preperavanja kamninske podlage, specifične kamninske podlage ali človekove dejavnosti. V odvisnosti od biodostopnosti predstavljajo velike vsebnosti nekaterih elementov v tleh tveganje za toksičnost. Ocena tveganja tal tako vključuje izpostavljenost vsebnosti nekega elementa z učinki na okolje in zdravje ljudi glede na ekotoksikološke podatke. Ta pristop temelji na vplivu abiotskih lastnosti tal na biodostopnost in strupenost elementa.

Neobičajno visoke vsebnosti nekkih elementov v tleh so lahko posledica:

- človekove dejavnosti, kot so: urbanizacija, industrija, rudarstvo in kmetijstvo;
- naravnega ozadja, pri čemer ima pomembno vlogo vrsta kamninske podlage;
- potencialnih nahajališč mineralov.

To so trije glavni vzroki za povečane vsebnosti elementov v tleh. Ločitev in določitev glavnega vzroka zahtevata veliko znanja o možnih virih kontaminacije na nekem območju – upoštevati je treba tako človekovo dejavnost kot tudi vegetacijo, geološko osnovo, procese premeščanja elementov in znana nahajališča mineralov.

Mejne vrednosti za posamezne elemente so opredeljene glede na stopnjo, ki jo neki organizmi lahko tolerirajo – tako lahko določimo različne mejne vrednosti glede na opazovane prisotne organizme v tleh. Znanost si glede metod določanja geokemičnega ozadja in mejnih vrednosti ni popolnoma edina.

V raziskavi Reimann idr. (2017) so geokemične mejne vrednosti za 53 elementov ocenjevali z uporabo različnih metod, ki jih predvideva literatura. Raziskava je pokazala, da pri pojavu velikih vsebnosti elementov v tleh ne moremo natančno določiti vzroka – antropogeni ali geogeni (naravni) izvor. Na podlagi te raziskave so za celotno Evropo določili splošno geokemično ozadje in mejne vrednosti za neobičajno visoke vsebnosti elementov v kmetijskih tleh. Te vrednosti lahko služijo kot podlaga za ocenjevanje, kaj so majhne, normalne in visoke vsebnosti posameznih elementov v tleh. V raziskavi so ugotovili, da na območju Evrope ne moremo opredeliti enega geokemičnega ozadja na neki lokaciji (območju) zaradi spremenljive geologije in ledeniške zgodovine, ampak vsaj dva. Na splošno so za severno Evropo značilne manjše vsebnosti večine elementov, za južno

Evropo pa večje. Vzrok za to gre iskati v geološki zgodovini Evrope – poledenitev severnega dela Evrope. Iz tega izhaja, da ne moremo na splošno določiti nekih mejnih vrednosti, poleg tega moramo upoštevati, ali se mejne vrednosti določajo neposredno za zaščito zdravja ljudi ali za zaščito okolja. Le za nekaj elementov, Ce, La, Nb, P, Re, Ti, med vsemi 53 analiziranimi bi lahko opredelili enake mejne vrednosti za celotno Evropo (severno in južno), še manj je elementov, pri katerih so vsebnosti večje v severni Evropi kot v južni.

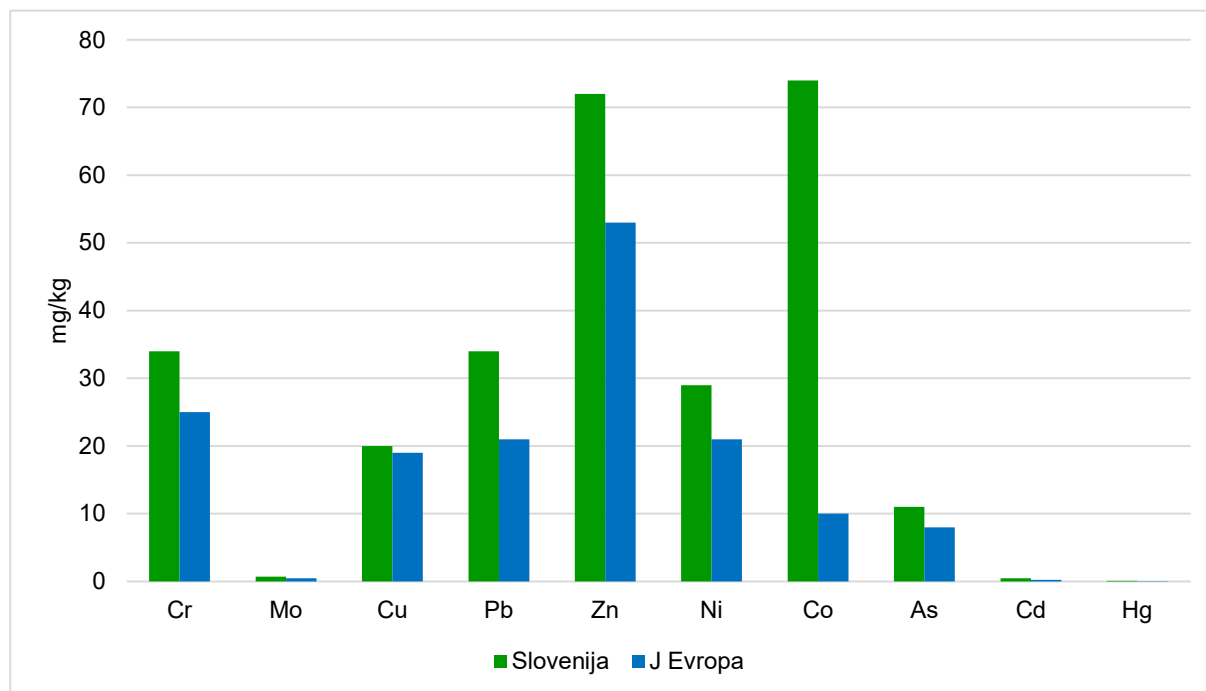
Metodologijo, ki so jo v raziskavi uporabili Reimann idr., 2017, so v raziskavi, ki primerja založenost zgornjih horizontalnih tal Slovenije s podatki za Evropo, izvedli tudi Gosar idr., 2017. Podatki o vsebnostih elementov v tleh Slovenije in Evrope, ki jih zajema slovenska zakonodaja (Ur. l. RS, št. 68/1996), so na podlagi omenjenih virov zbrani v Preglednica 2.

Preglednica 2: Vsebnosti elementov v tleh Slovenije in Evrope (Vir: Avtor po Reimann idr., 2017 in Gosar idr., 2017)

|    |           | Statistični podatki o vsebnosti elementa v tleh (mg/kg) |           |             | Zgornja meja naravne variabilnosti (mg/kg) (MED + 2MAD) |
|----|-----------|---------------------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------------------------------------|
|    |           | min.                                                    | maks.     | M (mediana) |                                                         |
| Cr | Slovenija | 2,600                                                   | 210,000   | 34,000      | 71,000                                                  |
|    | Evropa    | 0,400                                                   | 696,000   | 20,000      | 92,000                                                  |
|    | S Evropa  | 0,600                                                   | 221,000   | 13,000      | 72,000                                                  |
|    | J Evropa  | 0,400                                                   | 696,000   | 25,000      | 84,000                                                  |
| Mo | Slovenija | 0,070                                                   | 38,000    | 0,720       | 1,700                                                   |
|    | Evropa    | 0,026                                                   | 14,000    | 0,420       | 2,000                                                   |
|    | S Evropa  | 0,031                                                   | 13,000    | 0,320       | 1,900                                                   |
|    | J Evropa  | 0,026                                                   | 14,000    | 0,460       | 1,700                                                   |
| Cu | Slovenija | 1,400                                                   | 300,000   | 20,000      | 40,000                                                  |
|    | Evropa    | 0,300                                                   | 395,000   | 15,000      | 69,000                                                  |
|    | S Evropa  | 0,650                                                   | 78,000    | 9,400       | 44,000                                                  |
|    | J Evropa  | 0,300                                                   | 395,000   | 19,000      | 73,000                                                  |
| Pb | Slovenija | 6,200                                                   | 850,000   | 34,000      | 64,000                                                  |
|    | Evropa    | 1,600                                                   | 1.309,000 | 16,000      | 58,000                                                  |
|    | S Evropa  | 1,600                                                   | 52,000    | 9,700       | 27,000                                                  |
|    | J Evropa  | 2,100                                                   | 1.309,000 | 21,000      | 54,000                                                  |
| Zn | Slovenija | 9,200                                                   | 1.400,000 | 72,000      | 120,000                                                 |
|    | Evropa    | 2,800                                                   | 1.396,000 | 45,000      | 161,000                                                 |
|    | S Evropa  | 2,900                                                   | 139,000   | 30,000      | 110,000                                                 |
|    | J Evropa  | 2,800                                                   | 1.396,000 | 53,000      | 139,000                                                 |
| Ni | Slovenija | 0,800                                                   | 500,000   | 29,000      | 60,000                                                  |
|    | Evropa    | < 0,100                                                 | 2.475,000 | 15,000      | 105,000                                                 |
|    | S Evropa  | ,0320                                                   | 99,000    | 8,200       | 55,000                                                  |
|    | J Evropa  | < 0,100                                                 | 2.475,000 | 21,000      | 100,000                                                 |
| Co | Slovenija | 14,000                                                  | 0,500     | 74,000      | 28,000                                                  |
|    | Evropa    | < 0,100                                                 | 126,000   | 7,500       | 39,000                                                  |
|    | S Evropa  | 0,120                                                   | 66,000    | 4,100       | 24,000                                                  |
|    | J Evropa  | < 0,100                                                 | 126,000   | 10,000      | 33,000                                                  |
| As | Slovenija | 0,850                                                   | 140,000   | 11,000      | 22,000                                                  |
|    | Evropa    | < 0,050                                                 | 666,000   | 5,500       | 36,000                                                  |
|    | S Evropa  | < 0,050                                                 | 37,000    | 2,300       | 12,000                                                  |
|    | J Evropa  | 0,191                                                   | 666,000   | 8,000       | 26,000                                                  |
| Cd | Slovenija | 0,005                                                   | 11,000    | 0,470       | 1,300                                                   |
|    | Evropa    | < 0,010                                                 | 7,500     | 0,180       | 0,730                                                   |
|    | S Evropa  | < 0,010                                                 | 1,100     | 0,120       | 0,430                                                   |
|    | J Evropa  | < 0,010                                                 | 7,500     | 0,220       | 0,750                                                   |
| Hg | Slovenija | 0,0120                                                  | 5,800     | 0,110       | 0,240                                                   |
|    | Evropa    | < 0,003                                                 | 1,600     | 0,030       | 0,130                                                   |
|    | S Evropa  | < 0,003                                                 | 0,914     | 0,024       | 0,076                                                   |
|    | J Evropa  | < 0,003                                                 | 1,560     | 0,036       | 0,160                                                   |

M – mediana; MED + 2MAD – mediana + 2 × absolutna deviacija mediane

Preglednica 2 prikazuje razlike v vsebnosti elementov v tleh severnega in južnega dela Evrope. Na podlagi te delitve Slovenija spada v južni del Evrope, zato bomo podatke za Slovenijo primerjali s podatki za južno Evropo.



Graf 1: Vsebnosti elementov v tleh Slovenije in južne Evrope (mg/kg) (Avtor po Reimann idr., 2017 in Gosar idr., 2017)

Kot prikazuje Graf 1, so na podlagi primerjave median vsebnosti večine elementov v tleh Slovenije večje kot v tleh južne Evrope – mediane večine elementov v Sloveniji presegajo mediane v južni Evropi. Vsebnosti Co so v Sloveniji za več kot 7-krat večje kot v južni Evropi. Okoli 2-krat večje so vsebnosti Hg in Cd v Sloveniji glede na južno Evropo. Vsebnosti Cr, Mo, Pb, Zn, Ni in As so v Sloveniji okoli 1,5-krat večje kot v južni Evropi, vsebnosti Cu se bistveno ne razlikujejo.

Ker podatki nimajo normalne porazdelitve, je zgornja meja naravne variabilnosti podana kot MED + 2MAD in je izračunana kot seštevek mediane in dveh njenih standardnih odklonov (Gosar idr., 2017). Če primerjamo te vrednosti za Slovenijo in južno Evropo, ima več elementov v tleh Slovenije manjše vrednosti kot v primeru razmerja median. Vrednosti MED + 2MAD so si v Sloveniji in južni Evropi zelo blizu za Cr, Mo, Pb, Zn, Co in As. Okoli 1,5-krat je zgornja meja naravne variabilnosti v Sloveniji večja kot v južni Evropi za elemente Cu, Ni, Cd in Hg.

V Sloveniji prevladujejo rendzine in rjava pokarbonatna tla, ki nastajajo na karbonatnih kamninah – apnencih in dolomitih z 1–2 % netopnega ostanka kamnin. Zaradi tega so taka tla potrebovala dolgo časa, da so se razvila. Pri tem lahko upoštevamo še vpliv eolskih in drugih nanosov. Posledično imajo tla na karbonatnih kamninah pogosto večje vsebnosti elementov: As, Bi, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mn, Nb, Ni, Pb, Sb, Th, U, V, Zn in Zr, glede na slovensko povprečje. Razlike med Slovenijo in Evropo so lahko posledica obsežnih območij karbonatnih kamnin v Sloveniji, ki v Evropi obsegajo manjši delež (Gosar idr., 2017).

Reimann idr., 2017 poudarjajo, da pri ocenjevanju tveganja na posameznih območjih to temelji na ekotoksikoloških podatkih, kar vodi do drugačnih rezultatov, saj se upošteva tudi biološka dostopnost na posamezni lokaciji, kar je odvisno od tal. Določitev ene same mejne

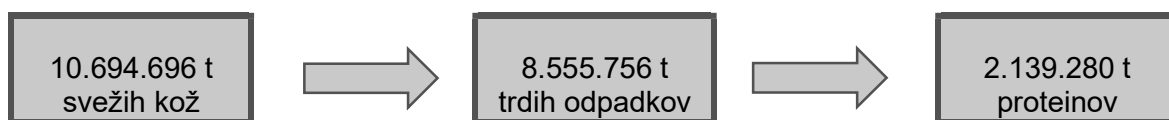
vrednosti tako ni primerno za vsa tla v Evropi, saj so večje vsebnosti elementov načeloma posledica geološkega ozadja.

### 3.2. KROM V ODPADKIH USNJARSKE INDUSTRIJE

Glavna dejavnost usnjarske industrije je proizvesti fizikalno in kemično stabilne materiale iz živalskih kož z uporabo kemičnih in mehanskih zaporednih procesov. Vhodna surovina so živalske kože, ki so v proizvodnji mesa in mesnih izdelkov stranski proizvod. Z vidika življenjskega cikla surovine je usnjarska industrija okolju prijazna, z drugega vidika pa je povezana z velikim onesnaževanjem zaradi smradu, velike količine organskih in drugih odpadkov, veliko porabo vode v tradicionalnih proizvodnih procesih ter zaradi uporabe kemičnih sredstev pri proizvodnji.

Trdi odpadki so za usnjarsko industrijo velik problem, tako zaradi raznolikosti kot tudi zaradi količine, ki pa sta odvisni od vrste živali, načina vzreje, klavničnih praks, razmer konzerviranja kož, stopenj obdelave kož v usnjarski industriji, mehanskih postopkov, usposobljenosti osebja v proizvodnji in kemikalij, ki se uporabljajo pri predelavi (Ozgunay idr., 2006).

Na Slika 1 je prikazana bilanca med vhodnimi in izhodnimi količinami surovin usnjarske industrije.



Slika 1: Primerjava vhodnih in izhodnih količin v usnjarski industriji (Ozgunay idr., 2006)

Ozgunay idr. (2006) delijo odpadke iz usnjarske industrije na podlagi delitve proizvodnje na tri osnovne faze, in sicer:

- odpadki iz nestrojenih kož, nastali z obrezovanjem vhodne surovine (kož) – deli mesa;
- odpadki iz faze strojenja, nastali z britjem in brušenjem kož – dlaka, brusilni prah;
- odpadki iz faze barvanja usnja – obrezline barvanega usnja.

80 % odpadkov iz usnjarske dejavnosti nastane v prvi obdelovalni fazi (pred strojenjem), medtem ko jih 20 % nastane v fazah strojenja in barvanja usnja (Ozgunay idr., 2006).

Med procesom razkranjanja odpadkov se sprošča smrad, hkrati pa tudi škodljive kemične snovi. To ima negativne učinke na tla in vodne viri v bližini – posredno ti odpadki vplivajo na rastline in živali (tudi človeka). Zaradi tega dejstva je pristop preprečevanja boljši kot ponovna uporaba, ponovna uporaba boljša kot reciklaža in reciklaža boljša kot odlaganje odpadkov – gre za t. i. koncept čiste proizvodnje (Ozgunay idr., 2006). Alternative neposrednemu odlaganju odpadkov temeljijo na zmanjševanju njihovega volumna, npr. sežig do pepela ali žindre, ki se v končni fazi odlaga na odlagališča.

Ozgunay idr. 2006 kot najpomembnejše onesnaževalo iz usnjarske industrije izpostavlja krom. Pri proizvodnji usnja je najpomembnejša faza strojenje. V rotirajočih bobnih se kožam dodata voda in preparat za strojenje. Pri tem nastajajo trdni in tekoči odpadki. Kot preparat je najbolj uporabljan kromov (III) hidrogen sulfat ( $\text{Cr}(\text{HSO}_4)_3$ ). V reakciji kolagen veže krom, ki zaščiti kožo pred nadaljnjim razpadanjem in ji da želeno mehansko in toplotno odpornost (Bossche idr., 2005). Podrobneje je problematika kroma v okolju predstavljena v poglavju o težkih kovinah.

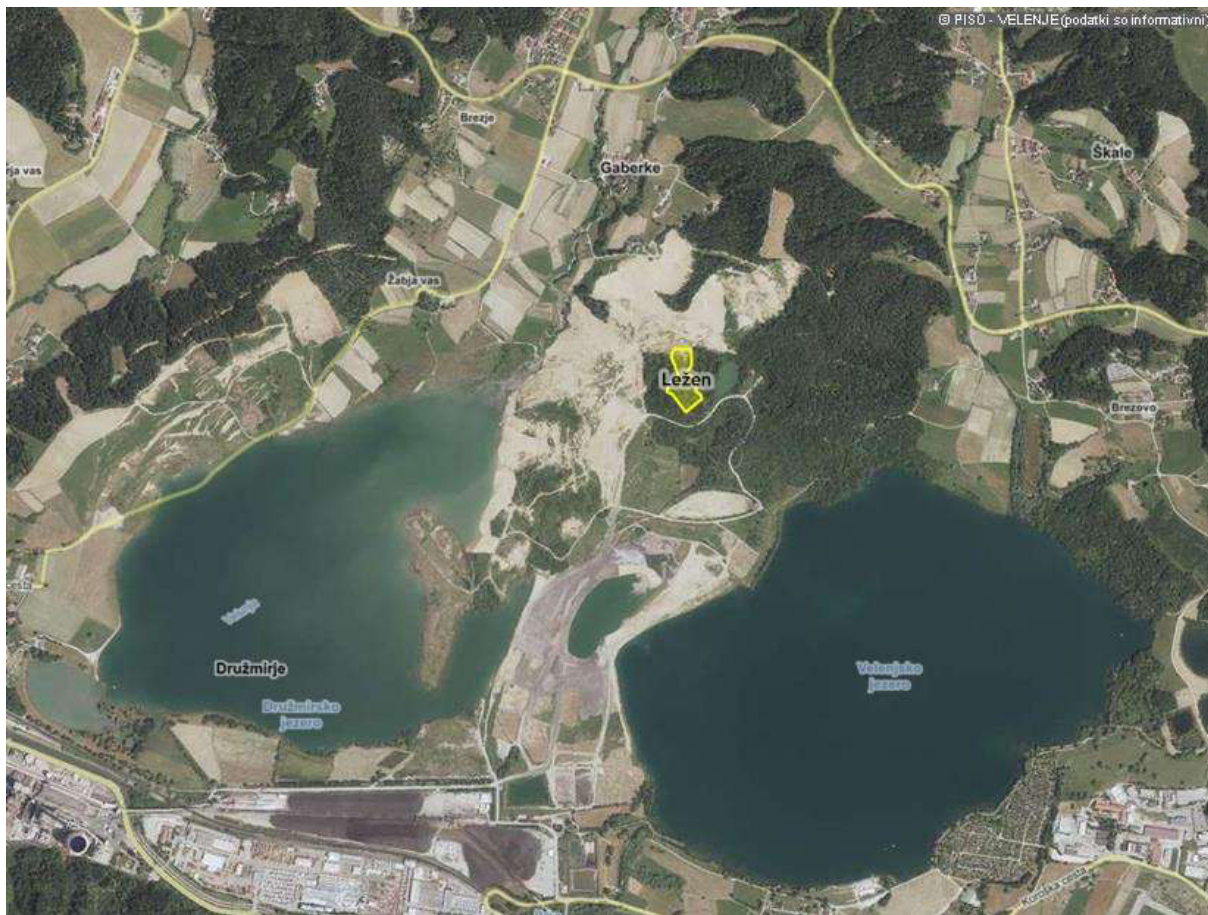


Pri odpadkih iz usnjarske industrije je treba poleg kroma pozornost posvetiti tudi kislosti odpadkov (in kasneje tal zaradi kislinsko-baznih reakcij), maščobam, dušiku, natrijevemu kloridu, žveplu, energijski vrednosti odpadkov ter ionom železa, natrija in kalcija (Ozgunay idr., 2006).

## 4. ZNAČILNOSTI OBRAVNAVANEGA OBMOČJA OPUŠČENEGA INDUSTRIJSKEGA ODLAGALIŠČA LEŽEN

### 4.1. LEGA IN NARAVNE ZNAČILNOSTI OBMOČJA

Območje opuščenega industrijskega odlagališča Ležen se razprostira na hribu nad nasipom (območje sanacij ugreznin) med Družmirskim in Velenjskim jezerom in je na Slika 2 označeno z rumeno barvo. Površina tega območja je okoli 5.000 m<sup>2</sup> (Planteu, 1988).



Slika 2: Lokacija opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: Avtor po PISU, 2020 in Planteu, 1988)



Slika 3: Površje obravnavanega območja – LiDAR (Vir: Avtor po PISU, 2020)

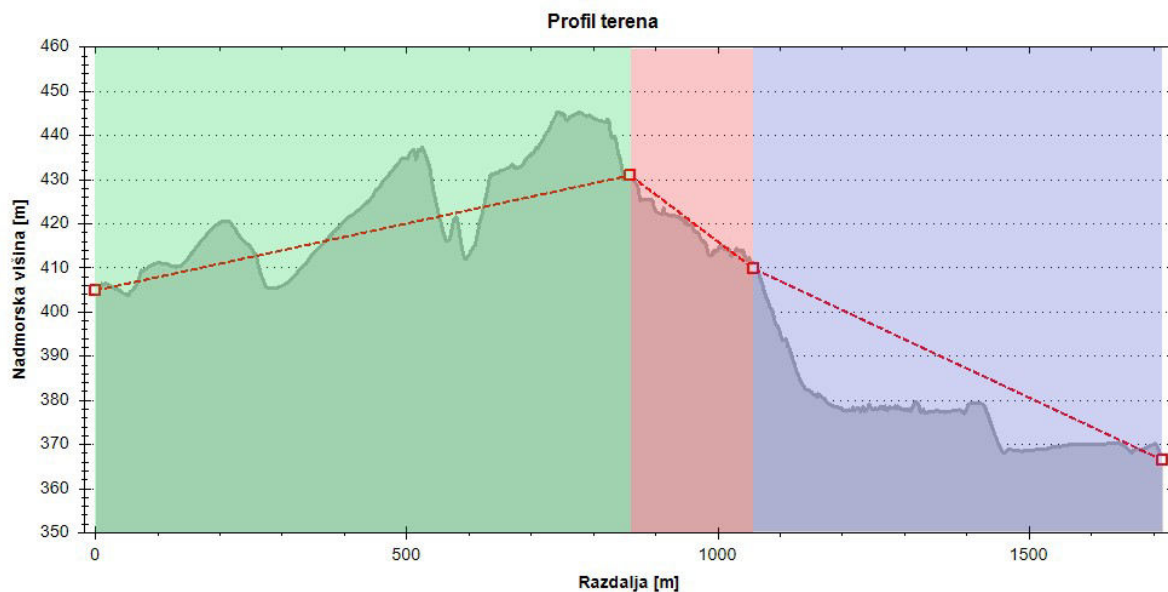


Slika 4: Smer nagiba meritev profilov površja na širšem obravnavanem območju (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: Avtor po PISU, 2021)

Slika 4 prikazuje smeri meritev profilov površja na obravnavanem območju, kar smo na letalskem posnetku površja obravnavanega območja označili z rumenimi puščicami. Profile površja smo izdelali z orodji na portalu PISO (2021). S profili smo želeli prikazati usmeritev nagiba površja opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen in usmeritve nagiba območja okrog opuščenega odlagališča.

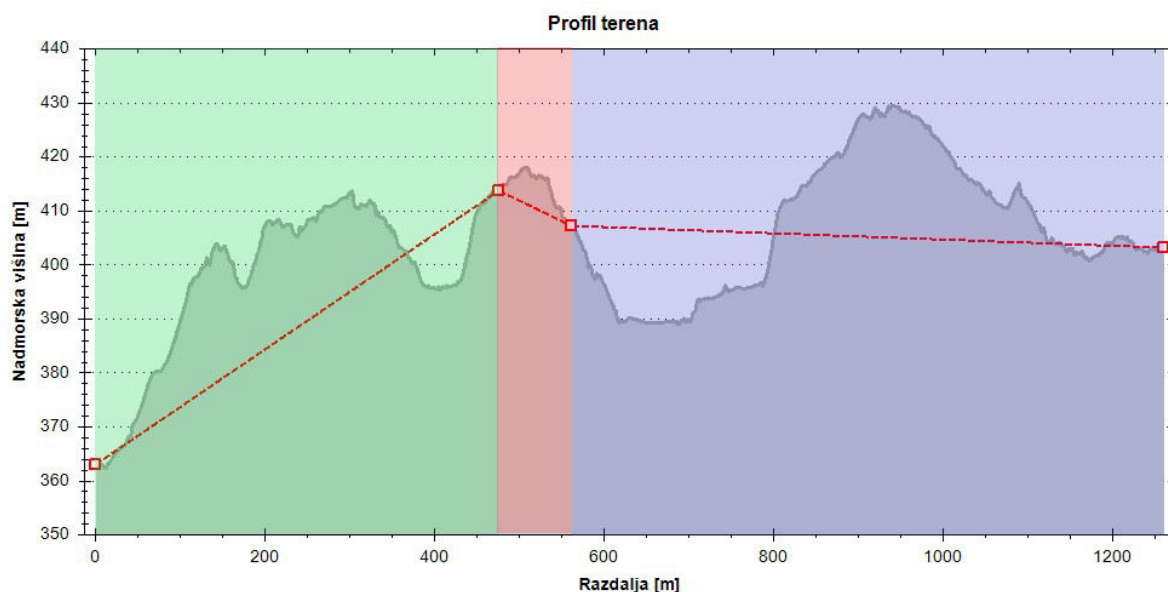
Namen proučevanja profilov površja opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen in hkrati širšega območja je ugotoviti nagib in usmerjenost površja, kar služi kot podlaga za ugotavljanje smeri premeščanja snovi iz tal.

Profile površja smo izdelali tako, da je območje pred območjem opuščenega odlagališča obarvano zeleno, območje odlagališča rdeče in območje za odlagališčem modro, gledano v smeri puščic oz. smeri meritev, ki jih prikazuje Slika 4.



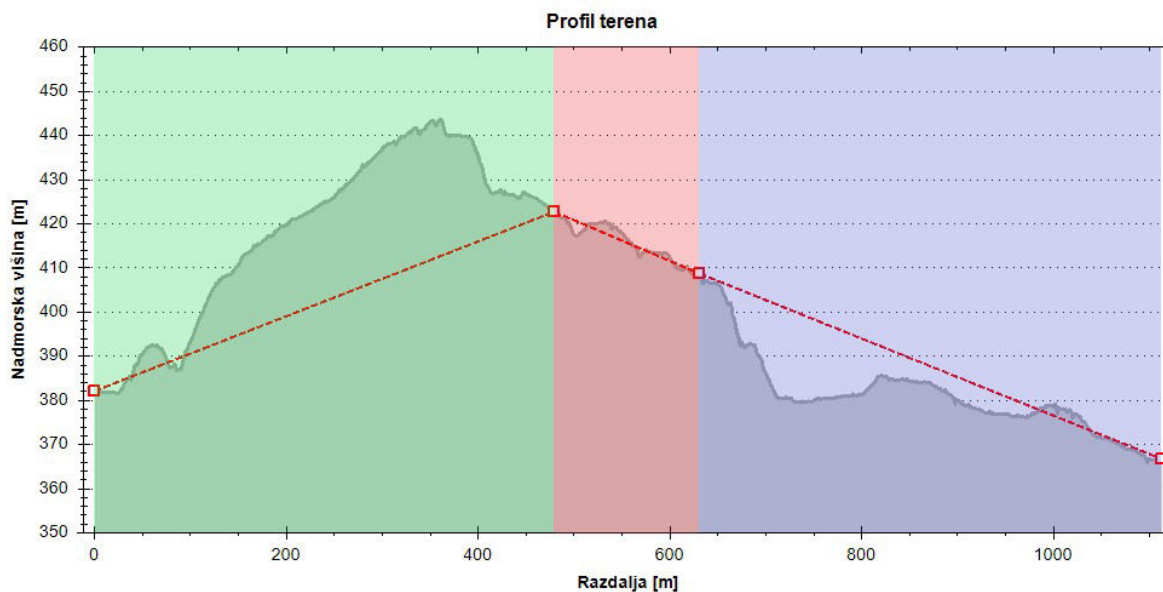
Slika 5: Profil 1 (Vir: Avtor po PISU, 2021)

Profil 1 smo merili v smeri od severa proti jugu vzdolžno skozi območje opuščene odlagališča. Nagib območja opuščene odlagališča (rdeča barva na Slika 5) je usmerjen proti jugu, tako kot območje južno od opuščene odlagališča (modra barva na Slika 5), ki je precej bolj strmo od območja severno od opuščene odlagališča (zelena barva na Slika 5).



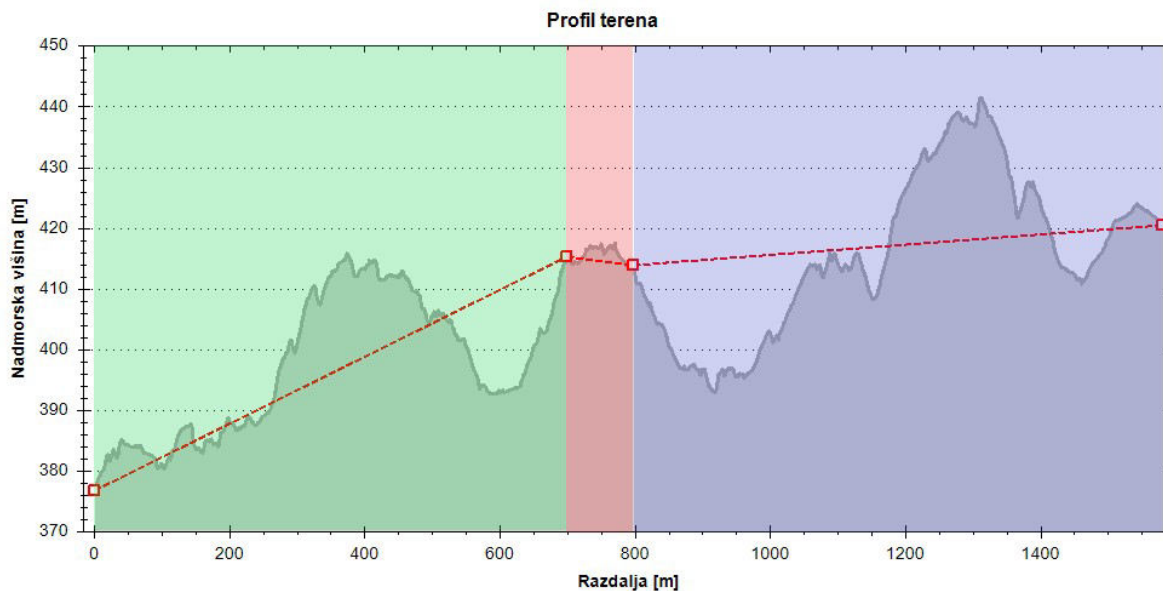
Slika 6: Profil 2 (Vir: Avtor po PISU, 2021)

Profil 2 je merjen v smeri od zahoda proti vzhodu prečno skozi območje opuščene odlagališča. Nagib območja opuščene odlagališča (rdeča barva na Slika 6) je usmerjen proti vzhodu. Nagib zahodnega dela hriba (zelena barva na Slika 6) je večji od nagiba vzhodnega dela hriba (modra barva na Slika 6).



Slika 7: Profil 3 (Vir: Avtor po PISU, 2021)

Profil 3 smo merili v smeri od severozahoda proti jugovzhodu skozi območje opuščenega odlagališča. Nagib opuščenega odlagališča (rdeča barva na Slika 7) je usmerjen proti jugovzhodu. Območje severozahodno od območja opuščenega odlagališča (zelena barva na Slika 7) se, gledano proti severozahodu, nekoliko dviga in nato spet spušča, območje jugovzhodno od območja opuščenega odlagališča (modra barva na Slika 7) pa je nekoliko manj strmo in ima nagib usmerjen proti jugovzhodu.



Slika 8: Profil 4 (Vir: Avtor po PISU, 2021)

Profil 4 smo merili v smeri od jugozahoda proti severovzhodu. Nagib območja opuščenega odlagališča (rdeča barva na Slika 8) je usmerjen proti severovzhodu in je precej položen. Nagib območja jugozahodno od območja opuščenega odlagališča (zelena barva na Slika 8) je usmerjen proti jugozahodu, teren je bolj strm v primerjavi z območjem severovzhodno od območja opuščenega odlagališča (modra barva na Slika 8), kjer se teren dviga proti severovzhodu.

Izrisani profili površja na obravnavanem območju kažejo, da je površje obravnavanega območja usmerjeno pretežno v vzhod in jug, proti območju Velenjskega jezera. Teren se nagiba strmo k Družmirskemu jezeru le v jugozahodnem delu hriba, vendar je nagib območja opuščenega odlagališča usmerjen proti severovzhodu. Na podlagi izrisanih profilov lahko sklepamo, da teren na obravnavanem območju gravitira proti Velenjskemu jezeru, kar je razvidno tudi iz LiDAR-sloja (Slika 3).

## 4.2. GEOLOŠKE, PEDOLOŠKE IN HIDROLOŠKE RAZMERE

### 4.2.1. Geološka stratifikacija območja

Premogovnik Velenje, d. d., že od nekdaj zbira podatke o geološki stratifikaciji tal na območju pridobivanja lignita z izdelavo strukturno-piezometričnih vrtin. Na podlagi tega spremljajo tudi raven in tlak vode v vodonosnikih (Kotnik, 2018).

Poročilo o izdelavi strukturno-piezometrične vrtine P-3j/94 na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen so pripravili leta 1995 za potrebe projektiranja in študije reševanja problematike varnega odkopavanja pod vodonosnimi peski. Vrtino so izvrtali leta 1994.

Koordinate vrtine so:  $46^{\circ}23'6,45''$  in  $15^{\circ}4'50''$  z nadmorsko višino 428,410 m. Končna globina vrtine je 537,60 m.



Slika 9: Lokacija vrtine na območju opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen (Merilo: 1 : 1782) (PISO, 2021 po Supovec in Veselič, 1995)

Na Slika 9 je z rdečo barvo označena lokacija vrtine znotraj območja opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen.

Preglednica 3: Geološka stratifikacija na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen (Supovec in Veselič, 1995)

| Globina (od – do) (m) | Opis                                                                                                                                                      |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,00–28,50            | peščena in meljasta glina                                                                                                                                 |
| 28,50–32,30           | srednje do debelozrnat pesek s prodniki                                                                                                                   |
| 32,30–58,00           | peščena in meljasta glina                                                                                                                                 |
| 58,00–62,00           | peščen melj                                                                                                                                               |
| 62,00–120,00          | menjavanje peščene in meljaste gline, peščenega melja, melja in drobnega meljastega peska, ponekod so vložki srednjezrnatega peska s posameznimi prodniki |
| 120,00–130,00         | srednje do debelozrnat pesek, na začetku drobnozrnat meljast pesek                                                                                        |
| 130,00–136,00         | drobnozrnat meljast pesek                                                                                                                                 |
| 136,00–155,20         | menjavanje peščenega melja in peščene gline, vložki drobnega peska                                                                                        |
| 155,20–169,00         | srednje in debelozrnat pesek s prodniki                                                                                                                   |
| 169,00–181,80         | peščen melj in peščena glina, vložek peska                                                                                                                |
| 181,80–212,50         | srednje do debelozrnat pesek z debelimi prodniki (premer nekaj cm) – bolj prod s peskom                                                                   |
| 212,50–217,20         | peščen melj in peščena glina                                                                                                                              |
| 217,20–227,00         | debelozrnat pesek s prodniki                                                                                                                              |

Preglednica 3 podaja geološko stratifikacijo tal na območju opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen do globine 227 m. Z vidika obravnavane tematike v magistrskem delu je pri tem bistveno izpostaviti prvi sloj – peščena in meljasta glina, ki sega 28 m globoko. Glineni materiali so neprepustni. To je pomembno tudi z vidika premogovniške dejavnosti na tem območju, saj kot navaja (TEŠ in PV, 2009), neprepustna plast gline izolira premogovni šiv od vodonosnih plasti in tvori zanesljivo zaščito pred vodo.

#### 4.2.2. Tla območja in njihove specifikacije

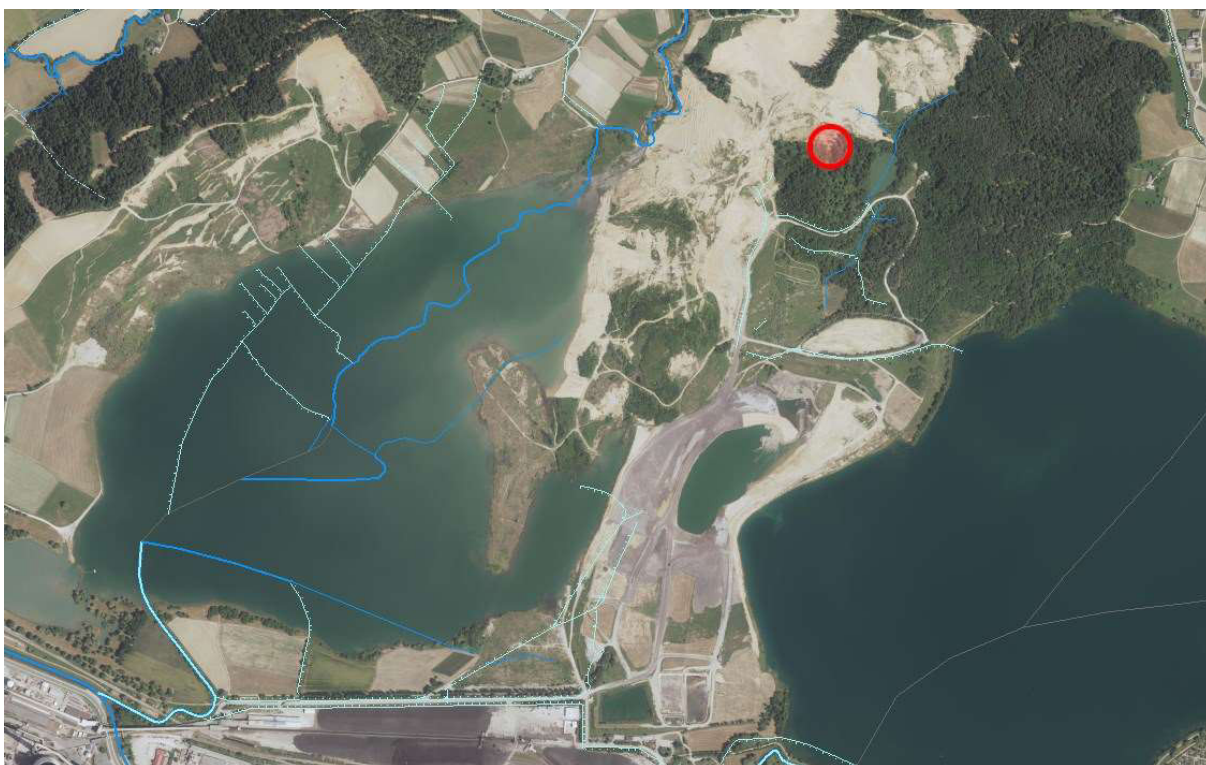
Na podlagi slovenske klasifikacije tal (Prus idr., 2015) lahko tla na obravnavanem območju opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen opredelimo kot:

- vrsta: hidromorfna tla,
- razred: psevdoglejena tla,
- tip: psevdoglej.

Za hidromorfna tla je značilno zastajanje padavinske vode v talnem profilu. Talni tip psevdoglej se pojavlja v podnebnem območju z vsaj enim izrazito vlažnim in izrazito suhim obdobjem. Infiltracija vode v talni profil je izredno slaba, zato so zaradi površinskega odtoka taka tla podvržena eroziji.

»Psevdoglej se pojavlja na blagih pobočjih, vznožjih pobočij ter na ravninah z matičnimi podlagami, katerih struktura je kombinacija melja in gline, ki ne omogoča tvorbe dovolj poroznega mineralnega horizonta. Posledica tega je zmanjšano pronicanje padavinske vode oz. njeno zastajanje, kar prepoznamo po sivorjavem lisastem horizontu« (Prus idr., 2015).

### 4.2.3. Hidrološke razmere območja



| Legenda:                    |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| stalen vodotok od 5 do 50 m | občasen vodotok |
| stalen vodotok do 5 m       | kanal – stalno  |
| stalen vodotok nad 50 m     | kanal – občasno |

Slika 10: Vodna telesa na obravnavanem območju (Merilo: 1:25.000) (Vir: Atlas okolja, 2020)

Rdeča točka na Slika 10 služi kot orientacijska točka in predstavlja lokacijo piezometrične vrtine, ki smo jo obravnavali v prejšnjem poglavju 4.2.1.

Odtok površinskih voda je del hidrološkega kroga, ki se dogaja na površini. Gre za pojav, ki ima z okoljskega vidika velik pomen. Predstavlja del padavin, ki prispejo na površino Zemlje in površinsko in podpovršinsko odtečejo v mrežo vodotokov. Voda teče pod vplivom težnosti proti najnižji točki določene površine, opredeljene z geološkimi in topografskimi lastnostmi (Gantar, 2014).

Vegetacijska plast sprejme padavine in jih zadrži, dokler odvečna voda ne odteče z listov ali po deblu do tal. Padavine se dlje zadržijo v terenskih depresijah, zadrževanje je odvisno od tipa tal, nagiba terena in pogostosti padavin. Ta voda potem izhlapi, ponikne ali odteče. Ponikanje v tla skozi pore je odvisno od tipa, strukture, gostote tal, tipa vegetacije in nivoja podzemnih voda (Butler in Davies, 2011 v Gantar, 2014).

V povezavi z odtokom površinskih voda na območjih z nagibom terena je pomembno izpostaviti vodno erozijo tal. Kot navaja Miko (2006), gre za vrsto mehanske degradacije tal, ki jo sprožijo padavine. Del dežnih kapelj prestreže vegetacija in jim zmanjša erozivno moč. Trk dežne kaplje neposredno na tla povzroči premik talnih delcev, največ navzdol po pobočju zaradi vpliva gravitacije. Zaradi prepustnosti talne površine se voda sicer infiltrira v tla. Kadar je intenziteta padavin večja od infiltracijske kapacitete tal, se voda začne zadrževati na površini in tako nastane površinski tok, ki s seboj odnaša delce tal. Na



obravnanim območju oz. na območju v njegovi neposredni bližini je bilo možno opaziti prisotnost vodne erozije na površini tal, kar prikazuje Slika 37.

Kot prikazuje Slika 10 **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**, ležita v neposredni bližini obravnane območja dve jezera; jugozahodno od območja opuščene odlagališča industrijskih odpadkov Ležen je Družmirsko jezero, jugovzhodno pa Velenjsko jezero. Jezera sta nastali zaradi izkopavanja premoga in posledično ugrezanja površja. Družmirsko jezero napaja potok Velunja. Zanj je značilen močan pretok in nihanje pretoka (Šterbenk, 2011). Po podatkih Šterbenka (2011) je bil njegov največji izmerjen pretok od leta 1980, odkar so merilno mesto prestavili iz Družmirja v Gaberke, 74,1 m<sup>3</sup>/s. Družmirsko jezero je glavni vir tehnološke vode za termoelektrarno Šoštanj. Velenjsko jezero napajata dva potoka; Lepena, ki se izteka v Škalsko jezero in nato teče v Velenjsko jezero in Sopota. Vsi ti potoki so bili pred nastankom jezer pritoki reke Pake. Obe jezera sta z jezernicama povezani z reko Pako (Šterbenk, 2011).

### **4.3. RABA TAL OBMOČJA OPUŠČENEGA INDUSTRIJSKEGA ODLAGALIŠČA LEŽEN**

Rabo tal na obravnanim območju smo obravnavali in interpretirali na podlagi podatkov CLC oz. posnetkov površja na portalu Atlas okolja.

CLC (angl. Corine Land Cover) je digitalna zbirka podatkov o pokrovnosti oz. rabi tal. Tematske karte CLC prikazujejo realno stanje glede na pokrovnost, kot ga je zaznal satelit – ne glede na morebitno rabo ali pravno stanje (Rikanovič, 2003).

V delu izpostavljam rabo tal na obravnanim območju po posameznih kategorijah rabe, kar ponazarjajo karte CLC. Ker te karte ne dajejo dejanske slike površja tal, smo vključili letalske posnetke s portala PISO od leta 1972 do 2019. S tem smo želeli prikazati spreminjanje površja na obravnanim območju.

Rabo tal in spreminjanje površja smo obravnavali nekoliko širše od območja opuščene odlagališča industrijskih odpadkov Ležen. Obravnavali smo površine oz. njihove kategorije, ki so se povečale ali zmanjšale kot posledica spremembe velikosti kategorije na obravnanim območju.

#### **4.3.1. Pretekla raba tal**

Pretekla raba tal območja opuščene odlagališča industrijskih odpadkov Ležen in širšega območja od leta 1995 do leta 2012 je prikazana kronološko s kartami CLC na slikah: Slika 11, Slika 12, Slika 13 in Slika 14, kjer je z rdečo barvo označena lokacija piezometrične vrtine, ki služi kot orientacijska točka.

Podatki o površinah posameznih kategorij rabe tal na obravnanim območju so pridobljeni s portala Atlas okolja (2021).



| Legenda:      |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| mirujoča voda | dnevni kopi, kamnolomi                         |
| iglasti gozd  | neskljenjene urbane površine                   |
| mešani gozd   | zelene mestne površine                         |
| odlagališča   | kmetijske površine drobnoposestniške strukture |

Slika 11: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 1995 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)

Slika 11 prikazuje rabo tal na obravnavanem območju leta 1995. Vodne površine (mirujoča voda), ki zajemajo Velenjsko in Družmirsko jezero, obsegajo 175,65 ha, grajene oz. umetne površine (odlagališča) 102,72 ha, gozdne in deloma ohranjene naravne površine (iglasti in mešani gozd skupaj) 101,58 ha. Večja sklenjena kmetijska površina (kmetijske površine drobnoposestniške strukture) zajema 263,04 ha. Območje opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov je znotraj kategorije mešanih gozdov.











| Legenda:      |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| mirujoča voda | dnevni kopi, kamnolomi                         |
| iglasti gozd  | neskljenjene urbane površine                   |
| mešani gozd   | zelene mestne površine                         |
| odlagališča   | kmetijske površine drobnoposestniške strukture |

Slika 12: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2000 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)

Slika 12 prikazuje rabo tal na obravnavanem območju leta 2000. Vodne površine (mirujoča voda) obsegajo 202,41 ha, grajene oz. umetne površine (odlagališča) 97,74 ha, gozdne in deloma ohranjene naravne površine (iglasti in mešani gozd skupaj) 101,60 ha, kmetijska površina (kmetijske površine drobnoposestniške strukture) zajema 241,37 ha. Območje opuščene odlagališča industrijskih odpadkov je znotraj kategorije mešanih gozdov.



| Legenda:                                                                                         |                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  mirujoča voda |  dnevni kopi, kamnolomi                          |
|  iglasti gozd |  neskljenjene urbane površine                   |
|  mešani gozd  |  zelene mestne površine                         |
|  odlagališča  |  kmetijske površine drobnoposestniške strukture |

Slika 13: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2006 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)

Slika 13 prikazuje rabo tal na obravnavanem območju leta 2006. Podatki o velikosti posameznih kategorij rabe tal se iz leta 2000 po podatkih portala Atlas okolja niso spremenili.



| Legenda:      |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| mirujoča voda | dnevni kopi, kamnolomi                         |
| iglasti gozd  | nesklenjene urbane površine                    |
| mešani gozd   | zelene mestne površine                         |
| odlagališča   | kmetijske površine drobnoposestniške strukture |

Slika 14: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2012 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)

Slika 14 prikazuje rabo tal na obravnavanem območju leta 2012. Vodne površine (mirujoča voda) obsegajo 202,37 ha, grajene oz. umetne površine (odlagališča) 97,72 ha, gozdne in deloma ohranjene naravne površine (iglasti in mešani gozd skupaj) 101,58 ha, kmetijska površina (kmetijske površine drobnoposestniške strukture) zajema 241,32 ha. Območje opuščene odlagališča industrijskih odpadkov je znotraj kategorije mešanih gozdov.



Slika 15: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1972 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)



Slika 16: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1975 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)



Slika 17: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1979 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)

Na podlagi letalskih posnetkov iz let 1972, 1975 in 1979 (Slika 15, Slika 16, Slika 17) lahko sklepamo, da je bilo obravnavano območje v tem obdobju slabo poraščeno. Je na vzpetini sredi sklenjene gozdne površine. Natančneje je na podlagi dostopnih letalskih posnetkov težko opredeliti, saj so bili v tem času še v črno-beli podobi in slabši ločljivosti. Leta 1975 (Šterbenk idr. 2004) je sredi vasi Družmirje začelo nastajati Družmirsko jezero, kar je na Slika 16 obkroženo z zeleno bravo.

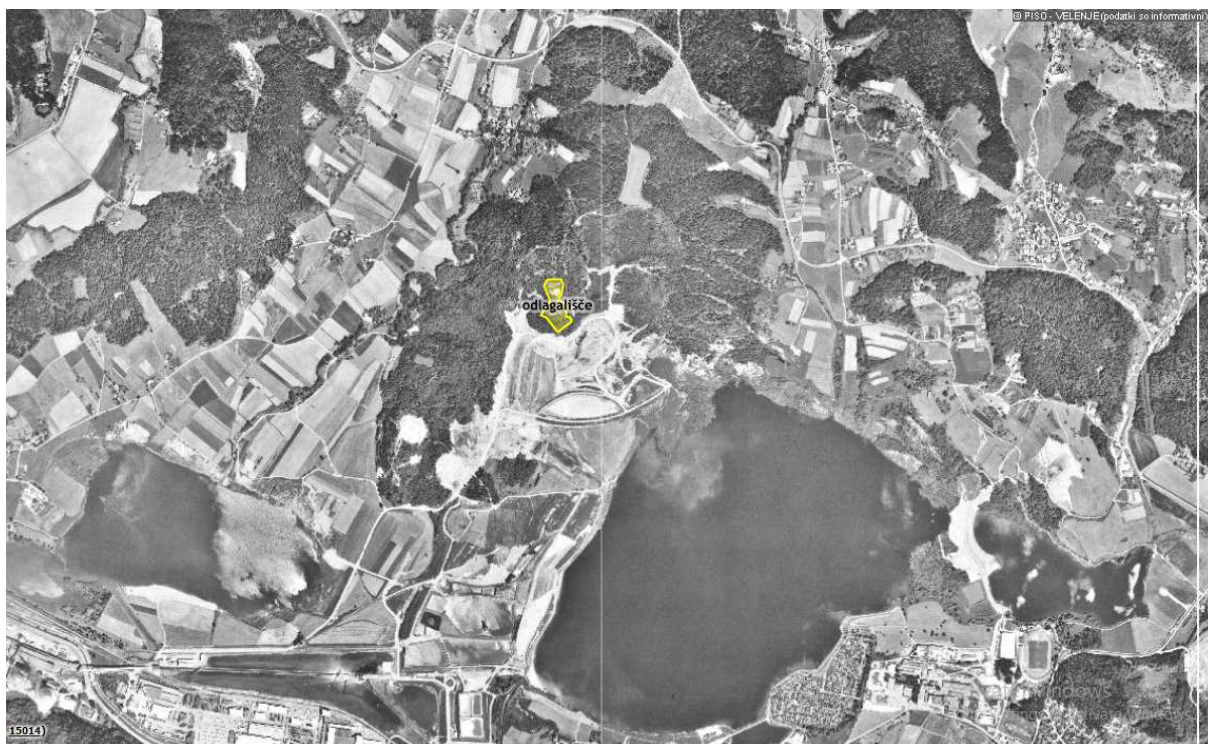


Slika 18: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1990 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)

Za obdobje obratovanja odlagališča industrijskih odpadkov Ležen (1980–1986) letalski posnetki niso dostopni. Na letalskem posnetku iz leta 1990 (Slika 18) ni vidnih bistvenih sprememb vodnih teles na površju obravnavanega območja.



Slika 19: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1993 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)



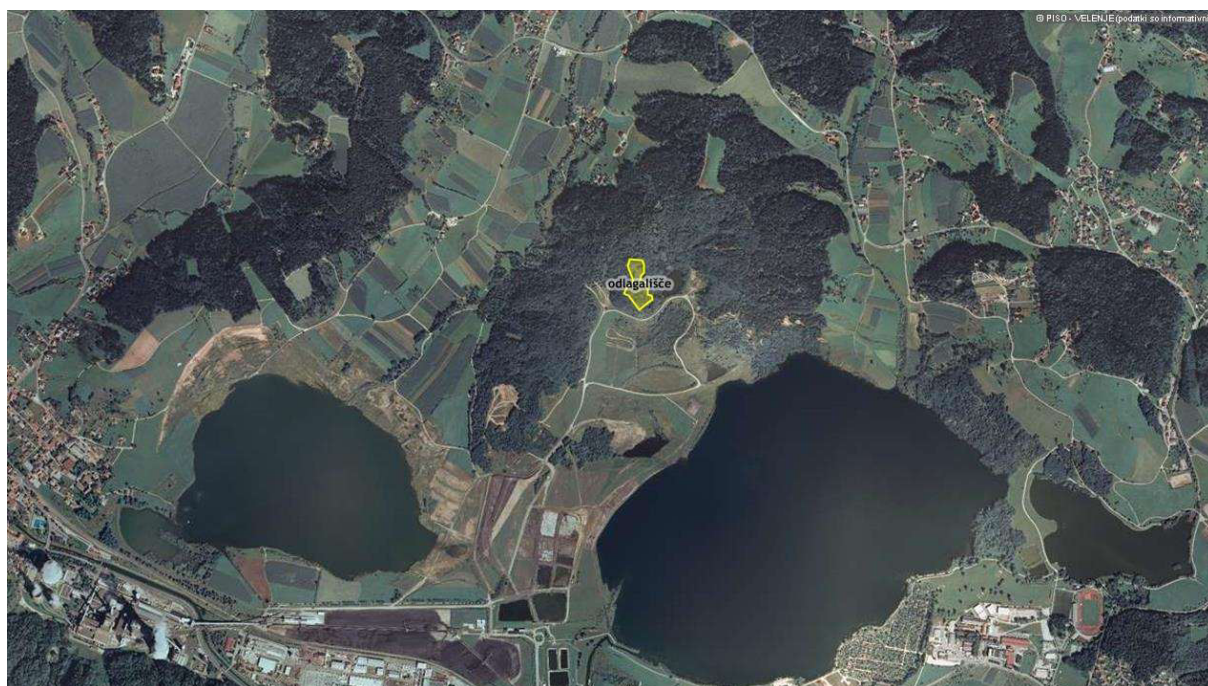
Slika 20: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1996 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)

Na letalskim posnetku iz leta 1996 (Slika 20) je vidna sprememba na območju južno od obravnavanega območja – odstranjena je bila gozdna vegetacija.



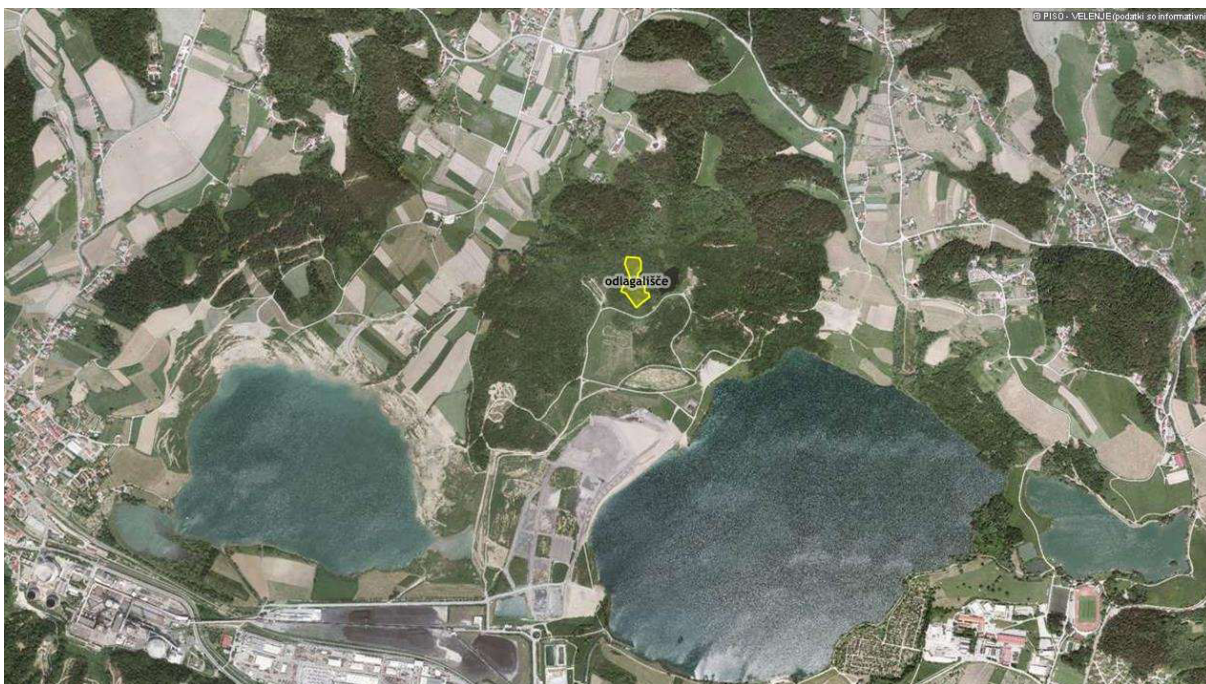


Slika 21: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 1999 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)



Slika 22: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2006 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)

Letalski posnetek iz leta 2006 (Slika 22) je v barvni podobi. Območje opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen leži znotraj večje sklenjene gozdne površine.

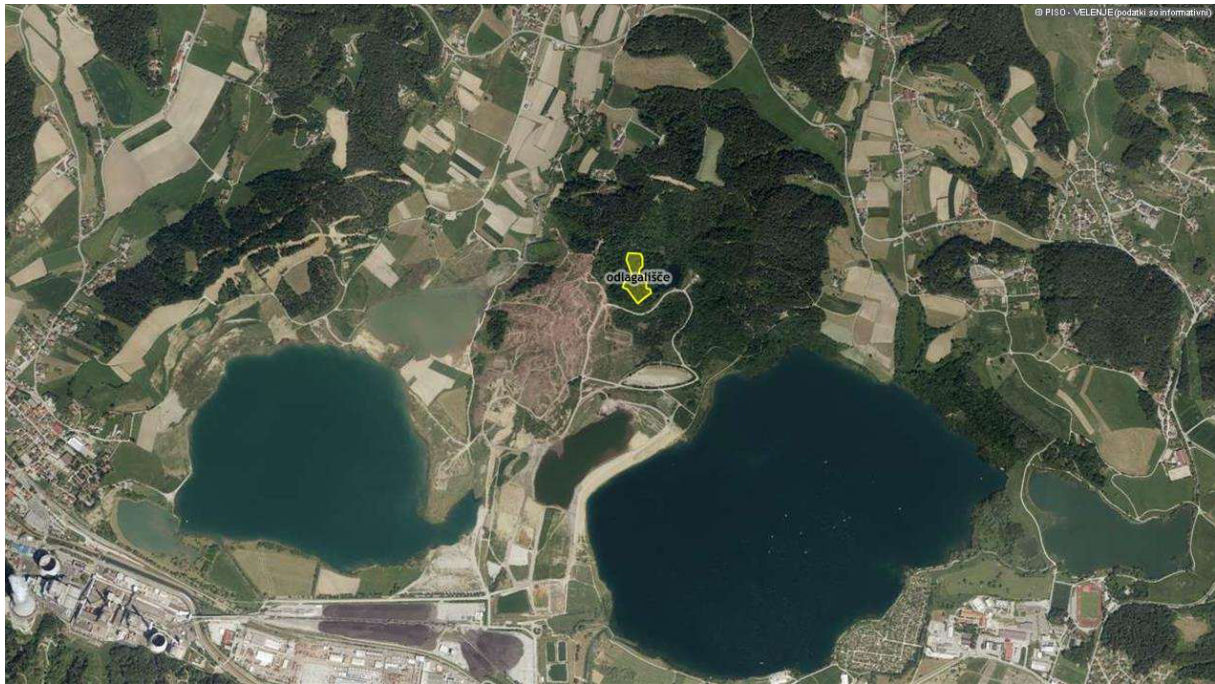


Slika 23: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2010 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)



Slika 24: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2013 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)

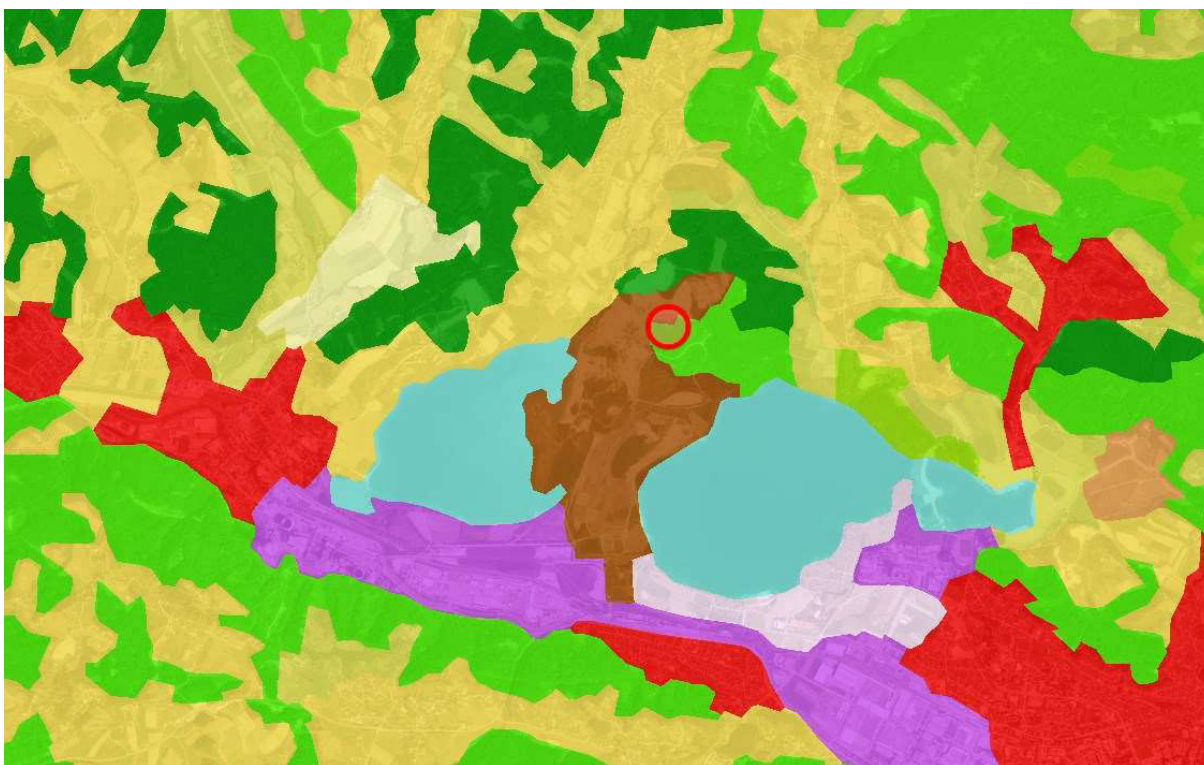
Od leta 1996 do 2013 se raba tal na obravnavanem območju in tudi širšem območju ni bistveno spreminjala (ni vidnih sprememb) (Slika 20, Slika 21, Slika 22, Slika 23, Slika 24). Območje opuščene odlagališča industrijskih odpadkov Ležen je bilo sredi sklenjene gozdne površine.



Slika 25: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2016 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)

Na letalskem posnetku iz leta 2016 (Slika 25) je vidno večje neporaslo območje, ki se razprostira zahodno in jugozahodno od obravnavanega območja, kjer sta bila v celoti odstranjena gozdna vegetacija in vrhnji (rodovitni) sloj tal.

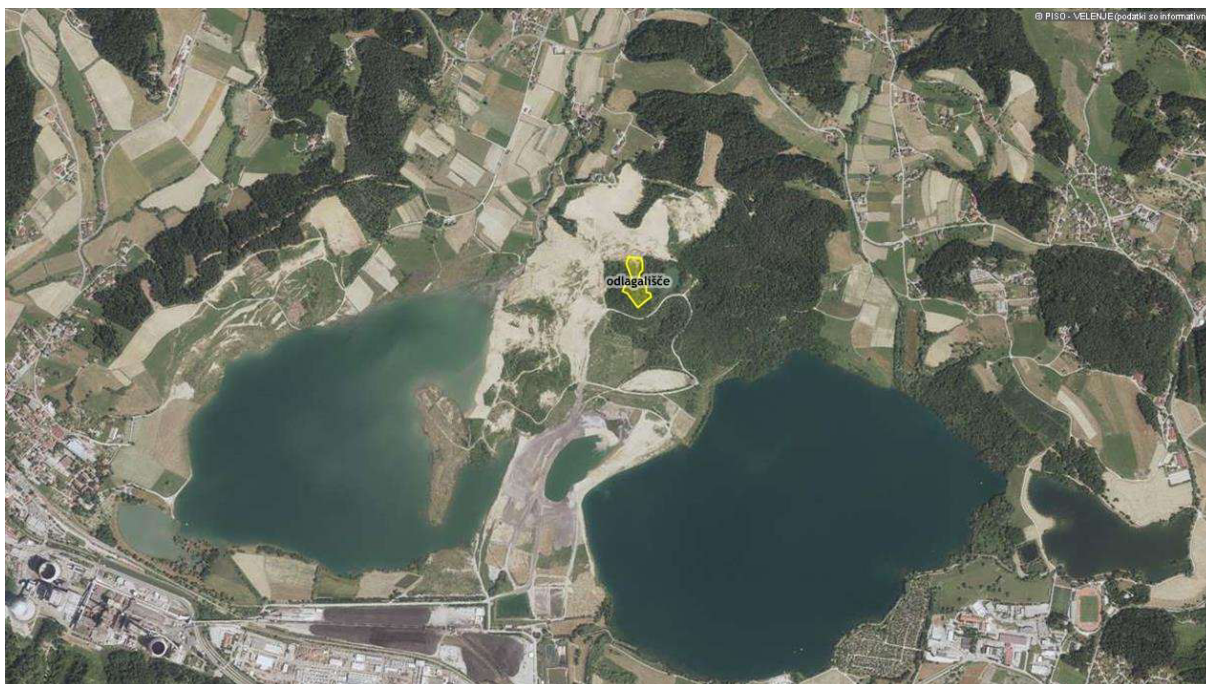
#### 4.3.2. Sedanja raba tal



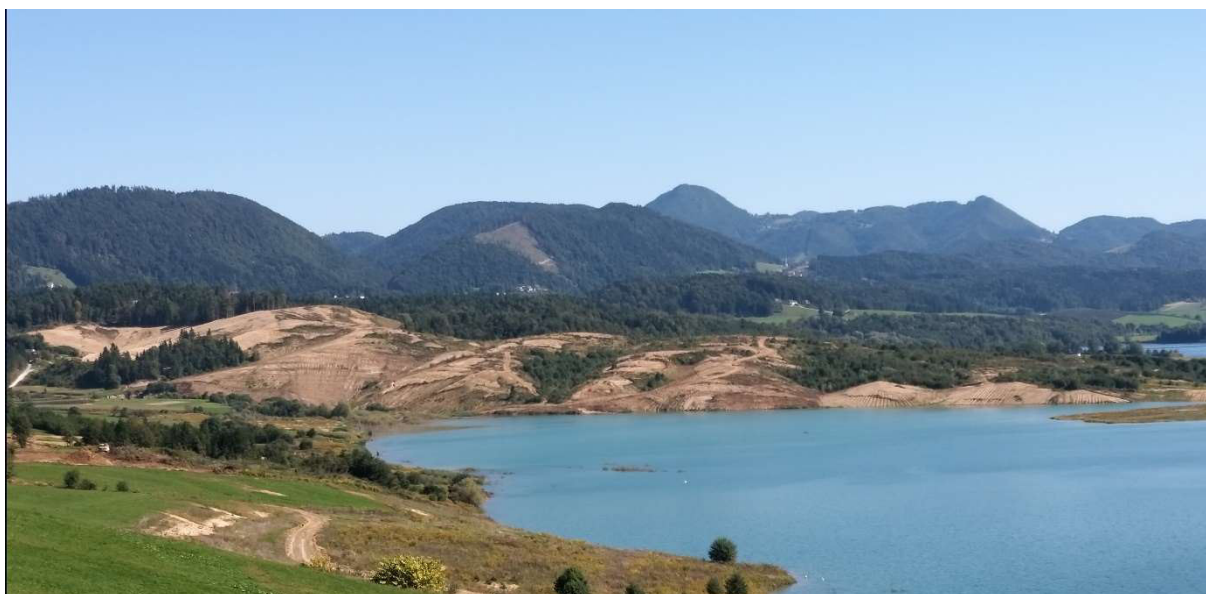
| Legenda:      |                                                |
|---------------|------------------------------------------------|
| mirujoča voda | dnevni kopi, kamnolomi                         |
| iglasti gozd  | neskljenjene urbane površine                   |
| mešani gozd   | zelene mestne površine                         |
| odlagališča   | kmetijske površine drobnoposestniške strukture |

Slika 26: Raba tal CLC na obravnavanem območju, 2018 (Merilo: 1 : 25.000) (Vir: Atlas okolja, 2021)

Slika 26 prikazuje rabo tal na obravnavanem območju leta 2018, kar obravnavamo kot sedanje stanje tal – zadnja dostopna CLC-karta na portalu Atlas okolja. Vodne površine (mirujoča voda) obsegajo 272,05 ha, grajene oz. umetne površine (odlagališča) 127,38 ha, gozdne in deloma ohranjene naravne površine (iglasti in mešani gozd skupaj) 71,68 ha, kmetijska površina (kmetijske površine drobnoposestniške strukture) pa zajema 193,21 ha. Območje opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov je znotraj kategorije mešanih gozdov.



Slika 27: Letalski posnetek obravnavanega območja iz leta 2019 (Merilo: 1 : 15.014) (Vir: PISO, 2020)



Slika 28: Območje zahodno in jugozahodno od obravnavanega območja, fotografirano z zahodne smeri (Vir: Avtor, oktober 2019)

Stanje površja iz leta 2019 (Slika 27) obravnavamo kot sedanjo pokrovnost tal. Glede na starejše letalske posnetke se je območje z odstranjeno gozdno vegetacijo bistveno povečalo. Stanje površja hriba, ki se razprostira zahodno in jugozahodno od obravnavanega območja, je prikazano na Slika 28. Odstranjena je bila tudi vegetacija na severnem delu območja opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen, kar prikazujeta Slika 27 in Slika 34.

Kronološki pregled letalskih posnetkov površja od leta 1972 oz. 1975 do leta 2019 kaže, da se je površina Velenjskega, predvsem pa Družmirskega jezera precej povečala. Na podlagi Podatkovne baze Premogovnika Velenje iz leta 2019 v Šterbenk idr. (2020) je leta 1976

površina Velenjskega jezera merila 78 ha, Družmirskega pa 52 ha. Leta 2019 je površina Velenjskega jezera merila 147 ha in Družmirskega 111,3 ha. Na podlagi teh podatkov smo izračunali faktor povečave površine jezer od leta 1976 do 2019. Velenjsko jezero se je v tem času povečalo za 1,89-krat, Družmirsko pa 2,14-krat. Ker je Družmirsko jezero začelo nastajati leta 1975, smo njegovo površino izmerili z orodjem za merjenje površine na spletni strani PISO (2021) na letalskem posnetku iz tega leta, Slika 16. Leta 1975 je bila njegova ročno izmerjena površina 0,6211 ha. Z upoštevanjem tega podatka se je površina Družmirskega jezera od njegovega nastanka leta 1975 do leta 2019 povečala za 179,2-krat.

Na podlagi kronološkega pregleda spreminjanja površja na obravnavanem območju in nekoliko širše (Slika 27) ter na podlagi terenskega ogleda (Slika 28) smo opazili, da se Družmirsko jezero s procesom povečevanja počasi zajeda pod hrib Ležen, na pobočju katerega je območje opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen.

#### **4.3.3. Prihodnja raba tal**

Pogačnik (1992) poudarja, da je pri urejanju prostora smiselno določati rabo površin. Tudi ohranitev naravnega stanja je določena raba, pri načrtovanju prostora pa so v ospredju antropogene rabe prostora. Tako Pogačnik (1992) deli rabe prostora na izključne in sočasne, kar pomeni, da so nekatere rabe med seboj skladne, nekatere delno skladne, nekatere neskladne in se med seboj izključujejo.

Kot najbolj pogoste rabe prostora v prostorskem načrtovanju (Pogačnik, 1992) navaja naslednje:

- kmetijstvo,
- gozdarstvo,
- pridobivanje rudnin in mineralnih surovin,
- rekreacija v naravnem okolju,
- urbanizacija – po rabah jo delimo na:
  - naselitev,
  - proizvodnja (industrija),
  - centralne dejavnosti,
  - turizem,
  - sekundarna bivališča,
  - ljubiteljsko obdelovanje – vrtničkarstvo,
  - koridorji infrastrukture,
  - rezervati – območja zalog pitne vode, varstvo dediščine.

Pogačnik (1992) navaja, da mora biti varstvo okolja sestavni del vseh posegov v prostor in prav tako vseh sektorjev/dejavnosti načrtovanja. Kot metodološki pripomoček pri prostorskem načrtovanju podaja simetrično matriko skladnosti rab v obliki simetrične preglednice, ki je prikazana v Preglednica 4.

Preglednica 4: Simetrična matrika skladnosti rab prostora (Vir: Pogačnik, 1992)

| Velja možnost sočasne rabe za:   | naselitev | urbani centri | industrija | servisi, skladišča | energetski objekti | odlagališča odpadkov | intenzivno kmetijstvo | tradicionalno kmetijstvo | kmečki turizem | turizem | gozdarstvo | rekreacija na prostem | rudarstvo – površinsko | rudarstvo – podzemno | trasa daljnovoda, plina, nafte | varstvo pitne vode | varstvo naravne dediščine | varstvo kulturne dediščine | sekundarna bivališča | obrežje morja, jezer, reke | avtocesta, hitra žel., letališče |  |
|----------------------------------|-----------|---------------|------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|---------|------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|--|
| naselitev                        | +         |               |            |                    |                    |                      |                       |                          |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| urbani centri                    | +         | +             |            |                    |                    |                      |                       |                          |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| industrija                       | ■         | ■             | +          |                    |                    |                      |                       |                          |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| servisi, skladišča               | -         | ■             | +          | +                  |                    |                      |                       |                          |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| energetski objekti               | ■         | ■             | +          | ?                  | +                  |                      |                       |                          |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| odlagališča odpadkov             | ■         | ■             | ?          | ?                  | ?                  | +                    |                       |                          |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| intenzivno kmetijstvo            | ■         | ■             | -          | -                  | -                  | ■                    | +                     |                          |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| tradicionalno kmetijstvo         | -         | ■             | -          | -                  | ■                  | ■                    | -                     | +                        |                |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| kmečki turizem                   | -         | -             | ■          | ■                  | ■                  | ■                    | -                     | +                        | +              |         |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| turizem                          | -         | ?             | ■          | ?                  | ■                  | ■                    | -                     | +                        | +              | +       |            |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| gozdarstvo                       | ?         | -             | ?          | -                  | ?                  | ?                    | ?                     | ?                        | +              | +       | +          |                       |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| rekreacija na prostem            | ?         | ?             | ■          | -                  | ■                  | ■                    | -                     | +                        | +              | +       | +          | +                     |                        |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| rudarstvo – površinsko           | ■         | ■             | ?          | ■                  | +                  | ?                    | ■                     | ■                        | ■              | ■       | ■          | ■                     | +                      |                      |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| rudarstvo – podzemno             | ■         | ■             | ■          | ■                  | +                  | ?                    | ?                     | ?                        | ■              | ■       | ?          | -                     | +                      | +                    |                                |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| trasa daljnovoda, plina, nafte   | ■         | ■             | +          | ?                  | +                  | -                    | +                     | +                        | -              | -       | ■          | -                     | ■                      | -                    | +                              |                    |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| varstvo pitne vode               | -         | ■             | ■          | -                  | -                  | ■                    | -                     | +                        | ?              | ?       | +          | +                     | ■                      | ■                    | -                              | +                  |                           |                            |                      |                            |                                  |  |
| varstvo naravne dediščine        | -         | ■             | ■          | ■                  | ■                  | ■                    | -                     | +                        | +              | +       | +          | +                     | ■                      | -                    | -                              | +                  | +                         |                            |                      |                            |                                  |  |
| varstvo kulturne dediščine       | ?         | +             | ■          | ■                  | ■                  | ■                    | +                     | +                        | +              | ?       | ?          | ■                     | ■                      | -                    | ?                              | +                  | +                         |                            |                      |                            |                                  |  |
| sekundarna bivališča             | -         | ■             | ■          | -                  | ■                  | ■                    | -                     | +                        | +              | +       | +          | ?                     | ■                      | ■                    | -                              | -                  | -                         | ?                          | +                    |                            |                                  |  |
| obrežje morja, jezer, reke       | ■         | ■             | ?          | ?                  | ?                  | ■                    | -                     | ?                        | ?              | +       | ?          | +                     | ■                      | -                    | ■                              | +                  | +                         | ?                          | ■                    | +                          |                                  |  |
| avtocesta, hitra žel., letališče | ■         | ■             | +          | +                  | ?                  | -                    | ?                     | -                        | -              | ?       | -          | -                     | ■                      | ■                    | -                              | -                  | ■                         | ■                          | ■                    | ■                          | +                                |  |

Legenda:  
 + popolna skladnost; ? delna skladnost; - neskladnost; ■ izločilni kriterij (popolna neskladnost); □ prazno: ni interakcije

Matrika sočasnosti rab prostora (Preglednica 4) podaja oz. opredeljuje možnost sočasne rabe nekega prostora dveh uporabnikov, pri čemer gre lahko za popolno skladnost rabe, delno skladnost, neskladnost, popolno neskladnost oz. med dvema različnima rabama interakcija sploh ni možna.

V nadaljevanju bomo z vidika umeščanja v prostor in z vidika možnosti sočasnosti rabe prostora na kratko predstavili glavne sektorje/dejavnosti pri prostorskem načrtovanju.

**Kmetijstvo** je skupaj z gozdarstvom v Evropi največji porabnik prostora, zato načrtovanje te kategorije rabe prostora vpliva na ekološke in socioekonomske razmere na vseh ravneh. Hkrati je kmetijstvo med vsemi rabami najbolj odvisno od naravnih lastnosti prostora. Intenzivno kmetijstvo načeloma ne omogoča sočasnosti drugih rab. Pri bolj tradicionalnih oblikah kmetijstva je možna sočasna raba z rekreacijo v naravnem okolju, turistično kmetijo. Smiselno je izkoristiti kmetijsko zemljo; če je v prihodnosti načrtovana gradnja, vsaj začasno.

**Gozd** je pri nas najbolj razširjena kategorija rabe tal. Širi se z opuščanjem manj ugodnih kmetijskih zemljišč. Razvije se kot končna oblika naravnega vegetacijskega pokrova. Gozd v veliki meri omogoča sočasnost drugih rab. Lahko je tudi začasna raba tal.

**Lovstvo in ribištvo** sta primarni rabi prostora in običajno nastopata v kombinacijah z drugimi rabami – omogočata sočasnost.

**Rударstvo** predstavlja primarno rabo prostora, čeprav ima v prostoru podobnosti z industrijo in energetiko ter se z obema tudi lokacijsko povezuje. Zaradi velikega ekonomskega pomena imajo rudniki običajno prednost pred drugimi rabami. Ker podzemni kopi povzročajo udore, posedanja in plazenje tal, je gradnja nad rudniki prepovedana. Kmetijstvo in gozdarstvo sta na takih območjih možna le v omejenem obsegu – brez večjih vlaganj in zemeljskih del. Rudarska dejavnost je obsežen poseg v zemljišče, zato se okolje degradira.

**Naselitvena raba prostora** oz. razporeditev poselitvenih površin je odvisna od terenskih in ekoloških razmer, razporeditve delovnih mest, oskrbnih središč, prometne infrastrukture, razpoložljive vode in energije ter razpoložljivega prostora za poselitev. Umeščanje naselitvenih površin nima prednosti pred družbenimi, storitvenimi dejavnostmi, industrijo, trasami pomembne infrastrukture ipd. Prav tako najlepših lokacij ne namenimo poselitvi, ker so pomembne za rekreacijo na prostem ali turizem. V nobenem primeru naj širjenje poselitvenega prostora ne posega na kakovostna kmetijska zemljišča.

**Omrežje urbanih in drugih oskrbnih središč** je odvisno od naravnih, socioekonomskih, ekoloških in drugih razmer v deželi. Pri načrtovanju moramo upoštevati že obstoječe, tradicionalno omrežje, ki se je razvilo skozi zgodovino.

**Industrija** oz. njena gospodarska uspešnost je zelo odvisna od umestitve v prostoru. Nacionalno pomembna industrija, čeprav z okoljskega vidika morda neugodna, ima pri umeščanju dejavnosti v prostor prednost pred drugimi potencialnimi porabniki prostora. Okolju bolj prijazno industrijo lahko umeščamo v prostor povezano z drugimi porabniki prostora in drugimi dejavnostmi.

Pri urejanju prostora za **rekreacijo** na prostem je glavni cilj čim bolj ohraniti prvotno naravno okolje in čistost okolja oz. po potrebi izboljšati stanje. V naravno okolje umeščamo le pešpoti, trimsteze, učne poti, kopališča na prostem. Večje posege, ki bolj spreminjajo naravno okolje, umeščamo v manj kakovosten prostor, npr. ceste, parkirišča, bazene, žičnice, avtokampe, hotele. Posege, ki zelo ali v celoti spremenijo naravno okolje, kot so stadioni, velikanska parkirišča, marine, športne dvorane, dirkališča, umestimo na manj kakovostne oz. urbanizirane prostore. Prednost dajemo okolju bolj prijaznim oblikam rekreacije.

Pri ocenjevanju primernosti prostora za **turizem** moramo temeljito proučiti naravne razmere in hkrati ekološko stanje okolja. Pri načrtovanju turističnih središč moramo varovati okolje; skrbeti, da bo turistični razvoj pomagal razvijati zaledje; omogočiti, da turistični center deluje vsaj dve sezoni letno; širiti turistično ponudbo s kulturo, izleti, prireditvami, športom, nakupi, zdravstvenimi storitvami; zagotoviti prometno infrastrukturo; dajati poudarek individualnemu turizmu, kot so penzioni, turistične kmetije, bungalovi; zmanjšati odvisnost turistične dejavnosti od neugodnih naravnih pojavov. Pri trasiranju upoštevamo naravne terenske ločnice in čim manj sekanja naravnih, kulturnokrajinskih in urbanih celot.

**Vodno gospodarstvo** zajema urejanje povirij, energijsko izrabo vodnih moči, sisteme za namakanje in osuševanje, oskrbo s pitno vodo in odvajanje odpadnih vod. Z vidika prostorskega načrtovanja je najbolj dragocena in ogrožena pitna voda.

**Infrastrukturalna omrežja** omogočajo delovanje posameznika v prostoru. Glede na vrsto infrastrukturo ločimo na prometno, energetsko, komunalno in informacijsko. V prostorskem načrtovanju težimo k enakomerni oskrbi vsega prostora; združujemo jo v infrastrukturnih snopih.



**Energetska infrastruktura** je bistvenega pomena, saj energija omogoča vse dejavnosti v prostoru. Izvore energije umeščamo v prostor tako, da je zadnji čim bolj enakomerno oskrbovan in da so največji porabniki čim bližje izvorom. Energetski viri naj bodo čim bolj čisti, ceneni, zanesljivi, obnovljivi in zamenljivi.

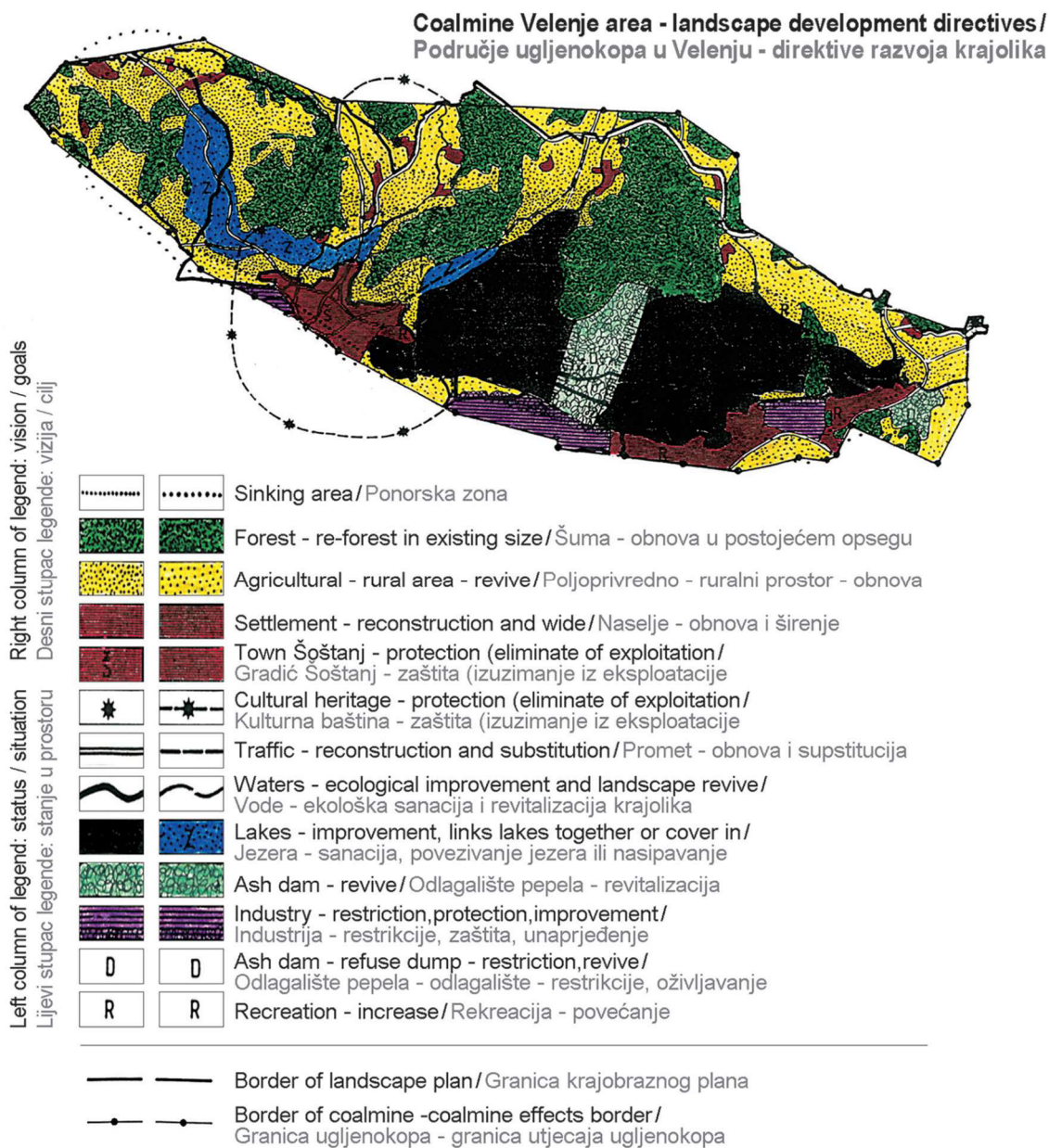
**Telekomunikacijo-informacijska infrastruktura** nima velikih prostorskih zahtev, čeprav je preskrbljenost prostora s temi sistemi zelo pomembna – bližina pošte, pokritost s signalom računalniškega prenosa podatkov.

Ker so odpadki čedalje večja težava, je pomembno tudi umeščanje odlagališča odpadkov v prostor oz. **ravnanje z odpadki**. Odlagališča odpadkov lociramo ob strogem upoštevanju varstva okolja, prebivalstva in vseh drugih uporabnikov prostora. Količino odpadkov poskušamo čim bolj zmanjšati meri oz. jih čim več reciklirati. Ukiniti poskušamo manjša in urediti večja, skupna odlagališča. Ob upoštevanju varstva okolja poskušamo doseči racionalen energijski izkoristek odpadkov (Pogačnik, 1992).

Na prihodnjo rabo obravnavanega območja pomembno vpliva Premogovnik Velenje. Scenarijev glede zaprtja premogovnika in posledično morda tudi Termoelektrarne Šoštanj je več. Z okoljskega vidika bi bil najboljši scenarij zaprtje leta 2030. Drugi načrt predvideva letnico zaprtja 2038, ko bi se večina zaposlenih v premogovniku lahko upokojila, hkrati pa bi se izteklo poroštvo za Blok 6 Termoelektrarne Šoštanj. Tretji scenarij, ki je okoljsko najmanj ambiciozen, vendar v interesu Sveta Mestne občine Velenje, predvideva letnico 2042 (Petek, 2020).

Ob upoštevanju, da je širše obravnavano območje, hrib Ležen in obe jezera, znotraj pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje, d. d., je na podlagi matrike sočasne rabe tal možna popolna skladnost rabe tega območja le z umeščanjem energetskih objektov in površinskim rudarstvom. Delna skladnost rabe je možna z odlagališči odpadkov, intenzivnim in tradicionalnim kmetijstvom ter gozdarstvom. Popolnoma neskladna je obstoječa raba podzemnega rudarstva z naselitvijo, urbanimi centri, industrijo, servisi in skladišči, turističnimi kmetijami in turizmom.

Obstoječo rabo tal predela, znotraj katerega je tudi obravnavano območje v tem delu, so Špeh idr. (2016) opredelili z digitalnim kartografskim materialom. To so na podlagi integrirane ocene vizualne oz. estetske kakovosti pokrajine in anketiranja nadgradili s predvideno rabo v prihodnosti, kar je prikazano na Slika 29.



Slika 29: Raba tal na obravnavanem območju leta 2015 in predvidena raba v prihodnosti (Vir: Špeh idr., 2016)

Prihodnja raba, ki jo prikazuje Slika 29, je bila opredeljena na podlagi obstoječega stanja oz. sedanje rabe z upoštevanjem naravnega razvoja ter na podlagi predvidevanja z uporabo »brainstorminga«.

Špeh idr. (2016) menijo, da imajo ugrezninska območja Premogovnika Velenje, kamor spada tudi območje opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen, potencial za trajnostni razvoj. Glede tega poudarjajo, da je pomembno načrtovati urejanje prostora in njegovo rabo dolgoročno in premišljeno.

#### 4.4. TRENDI SPREMEMBE RABE TAL

Rabo tal smo obravnavali na širšem območju, območju celotnega hriba Ležen, kjer je ožje obravnavano območje opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen.

Območje, na katerem proučujemo spremembe v rabi tal, meri pribl. 650 ha.

Površine posameznih kategorij rab in njihovi deleži glede na obravnavano območje so prikazani v Preglednica 5. Primerjali smo velikosti površine v letih 1995 in 2018 in spremembe.

*Preglednica 5: Površina in deleži posameznih kategorij rabe tal v letih 1995 in 2018 (Vir: Avtor po Atlas okolja, 2021)*

| Kategorija rabe tal                               | 1995   | 2000   | 2006   | 2012   | 2018   |
|---------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                                   | ha     |        |        |        |        |
| mirujoča voda                                     | 175,65 | 202,41 | 202,41 | 202,37 | 272,05 |
| odlagališča                                       | 102,72 | 97,74  | 97,74  | 97,72  | 127,38 |
| mešani gozd                                       | 53,05  | 53,06  | 53,06  | 53,05  | 32,09  |
| iglasti gozd                                      | 48,53  | 48,54  | 48,54  | 48,53  | 39,59  |
| kmetijske površine<br>drobnoposestniške strukture | 263,04 | 241,37 | 241,37 | 241,32 | 193,21 |

Trend spremembe rabe tal med letoma 1995 in 2018 smo prikazali v Preglednica 6.

*Preglednica 6: Indeksi sprememb in deleži povečanja oz. zmanjšanja površin po kategorijah rabe tal (Vir: Avtor po Atlas okolja, 2021)*

| Kategorija rabe tal                               | 1995   | 2018   | Indeks<br>spremembe<br>$I_{2018/1995}$ | % povečanja<br>oz. zmanjšanja<br>kategorij<br>površin |
|---------------------------------------------------|--------|--------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                                   | ha     |        |                                        |                                                       |
| mirujoča voda                                     | 175,65 | 272,05 | 154,88                                 | +54,88                                                |
| odlagališča                                       | 102,72 | 127,38 | 124,01                                 | +24,01                                                |
| gozd                                              | 101,58 | 71,68  | 70,57                                  | -29,43                                                |
| kmetijske površine<br>drobnoposestniške strukture | 263,04 | 193,21 | 73,45                                  | -26,55                                                |

Indeksi sprememb v rabi tal so izračunani po enačbi:

$$I_{2018/1995} = \frac{I_{2018}}{I_{1995}} * 100$$

Povečanje oz. zmanjšanje kategorij površin v % pa po enačbi:

$$\% = I_{2018/1995} - 100$$

Iz izračunanih vrednosti deležev povečanja oz. zmanjšanja posameznih kategorij rabe tal na obravnavanem območju (Preglednica 6) se je najbolj povečal delež vodnih površin, in sicer za 54,88 %. Povečala se je tudi površina odlagališča, za 24,01 %. Zmanjšal se je delež gozdnih površin, za 29,43 %, in delež kmetijskih površin, za 26,55 %.

Primerjava zastopanosti posameznih kategorij rabe tal med letoma 1995 in 2018 (Preglednica 5) kaže, da je trend spreminjanja rabe tal usmerjen v povečevanje neuporabnih površin, vodnih teles in degradiranih območij – odlagališč ter v zmanjševanje površin s kmetijsko rabo in gozdom. Trend spreminjanja rabe tal na obravnavanem območju je neugoden, predvsem zaradi povečevanja degradirane površine. Pri analizi tega trenda je treba upoštevati dejstvo, da je to območje pridobivalno območje Premogovnika Velenje, d. d. (TEŠ & PV, 2009), in da so dejavnosti omejene. Zemljišča znotraj pridobivalnega prostora se lahko v vmesnem času uporabljajo za kmetijske namene (TEŠ in PV, 2009).

## 5. MATERIALI IN METODE DELA

### 5.1. TEORETIČNI DEL MAGISTRSKEGA DELA

V teoretičnem delu magistrskega dela smo uporabili kabinetno metodo dela. Proučili smo Slovensko veljavno zakonodajo, ki se nanaša na obravnavano temo, pregledali smo zakonodajo Evropske unije ter zakonodajo, ki je bila v veljavi v času obratovanja odlagališča industrijskih odpadkov Ležen. Proučili smo vire in literaturo, ki se nanašajo na težke kovine – osredotočili smo se na krom in odpadke usnjarske industrije. Obravnavali smo značilnosti obravnavanega območja ter analizirali trende spreminjanja rabe tal na obravnavanem območju in nekoliko širše.

### 5.2. TERENSKO DELO IN VZORČENJE

Temelj eksperimentalnega dela magistrskega dela je ogled celotnega območja opuščene odlagališča industrijskih odpadkov Ležen. Namen ogleda sta bila orientacija v prostoru in poiskati sledi oz. znake, ki nakazujejo, da gre za območje opuščene odlagališča. Prvič smo to območje obiskali leta 2016, ko je bilo še popolnoma preraslo. Večinoma je območje prekrival gozd – predvsem južni del odlagališča. Na tem delu smo pod slojem odpadlega drevesnega listja opazili kose usnja (Slika 32). Tla se zaradi izpodkopavanja lignita na pobočju območja lomijo in tako na površje prihajajo kosi odpadnega usnja (Slika 33). Severni del odlagališča, na katerem smo kasneje vzorčili tla za laboratorijsko analizo vzorcev, je bil večinoma prekrit z grmovjem in travo (Slika 34). Odločili smo se, da bomo tudi na tem mestu poskusili preveriti morebitno prisotnost industrijskih odpadkov v tleh, saj smo predvidevali, da bo lažje kopati v globino, ker tla niso preraščena z drevesnimi koreninami in je teren manj strm. Pri poskusnem izkopavanju smo na več lokacijah naleteli na kose odpadnega usnja. Te kose odpadkov je bilo možno najti že na globini pribl. 10 cm pod površjem (Slika 35).

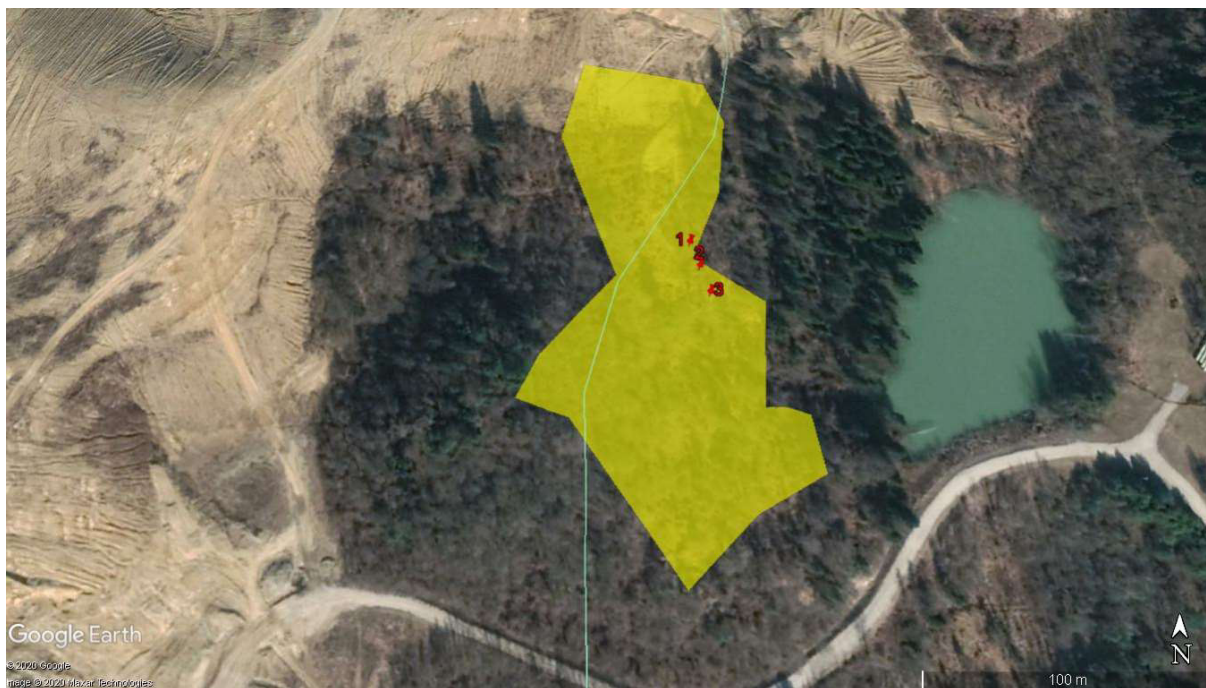
Da bi ugotovili stanje tal z vidika prisotnosti težkih kovin, predvsem kroma, ki so posledica usnjarske dejavnosti, smo na območju opuščene odlagališča Ležen vzorčili tla.

Vzorci tal smo zbrali 18. 7. 2018 v suhem vremenu na izbranih vzorčnih mestih znotraj območja opuščene odlagališča, kjer je bilo mogoče najti kose usnja.

Koordinate izbranih vzorčnih mest smo na terenu določili s pomočjo mobilne aplikacije TerrainGis, in sicer:

- vzorčno mesto 1: 46°23'5,712", 15°4'51,024",
- vzorčno mesto 2: 46°23'5,388", 15°4'51,204",
- vzorčno mesto 3: 46°23'5,028", 15°4'51,384",

kot prikazuje Slika 30.



*Slika 30: Lokacije vzorčnih mest znotraj obravnavanega območja (Avtor po Google Earth, 2020)*

Vsak od treh vzorcev je predstavljal povprečni vzorec tal – v en vzorec smo združili tla, ki so bila enako oddaljena od najdenega kosa odpadnega usnja. Zajemali smo tla pod kosom odpadka. Prvi vzorec predstavljajo tla, zajeta 5 cm pod odpadkom, drugi vzorec tla, 15 cm pod odpadkom, in tretji vzorec tla, 25 cm pod odpadkom. Odvzemna mesta smo določili tako, da smo poiskali tri mesta, na katerih je bil kos odpadka in kjer smo lahko naredili prerez tal. Maksimalna globina posameznega prereza je bila pribl. 50 cm. Globino smo merili z metrom, kot prikazuje Slika 31.



*Slika 31: Prerez tal na enem od izbranih vzorčnih mest (Avtor, 2018)*

Vzorke smo zajemali z leseno žličko in na vsakem vzorčnem mestu zajeli približno enako količino tal in jih dobro premešali v plastični posodi. Vzorke smo nato zapakirali v čiste plastične vrečke, opremili s potrebnimi podatki ter poslali na analizo v izbran laboratorij.

### **5.3. ANALITIKA TAL**

Analizo vzorcev tal so izvedli v laboratoriju podjetja Bureau Veritas Minerals Laboratories, v enoti podjetja v Turčiji. Gre za svetovnega ponudnika raziskovalnih storitev za metalurške in rudarske analize, ki je bil ustanovljen leta 1828. Rezultate laboratorijske analize vzorcev tal po metodi AQ370 smo predstavili v nadaljevanju.

Metoda, imenovana AQ370, je metoda kemične analize vzorca, pri kateri predhodno pripravljene vzorce (presejane, zmlete) razklopijo z zlatotopko in nato izmerijo vsebnost posameznih kemičnih elementov z analizo ICP-ES oz. masno spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo (Petek, 2014). S to metodo v laboratoriju analizirajo rude in grobe vzorce tal – takšni so bili tudi vzorci tal z obravnavanega območja. Bureau Veritas Minerals (2015) navajajo, da metoda AQ370 zagotavlja izredno natančnost odkrivanja posameznih parametrov. Vzorci so bili analizirani na vsebnost naslednjih težkih kovin, ki so predvidene na podlagi izbrane metode: Cr, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Cd, Hg, Mn, Ag, Fe, Sr, Sb, Bi, Ca, P, Mg, Al, Na, K, W, S.

Poročila o kemični analizi vzorcev tal na območju opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen so bila podana v %, zato smo jih zaradi primerljivosti z drugimi podatki nato pretvorili v enoto mg/kg – % smo pomnožili z 10.000. Rezultati laboratorijske analize vzorcev tal so predstavljeni v Preglednica 7.



## 6. REZULTATI RAZISKAVE

### 6.1. TERENSKI OGLED

Teren opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen smo si ogledali večkrat v letih od 2016 do 2019, v različnih letnih časih, kar je razvidno tudi s fotografij, ki sledijo v tem poglavju.

Na južnem delu odlagališča, ki je strm in ga prerašča gozd, je mogoče pod slojem drevesnega opada najti kose odpadnega usnja, kar prikazuje Slika 32.



*Slika 32: Kosi odpadnega usnja neposredno pod drevesnim opadom (Vir: Avtor, 2018)*

To so bile prve indikacije in potrdila, da smo v resnici na območju nekdanjega odlagališča industrijskih odpadkov, Slika 33.



*Slika 33: Kosi odpadnega usnja prihajajo na površje zaradi lomljenja terena (Vir: Avtor, 2018)*



*Slika 34: Severni del območja opuščenega odlagališča, območje vzorčenj tal (Vir: Avtor, 2018)*

Severni del obravnavanega območja je bolj položen in je bil do leta 2017 prerasel z grmovjem in travo. Na tem delu sicer nismo takoj opazili odpadkov v tleh, zato smo želeli območje preveriti z izkopavanjem. Talni profili vzorčenja so bili po površini veliki pribl. 50 cm × 50 cm, tudi v globino do 50 cm. Pri izkopavanju na naključno izbranih lokacijah smo našli kose odpadnega usnja (Slika 36) pribl. 10 cm pod površjem (Slika 35) in so segali do globine 50 cm, kolikor globoko smo kopali (Slika 31).



*Slika 35: Vzorčno mesto 1 – vidni kosi usnja, pomešani v tla (Avtor, 2018)*



*Slika 36: Kos odpadnega usnja, ki smo ga našli v tleh obravnavanega območja (Vir: Avtor, 2018)*

Pri ogledu obravnavanega območja in vzorčenju tal smo ugotovili, da je usnjarske odpadke mogoče najti na površini tal in neurejeno odložene, pomešane v tla (Slika 32; Slika 33; Slika 35).



*Slika 37: Območje zahodno od obravnavanega območja – vidna prisotnost vodne erozije tal (Vir: Avtor, oktober 2019)*

Slika 37 prikazuje sledi vodne erozije tal na pobočju hriba, ki se razprostira zahodno in jugozahodno od obravnavanega območja. Gre za območje, na katerem je bila odstranjena vegetacija, zdaj pa so se začele naseljevati različne vrste trav in plevelov. Na Slika 37 je viden nagib terena, ki gravitira proti Družmirskemu jezeru. Glede na položaj, s katerega je posneta fotografija (Slika 37), je opuščeno odlagališče industrijskih odpadkov nekoliko višje.

**Kot bistveno ugotovitev pri pregledu območja poudarjamo naslednje:** območje odlagališča leži na pobočju hriba; na podlagi ogleda terena, na podlagi sloja LiDAR (Slika 3) in na podlagi analize profilov površja širšega obravnavanega območja, ki so prikazani na Slika 5, Slika 6, Slika 7 in Slika 8, bi lahko sklepali, da padavinske vode s tega območja odtekajo proti Velenjskemu jezeru. Leta 2017 je bil na površini zahodno od območja opuščene odlagališča v celoti odstranjen gozd in vrhnji sloj tal, kar je lahko pospešilo površinski odtok, saj zadrževalne funkcije gozda ni več (Slika 27). Gozdno rastlinstvo je bilo odstranjeno tudi na severnem delu obravnavanega območja. Zaradi nagiba tal in neporaščene površine bi bilo smiselno spremljati podvrženost območja vodni eroziji tal in s tem izpiranju hranil v tleh v omenjena vodna telesa v bližini. Vodno erozijo tal smo opazili na skrajnem severnem delu obravnavanega območja (Slika 34) in na območju zahodno in jugozahodno od obravnavanega območja (Slika 25 in Slika 37).

## 6.2. VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V TLEH OPUŠČENEGA INDUSTRIJSKEGA ODLAGALIŠČA LEŽEN

### 6.2.1. Obdelava podatkov

*Preglednica 7: Vrednosti onesnaževal v tleh obravnavanega območja (Vir: BVM, 2018)*

| Parameter | Vrednost po metodi AQ370 (mg/kg) |          |          |
|-----------|----------------------------------|----------|----------|
|           | Vzorec 1                         | Vzorec 2 | Vzorec 3 |
| Cr        | 2540                             | 1640     | 2020     |
| Mo        | < 10                             | < 10     | < 10     |
| Cu        | 30                               | 30       | 30       |
| Pb        | < 100                            | < 100    | < 100    |
| Zn        | < 100                            | < 100    | < 100    |
| Ni        | 40                               | 50       | 40       |
| Co        | 20                               | 20       | 20       |
| As        | < 100                            | < 100    | < 100    |
| Cd        | < 10                             | < 10     | < 10     |
| Hg        | < 10                             | < 10     | < 10     |
| Mn        | 400                              | 400      | 400      |
| Ag        | < 2                              | < 2      | < 2      |
| Fe        | 38500                            | 43900    | 37000    |
| Sr        | 30                               | 20       | 20       |
| Sb        | < 10                             | < 10     | < 10     |
| Bi        | < 100                            | < 100    | < 100    |
| Ca        | 9600                             | 18900    | 25100    |
| P         | 510                              | 590      | 540      |
| Mg        | 9600                             | 17500    | 18700    |
| Al        | 20100                            | 20400    | 18200    |
| Na        | 400                              | 200      | 300      |
| K         | 3200                             | 2500     | 2300     |
| W         | < 10                             | < 10     | < 10     |
| S         | 500                              | < 500    | < 500    |

V Preglednica 7 so podani rezultati laboratorijske analize vzorcev tal in vrednost težkih kovin v tleh na obravnavanem območju. Podatki so podani v enoti mg/kg suhih tal. Vrednosti, ki so pod mejo zaznave po izbrani metodi analize, so podane kot »< od določene vrednosti«.

Preglednica 8: Povprečne vrednosti onesnaževal v tleh z obravnavanega območja v mg/kg

| Parameter | Vrednost po metodi AQ370 (mg/kg) | Parameter | Vrednost po metodi AQ370 (mg/kg) |
|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Cr        | 2.067                            | Fe        | 39.800                           |
| Mo        | < 10                             | Sr        | 23                               |
| Cu        | 30                               | Sb        | < 10                             |
| Pb        | < 100                            | Bi        | < 100                            |
| Zn        | < 100                            | Ca        | 17.867                           |
| Ni        | 43                               | P         | 547                              |
| Co        | 20                               | Mg        | 15.267                           |
| As        | < 100                            | Al        | 19.567                           |
| Cd        | < 10                             | Na        | 300                              |
| Hg        | <10                              | K         | 2.667                            |
| Mn        | 400                              | W         | < 10                             |
| Ag        | < 2                              | S         | < 500                            |

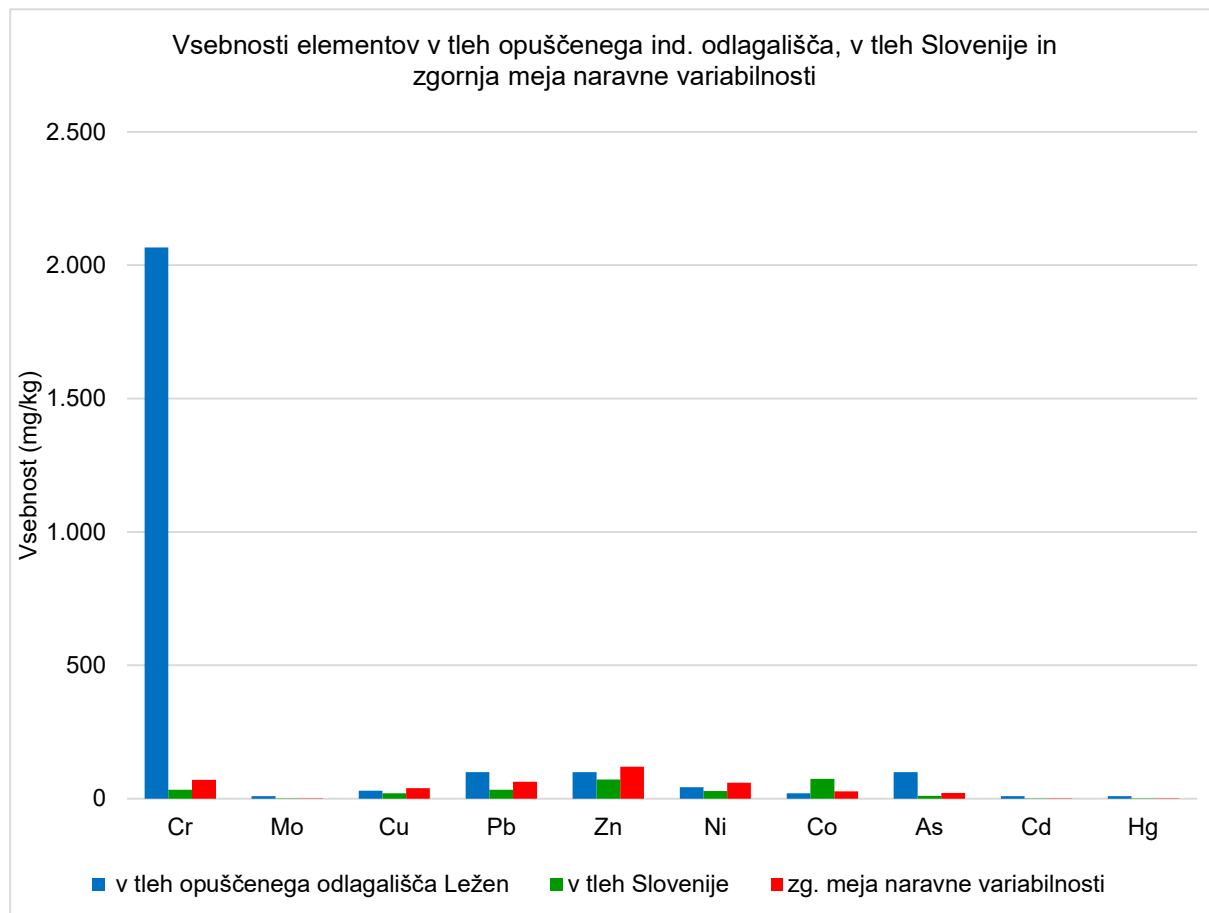
V Preglednica 8 so prikazane povprečne vrednosti težkih kovin v tleh opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen v enoti mg/kg. Izračunane so kot aritmetična sredina vrednosti v vseh treh vzorcih tal.

### 6.2.2. Primerjava vsebnosti izbranih težkih kovin v tleh opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen z vsebnostmi v tleh Slovenije in z zgornjo mejo naravne variabilnosti

Preglednica 9: Vsebnosti izbranih elementov v tleh Slovenije in v tleh opuščenega odlagališča Ležen v primerjavi z zgornjo mejo naravne variabilnosti in slovensko veljavno zakonodajo (Vir: Avtor po Reimann idr., 2017 in Gosar idr., 2017)

| Element | Povprečna vsebnost (mg/kg)          |                  | Zgornja meja naravne variabilnosti (mg/kg) |
|---------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|
|         | v tleh opuščenega odlagališča Ležen | v tleh Slovenije |                                            |
| Cr      | 2.067                               | 34               | 71                                         |
| Mo      | < 10                                | 0,72             | 1,7                                        |
| Cu      | 30                                  | 20               | 40                                         |
| Pb      | < 100                               | 34               | 64                                         |
| Zn      | < 100                               | 72               | 120                                        |
| Ni      | 43                                  | 29               | 60                                         |
| Co      | 20                                  | 74               | 28                                         |
| As      | < 100                               | 11               | 22                                         |
| Cd      | < 10                                | 0,47             | 1,3                                        |
| Hg      | < 10                                | 0,11             | 0,24                                       |

V Preglednica 9 so podani podatki o povprečni vsebnosti izbranih težkih kovin v zgornji plasti tal Slovenije, v tleh opuščenega industrijskega odlagališča Ležen in zgornja meja naravne variabilnosti. Vsi podatki so podani v mg/kg suhih tal. V nadaljevanju prikazujemo primerjavo v grafični obliki.



Graf 2: Vsebnosti elementov v tleh opuščenega industrijskega odlagališča, v tleh Slovenije in zgornja meja naravne variabilnosti v mg/kg

Če primerjamo vsebnosti analiziranih težkih kovin v tleh opuščenega industrijskega odlagališča Ležen s povprečnimi vsebnostmi, ki so značilne za slovenska tla, in z zgornjo mejo naravne variabilnosti na podlagi Preglednica 9 in Graf 2, izstopa krom.

Vsebnost kroma v tleh opuščenega industrijskega odlagališča Ležen znaša 2.067 mg/kg in tako povprečno vsebnost v tleh Slovenije presega za 61-krat in zgornjo mejo naravne variabilnosti za 29-krat.

Vsebnost molibdena v analiziranih tleh znaša < 10 mg/kg in na podlagi tega podatka ne presega povprečne vsebnosti v tleh Slovenije in zgornje meje naravne variabilnosti. Enako bi lahko interpretirali vsebnosti svinca v tleh opuščenega industrijskega odlagališča: < 100 mg/kg, cink: < 100 mg/kg, arzen: < 100 mg/kg, kadmij: < 10 mg/kg in živo srebro: < 2 mg/kg. Ker laboratorijski podatki za te elemente niso podani natančno oz. so pod mejo zaznave, vsebnosti teh kovin bolj natančno ne moremo opredeliti in primerjati.

Vsebnost bakra v tleh opuščenega industrijskega odlagališča znaša 30 mg/kg in je tako 1,5-krat večja od povprečne vsebnosti v slovenskih tleh in ne presega zgornje meje naravne variabilnosti, ki je določena pri 40 mg/kg.

Vsebnost niklja v tleh opuščenega industrijskega odlagališča znaša 43 mg/kg in je 1,5-krat večja od povprečne vsebnosti v slovenskih tleh in ne presega zgornje meje naravne variabilnosti, ki znaša 60 mg/kg.

Vsebnost kobalta v tleh opuščenega industrijskega odlagališča znaša 20 mg/kg in je 3,7-krat manjša kot povprečna vsebnost v tleh Slovenije, 74 mg/kg, in ne presega meje naravne variabilnosti 28 mg/kg.

Za vse analizirane elemente je značilno, da so njihove povprečne vsebnosti v tleh Slovenije manjše od zgornje meje variabilnosti, izjema pri tem je le kobalt, pri katerem povprečna vsebnost v tleh Slovenije zgornjo mejo naravne variabilnosti presega za 2,6-krat.

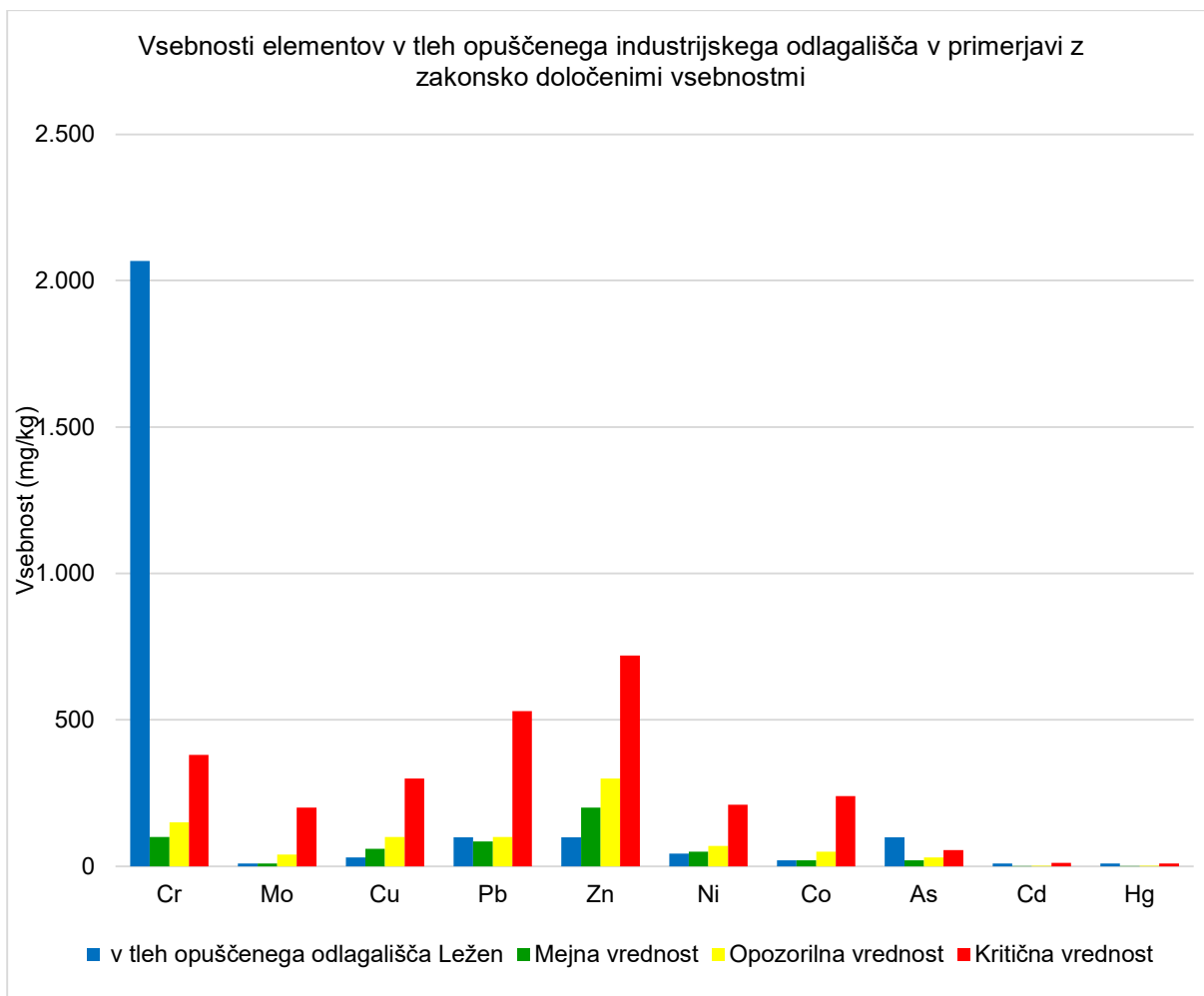
### 6.2.3. Primerjava vsebnosti izbranih težkih kovin v tleh opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen s slovensko veljavno zakonodajo

Preglednica 10: Vsebnosti izbranih elementov v tleh opuščenega odlagališča Ležen v primerjavi s slovensko veljavno zakonodajo (Vir: Avtor po Ur. l. RS, št.)

| Element | Povprečna vsebnost (mg/kg)          | Vrednosti po Uredbi (Ur. l. RS, št. 68/1996) (mg/kg) |                     |                   |
|---------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
|         | v tleh opuščenega odlagališča Ležen | mejna vrednost                                       | opozorilna vrednost | kritična vrednost |
| Cr      | 2.067                               | 100                                                  | 150                 | 380               |
| Mo      | < 10                                | 10                                                   | 40                  | 200               |
| Cu      | 30                                  | 60                                                   | 100                 | 300               |
| Pb      | < 100                               | 85                                                   | 100                 | 530               |
| Zn      | < 100                               | 200                                                  | 300                 | 720               |
| Ni      | 43                                  | 50                                                   | 70                  | 210               |
| Co      | 20                                  | 20                                                   | 50                  | 240               |
| As      | < 100                               | 20                                                   | 30                  | 55                |
| Cd      | < 10                                | 1                                                    | 2                   | 12                |
| Hg      | < 10                                | 0,8                                                  | 2                   | 10                |

V Preglednica 10 so podani podatki o povprečni vsebnosti izbranih težkih kovin v tleh opuščenega industrijskega odlagališča Ležen in zakonsko določene vrednosti po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v tleh (Ur. l. RS, št. 68/1996). Vsi podatki so podani v mg/kg suhih tal. V nadaljevanju prikazujemo primerjavo v grafični obliki.





Graf 3: Vsebnosti elementov v tleh opuščenega industrijskega odlagališča in zakonsko določene vsebnosti (Ur. l. RS, št. 68/1996) – mejna, opozorilna in kritična vrednost v mg/kg

Uredba (Ur. l. RS, št. 68/1996) onesnaženost tal s težkimi kovinami opredeljuje s tremi stopnjami, in sicer:

- Mejna imisijska vrednost: je gostota posamezne nevarne snovi v tleh nad imisijsko, a pod opozorilno vrednostjo in predstavlja obremenitev tal, ki zagotavlja življenjske razmere za rastline in živali in pri katerih se ne poslabšujeta kakovost podtalnice in rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še sprejemljivi.
- Opozorilna imisijska vrednost: nad to vrednostjo je gostota posamezne nevarne snovi v tleh takšna, da je lahko pri določenih vrstah rabe tal večja verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje.
- Kritična imisijska vrednost: tla, v katerih gostota posamezne nevarne snovi presega kritično imisijsko vrednost, so zaradi možnih škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje tako onesnažena, da niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali, ter za zadrževanje ali filtriranje vode.

Na podlagi primerjave vsebnosti izbranih težkih kovin v tleh opuščenega industrijskega odlagališča Ležen z mejnimi, opozorilnimi in kritičnimi vrednostmi po veljavni slovenski zakonodaji, Uredba (Ur. l. RS, št. 68/1996) na podlagi Preglednica 10 in Graf 3, izstopa krom.

Vsebnost kroma, ki znaša 2.067 mg/kg, presega mejno vrednost 100 mg/kg, opozorilno vrednost 150 mg/kg in tudi določeno kritično vrednost 380 mg/kg. Tako vsebnost kroma presega kritično imisijsko vrednost po zakonodaji za 5,44-krat.

Vsebnost molibdena je pod mejo zaznave, < 10 mg/kg, in ne presega določene mejne vrednosti 10 mg/kg, niti opozorilne vrednosti 40 mg/kg in kritične vrednosti 200 mg/kg po zakonodaji.

Vsebnost svinca je pod mejo zaznave, < 100 mg/kg, in ne presega določene mejne vrednosti 85 mg/kg, opozorilne vrednosti 100 mg/kg in kritične vrednosti 530 mg/kg po zakonodaji oz. vsebnost težko opredelimo zaradi nenatančnega podatka.

Vsebnost cinka je pod mejo zaznave, < 100 mg/kg, in ne presega določene mejne vrednosti 200 mg/kg, niti opozorilne vrednosti 300 mg/kg in kritične vrednosti 720 mg/kg po zakonodaji.

Vsebnost arzena je pod mejo zaznave, < 100 mg/kg, in jo težko primerjamo z določeno mejno vrednostjo 20 mg/kg, opozorilno vrednostjo 30 mg/kg in kritično vrednostjo 55 mg/kg po zakonodaji oz. vsebnost težko opredelimo zaradi nenatančnega podatka in ozkega razpona med vrednostmi po zakonodaji.

Vsebnost kadmija je pod mejo zaznave, < 10 mg/kg, in ne presega določene kritične vrednosti 12 mg/kg po zakonodaji. Vsebnost kadmija težko primerjamo z mejno vrednostjo 1 mg/kg in opozorilno vrednostjo 2 mg/kg po zakonodaji zaradi nenatančnega podatka.

Vsebnost živega srebra je pod mejo zaznave, < 10 mg/kg, in jo težko primerjamo z določen mejno vrednostjo 0,8 mg/kg, opozorilno vrednostjo 2 mg/kg, hkrati pa ne presega kritične vrednosti 10 mg/kg po zakonodaji.

Vsebnost bakra znaša 30 mg/kg in ne presega mejne vrednosti 60 mg/kg, niti opozorilne vrednosti 100 mg/kg in kritične vrednosti 300 mg/kg po zakonodaji.

Vsebnost niklja znaša 43 mg/kg in ne presega mejne vrednosti 50 mg/kg, niti opozorilne vrednosti 70 mg/kg in kritične vrednosti 210 mg/kg po zakonodaji.

Vsebnost kobalta znaša 20 mg/kg in ne presega mejne vrednosti 20 mg/kg, niti opozorilne vrednosti 50 mg/kg in kritične vrednosti 240 mg/kg po zakonodaji.

### **6.3. PREGLED ARHIVSKE DOKUMENTACIJE OPUŠČENEGA INDUSTRIJSKEGA ODLAGALIŠČA LEŽEN**

Odlagališče industrijskih odpadkov v Ležnu (slika) je nastalo leta 1980 zaradi potreb Tovarne usnja Šoštanj. Lokacija odlagališča je bila izbrana zunaj rušnega območja na severnem delu doline nad Velenjskim jezerom med vtokom Sopote in podaljškom nasipa iz pepela. Izbrana lokacija je na območju, na katerem prevladujejo neprepustni glineni materiali. Zaradi sosednjega rušnega območja je bilo predvideno, da se bo območje z odloženimi odpadki samo deloma posedalo (Planteu, 1988).

Industrijske odpadke so na to odlagališče odlagali do sredine leta 1986. Način deponiranja je bil v kasetah, ki so druga zraven druge. V glineni material so izkopali posamezne kasete, jih napolnili z industrijskimi odpadki in prekriili z glinenim materialom. Okoli odlagališča je bila zgrajena ograja, ki je omejevala deponijski prostor.

Območje odlagališča gravitira proti Velenjskemu jezeru, tako se površinske in drenažne vode stekajo v tej smeri. Odlagališče nima urejenega odvajanja izcednih voda, zato je vpliv

na okolje oz. vodo v jezeru zelo težko oceniti. Na podlagi analiz vode na območju med pepelovodom in Sopoto v jezeru niso opazili vpliva izcednih vod na kakovost vode v jezeru.

Na odlagališče so odlagali industrijske odpadke iz treh podjetij, in sicer:

- Tovarne gospodinjske opreme (TGO), danes Gorenje gospodinjski aparati, d. o. o.,
- TUŠ – Tovarna usnja Šoštanj,
- VEPLAS, predelava plastičnih materialov, danes VEPLAS Group, d. d.

Ta podjetja so tudi investirala v to odlagališče. Podjetje VEKOS je za vsa podjetja tehnično izvajalo odlaganje odpadkov, prekrivanje z glinenim materialom in evidentiralo odložene količine in sestavo odpadkov.

V času odlaganja so omenjena podjetja v Ležnu skupaj odložila okoli 10.000 m<sup>3</sup> odpadkov na prostoru v velikosti okoli 5.000 m<sup>2</sup>.

Potencialno bi lahko na okolje škodljivo vplivale naslednje snovi v odpadkih: krom, sulfid, amonijak, svinec, baker, arzen, fenoli in ostanki topil, vendar so bile na podlagi rezultatov analiz v mejah normale.

Preglednica 11 Preglednica 11 prikazuje količine pripeljanih odpadkov iz posameznih podjetij v letih od 1980 do 1986.

*Preglednica 11: Količine odloženih odpadkov v Ležnu po letih iz posameznih podjetij (Vir: Planteu, 1988).*

| Leto   | Količine odpadkov v m <sup>3</sup> |         |        |
|--------|------------------------------------|---------|--------|
|        | TGO                                | TUŠ     | VEPLAS |
| 1980   | 106                                | 803     | 12     |
| 1981   | 532                                | 1.204   | 0      |
| 1982   | 556                                | 684     | 26     |
| 1983   | 554                                | 1.634   | 44     |
| 1984   | 640                                | 971     | 0      |
| 1985   | 600                                | 955     | 0      |
| 1986   | 0                                  | 420     | 0      |
| skupaj | 2.988                              | 6.671   | 82     |
|        | 30,68 %                            | 68,48 % | 0,84 % |

Iz Preglednica 11 je razvidno, da je največ odpadkov v sedmih letih prispevala Tovarna usnja Šoštanj, 6.671 m<sup>3</sup> oz. 68,48 %. Podjetje TGO je odložilo 2.988 m<sup>3</sup> oz. 30,68 % in podjetje Veplas 82 m<sup>3</sup> oz. 0,84 %. Skupaj je na odlagališču v Ležnu zakopanih 9.741 m<sup>3</sup> industrijskih odpadkov.

Po poročilih podjetja VEKOS so iz Tovarne usnja Šoštanj na odlagališče odvažali industrijske odpadke z nazivom »goveja mezdra« in »kromove strugotine«.

»Goveja mezdra« je odpadek organskega izvora, ki nastaja pri posnemanju govejih kož po mesni (notranji) strani. Je želatinastega videza, blede sive barve in rahlo neprijetnega vonja. Pred posnemanjem govejih kož po notranji strani te izperejo z vodo, obdelajo z natrijevim sulfidom ter apnom in toliko izperejo z vodo, da niso več alkalne. Sestava industrijskega odpadka »goveja mezdra« je podana v Preglednica 12.

Preglednica 12: Sestava »goveje mezdre« (Vir: Planteu, 1988)

| Parameter                               | Vrednost parametra |
|-----------------------------------------|--------------------|
| vlaga (voda)                            | 75,0 %             |
| organska snov                           | 21,8 %             |
| maščoba                                 | 1,0 %              |
| kožna snov                              | 20,7 %             |
| apno kot CaO                            | 0,5 %              |
| natrijev sulfid                         | v sledovih         |
| krom kot Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ni prisoten        |
| kislost                                 | pH 10,3 %          |

Na podlagi rezultatov analiz je bilo ugotovljeno (razvidno tudi iz Preglednica 12), da je »goveja mezdra« vsebovala velik delež vode, 75,0 %, in ne strupenih snovi.

»Kromove strugotine« nastajajo pri struganju s kromovimi solmi ustrojenega usnja. Industrijski odpadki »kromove strugotine« vsebuje okoli 60 % vlage (vode), 1,4 % trivalentnega kroma, vezanega na kolagen, preostalo je kolagen. Iz strugotin se z vodo v manjši meri izpirajo proste enobazne kisline, zato je pH-vrednost vodnega ekstrakta med 4 in 5. Krom je v oksidacijskem številu Cr<sup>3+</sup> in je v vodi netopen. Kolagen je stabiliziran s kromom. Ta odpadki ne vsebuje vodotopnih snovi, ki se prištevajo med strupene snovi (Planteu, 1988).

Kemično analizo vzorcev industrijskih odpadkov in oceno vplivov izcednih vod na vodne ekosisteme je leta 1986 opravil Zdravstveni center Celje (Zavod za socialno medicino in higieno). Na podlagi bioloških in kemičnih analiz industrijskih odpadkov je podal mnenje, da je odpadka »mezdra« in »strugotina« možno odlagati na komunalna odlagališča, vendar je treba preprečiti izlivanje izcednih vod z odlagališča v stoječe vode in naravne vodotoke. Izcedne vode iz tovrstnih odpadkov so izjemno biološko obremenjene, ker je njihova razgradljivost zelo dobra. Te odpadke je možno odlagati na odlagališču Ležen, vendar pod pogojem, da se prepreči precejanje padavinskih ali zalednih vod skozi odlagališče. Predlagali so, da se odpadki odlagajo v slojih in se sproti pokrivajo z neprepustnim glinenim materialom. Odlagališče mora biti obdano z jarkom, ki preprečuje dostop padavinskih vod do njega, na čelu pa mora biti vgrajen prestrezni bazen za lovljenje meteornih vod, ki se precejajo skozi odlagališče. Nadzirati je treba kemično sestavo izcednih vod in izdelati postopek za nevtralizacijo oz. razstrupitev izcednih vod pred izpustom v kanalizacijo.

Leta 1986 je potekla pogodba o začasnem odlaganju industrijskih odpadkov v Ležnu. S tem so odlaganje odpadkov zaključili. Na podlagi dopisa podjetja VEKOS so teren izravnali in industrijske odpadke prekrili s povprečno 1 m tal. Da bi preprečili nadaljnje odlaganje odpadkov na to odlagališče, so cesto prekopal (Planteu, 1988).

Pri pregledu arhivske dokumentacije opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen smo ugotovili precej neskladij med navedbami v njej in dejanskim stanjem na terenu, in sicer kot je prikazana primerjava v Preglednica 13.

Preglednica 13: Primerjava navedb v arhivski dokumentaciji opuščenega odlagališča in ugotovitev dejanskega stanja na terenu (Vir: Avtor po Planteu, 1988)

| Navedbe v arhivski dokumentaciji                                                                                                     | Ugotovitve pri pregledu območja                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V glineni material so izkopali kasete, eno zraven druge, ki so jih napolnjene z odpadki prekrili z glinenim materialom.              | Odpadki so na površini tal, pod drevesnim opadom; pri izkopu smo jih našli na globini pribl. 10 cm pod površjem, vse do globine pribl. 50 cm, kolikor globok izkop smo se odločili narediti. |
| Iz Tovarne usnja Šoštanj so se odlagali odpadki z nazivom »goveja mezdra« in »kromove strugotine«.                                   | Na območju odlagališča je možno najti predvsem kose usnja različnih barv (siva, rjava, rumena).                                                                                              |
| »Goveja mezdra« ne vsebuje kroma, »kromove strugotine« pa vsebujejo trivalentni krom, ki je v vodi netopen.                          | Kemijska analiza vzorcev tal je pokazala povečane vsebnosti kroma v tleh na vseh vzorčevalnih mestih obravnavanega območja.                                                                  |
| Po priporočilu Zdravstvenega centra Celje bi bilo treba preprečiti precejanje padavinskih ali zalednih vod skozi odlagališče.        | Precejanje padavinskih in zalednih vod, ki jih sicer nismo našli, je nemogoče preprečiti, saj odpadki niso prekriti z neprepustnim materialom.                                               |
| Po priporočilu Zdravstvenega centra Celje bi moralo biti odlagališče obdano z jarkom, ki preprečuje dostop padavinskih vod do njega. | Na terenu nismo opazili jarka, ki bi obdajal območje odlagališča.                                                                                                                            |
| Ob zaprtju odlagališča so teren izravnali in odpadke prekrili z nasutjem povprečne debeline 1 m.                                     | Odpadki so nekontrolirano na površju in nasutja materiala debeline 1 m nismo opazili.                                                                                                        |

Opuščeno odlagališče nima urejenega odvajanja izcednih voda, zato je, kot navaja Planteu (1988), težko oceniti njihov vpliv na vodna telesa v bližini.

## 7. RAZPRAVA IN SKLEPI

### 7.1. POMANJKLJIVA ZAKONODAJA V PRETEKLOSTI

Pri pregledu zakonodaje s področja varstva okolja smo ugotovili, da je bila v času odlaganja odpadkov na odlagališče Ležen, v letih od 1980 do 1986, precej ohlapna. Vsi veljavni pravni predpisi, ki bi jih bilo treba upoštevati pri odlaganju industrijskih odpadkov v tla, so mlajši od odlagališča. Krovni zakon s področja varstva okolja, Zakon o varstvu okolja, izhaja iz leta 1993, drugi predpisi so še mlajši. Slovenija je začela zakonodaji Evropske unije slediti z vstopom v Unijo, po letu 2004. V času odlaganja odpadkov je bil v veljavi le Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastajajo v usnjarski in usnjarskopredelovalni industriji (Ur. l. SRS, št. 5/1983). Zaradi tega je takratno ravnanje z odpadki težko neposredno primerjati z zahtevami sodobne zakonodaje, ki je bolj obsežna, natančna in stroga.

### 7.2. TERENSKI OGLED

Opazili smo razhajanja med navedbami v arhivski dokumentaciji opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen in ugotovitvami ob terenskem pregledu. Kot je razvidno s fotografij obravnavanega območja, so kosi odpadnega usnja neposredno pod drevesnim opadom (Slika 32), kjer je območje preraslo z gozdnim drevjem, ali prihajajo na površje zaradi ugrezanja in lomljenja površja (Slika 33), možno pa jih je bilo najti tudi že na globini pribl. 10 cm pod površjem na delu odlagališča, ki je prerasel s travo oz. kjer smo vzorčili tla za kasnejšo laboratorijsko analizo tal (Slika 31; Slika 35). Po navedbah Planteu (1988) naj bi bile v glineni material izkopane kasete druga zraven druge, napolnjene z odpadki in prekrte z glinenim materialom. Ob zaprtju odlagališča naj bi odpadke prekrili z nasutjem debeline pribl. en meter, česar na podlagi terenskega preverjanja ne moremo potrditi. Nikjer na terenu nismo opazili, da so odpadke odlagali v kasete; gre za poimenovanje načina izkopa v tleh in ne za materialne kasete. V dokumentaciji je navedeno, da so iz Tovarne usnja Šoštanj na to odlagališče odlagali odpadke »goveja mezdra«, ki ne vsebujejo kroma, in »kromove strugotine«, ki vsebujejo le trivalentni krom, netopen v vodi. Odlaganja odpadnih kosov usnja, o katerih pričajo fotografije s terena (Slika 36), arhivska dokumentacija ne omenja. Z vzorčenjem pod posameznim kosom odpadnega usnja smo z laboratorijsko analizo vendar lahko dokazali, da se krom premešča iz odpadkov v tla. Po priporočilu Zdravstvenega centra Celje bi bilo treba preprečiti precejanje padavinskih ali zalednih vod skozi odlagališče, kar pa ni mogoče, saj kosi odpadkov niso prekriti z neprepustnim glinenim materialom. Prav tako bi moralo biti po priporočilih odlagališče obdano z jarkom, ki bi preprečeval dostop padavinskih vod do njega. Da omenjeni jarek ni bil urejen, ne moremo zagotovo trditi, vendar nikjer na terenu nismo opazili kakšnega jarka okrog opuščenega odlagališča. Da bi lahko ta opažanja potrdili z večjo gotovostjo, bi bilo smiselno posamezna področja razhajanj med dokumentacijo in ugotovljenim dejanskim stanjem preveriti z natančnim pregledom na še več lokacijah.

Planteu (1988) v arhivski dokumentaciji navaja, da opuščeno odlagališče Ležen nima urejenega odvajanja izcednih voda, zato je težko oceniti njihov vpliv na vodna telesa v bližini. Ker sta območje odlagališča in tudi širše območje na neprepustni glineno-meljasti podlagi, lahko sklepamo, da se bodo onesnažila, ki se izpirajo z območja odlagališča, premeščala po površju. Ker je območje odlagališča na hribu in gravitira proti Velenjskemu jezeru, lahko sklepamo, da se vode z obravnavanega območja verjetno stekajo v to jezero, saj se površina jezera povečuje, kar je prikazano s kronološkim pregledom rabe tal obravnavanega območja (Slika 15; Slika 16; Slika 17; Slika 18; Slika 19; Slika 20; Slika 21; Slika 22; Slika 23; Slika 24; Slika 25; Slika 27). Skupaj z meteornimi in izcednimi vodami s tega območja se tja premeščajo tudi onesnažila iz tal. Ker se na območju okoli Velenjskega jezera razvija turizem in je voda namenjena kopanju, bi bilo z vidika varovanja zdravja ljudi smiselno preveriti parametre vode v Velenjskem jezeru kot kopalne vode. Voda iz tega jezera se izliva v reko Pako, ki je potencialno lahko prav tako obremenjena s kromom.

Ključna razhajanja med ugotovitvami na terenu in zapisi v arhivski dokumentaciji opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen (Planteu, 1988) so naslednja:

- V glineni material naj bi izkopali kasete, jih napolnili z odpadki in prekrili z glinenim materialom. Kosi odpadnega usnja so dejansko na površini tal, pod drevesnim opadom oz. pomešani v tla do globine pribl. 50 cm.
- Tovarna usnja Šoštanj je, po evidencah, odlagala na to odlagališče le »govejo mezdro« in »kromove strugotine«. Na terenu smo našli le kose odpadnega usnja različnih barv.
- Po podatkih v arhivski dokumentaciji »goveja mezdra« ne vsebuje kroma, »kromove strugotine« pa vsebujejo trivalentni krom, ki je v vodi netopen. Kemična analiza vzorcev tal z območja odlagališča je pokazala povečane vsebnosti kroma v tleh.
- Arhivska dokumentacija vključuje priporočilo Zdravstvenega centra Celje, ki navaja, da bi bilo treba preprečiti precejanje padavinskih ali zalednih vod skozi odlagališče. Tega priporočila pri urejanju odlagališča niso upoštevali, saj odpadki niso prekriti z neprepustnim materialom in dostop padavinskih in zalednih vod do njih ni preprečen.
- Prav tako naj bi bilo po priporočilu Zdravstvenega centra Celje odlagališče obdano z jarkom, ki preprečuje dostop padavinskih vod do njega. Takšnega jarka na terenu nismo opazili.
- Ob zaprtju odlagališča naj bi odpadke prekrili z nasutjem debeline pribl. 1 m. Dejansko smo odpadke lahko našli na površini tal, nasutja pa nismo opazili.

### 7.3. ONESNAŽENOST TAL NA OBRAVNAVANEM OBMOČJU

Opozoriti bi želeli na rezultate laboratorijske analize vzorcev tal s tega območja, ki potrjujejo premeščanje onesnažil z odpadkov v tla. Na podlagi tega lahko trdimo, da je stanje tal z vidika onesnaženosti s kromom na obravnavanem območju neugodno. Če primerjamo vsebnosti kroma v tleh obravnavanega območja z vsebnostmi, ki jih predvideva slovenska aktualna zakonodaja, krom v tleh opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen presega tudi kritično vrednost po Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih onesnažil v tleh (Graf 3) za 5,44-krat (Preglednica 10). Vsebnost kroma v tleh opuščenega industrijskega odlagališča Ležen znaša 2.067 mg/kg in tako presega povprečno vsebnost v tleh Slovenije za 61-krat in zgornjo mejo naravne variabilnosti za 29-krat.

Da je stanje tal na obravnavanem območju neugodno, že vizualno moteče zaradi kosov odpadkov v tleh, smo ugotovili pri pregledu območja pred vzorčenjem tal. Na južnem delu območja opuščenega odlagališča je bilo mogoče najti odpadne kose usnja neposredno pod drevesnim opadom oz. že nekaj cm pod površjem in vse do globine pribl. 50 cm, kolikor globok je bil izkop. Stanje tal je slabo tudi z vidika obremenjenosti s kromom, katerega značilni vir je usnjarska dejavnost. Laboratorijska analiza vzorcev tal z obravnavanega območja je pokazala, da vsebnost kroma v tleh znaša 2.067 mg/kg in presega povprečno vsebnost v tleh Slovenije, 34 mg/kg, za 61-krat, zgornjo mejo naravne variabilnosti, 71 mg/kg, za 29-krat in določeno kritično vrednost, 380 mg/kg, za 5,44-krat.

Sklepamo lahko, da bo tok meteornih vod po površini usmerjen skozi območje odlagališča proti Velenjskemu jezeru zaradi nagiba terena (Slika 3, Slika 5, Slika 6, Slika 7, Slika 8). Skrb vzbujajoče je, da so gozdno površino okrog opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov v zadnjih treh letih zelo skrčili in ne vemo zagotovo, ali je v načrtu odstraniti tudi gozdno vegetacijo na odlagališču, zaradi česar bi bilo premeščanje onesnažil na druga mesta po površju in v vodna telesa še intenzivnejše. Na delu Velenjskega jezera se intenzivno razvija kopalni turizem. Z vidika varnosti bi veljalo preveriti vsebnost kroma v jezeru in oceniti možne negativne vplive s kromom obremenjene kopalne vode na zdravje ljudi.

V zvezi z odstranjevanjem gozdne površine bi želeli opozoriti tudi na potencialno nevarnost pojava talne erozije. Psevdoglejna tla, ki so značilna za to območje, so zaradi svoje vodoneprepustne lastnosti bolj podvržena eroziji kot večina drugih vrst tal. Vodno erozijo tal smo opazili na območju z odstranjeno gozdno vegetacijo (Slika 37) in na skrajnem severnem delu območja opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen (Slika 34).

#### 7.4. SPREMEMBA RABE TAL

Rabo tal smo analizirali na širšem obravnavanem območju, ki meri pribl. 650 ha. Pregled dostopnih letalskih posnetkov na portalu PISO od leta 1972 do 2019 (Slika 15, Slika 16, Slika 17, Slika 18, Slika 19, Slika 20, Slika 21, Slika 22, Slika 23, Slika 24, Slika 25, Slika 27) kaže precej dinamično spreminjanje pokrovnosti površja in posledično rabe tal, ki smo jo prikazali na podlagi kart CLC s portala Atlas okolja. Omeniti velja, da je celotno širše obravnavano območje, Leženski hrib, znotraj pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje, d. d. Posledično so na tem območju dejavnosti omejene, s tem je povezana tudi raba tal. Analiza trenda rabe tal, v kateri smo primerjali deleže posameznih kategorij rabe tal med letoma 1995 in 2018, kaže neugodne spremembe z vidika izgub gozdnih in kmetijskih površin. V obravnavanem časovnem obdobju se je delež površin vodnih teles povečal za 54,88 %, kar je posledica povečanja površine Velenjskega in Družmirskega jezera, ter delež površine odlagališč za 24,01 %, predvsem na račun zmanjšanja deleža gozdnih površin za 29,43 % in kmetijskih površin za 26,55 %. Z vidika obravnavane teme je zmanjševanje deleža gozdnih in kmetijskih površin neugodno, saj ta preprečujejo erozijo tal in s tem premeščanje onesnažil v tleh.

#### Ukrepi

Na podlagi kronološkega pregleda rabe tal na tem območju in glede na ugotovljena dejstva o obremenjenosti tal s kromom je pred načrtovanjem nadaljnje rabe tal potrebna sanacija onesnaženih in degradiranih tal. Prav tako bo potrebna sanacija širšega območja, ki je v času izkopavanja premoga podvrženo ugrezanju, eroziji in odstranjevanju (premeščanju) zgornjega rodovitnega sloja tal ter rastlinskega pokrova s tega območja. V času obratovanja premogovnika je možno na tem območju umeščati dejavnosti kot začasno rabo. Rodovitne površine, ki v določenem času niso podvržene intenzivnemu ugrezanju, je mogoče uporabljati kot kmetijske površine (njive, travniki). Smiselno jih je izkoristiti za pridelavo kmetijskih pridelkov. Površine, tudi degradirane, je možno prepustiti naravnemu razvoju, razvoju gozdnega sestoja. Gozdne površine varujejo tla, drevesa vežejo ogljik iz ozračja in tvorijo biomaso, ki ima pomemben gospodarski potencial. Na gozdne površine je možno kasneje, ko območje ne bo več podvrženo aktivnemu izkopavanju, umeščati turizem, ki se lahko dopolnjuje z rekreacijo na prostem ob obrežjih Velenjskega in Družmirskega jezera. Za vse vrste rabe tal, kjer je oz. bo možnost prehoda Cr v človeka in občutljive dele okolja, bi bilo priporočljivo opraviti toksikološko študijo.

#### 7.5. PREVERJANJE HIPOTEZ

***Hipoteza 1: Vsebnosti kroma v tleh na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen so pomembno večje glede na naravne vsebnosti te kovine v tleh Slovenije in glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004).***

Hipotezo lahko potrdimo na podlagi rezultatov laboratorijske analize vzorcev tal z obravnavanega območja, ki so pokazali povečane vsebnosti kroma v tleh. Primerjava vsebnosti kroma v tleh opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen, ki znaša 2.067 mg/kg suhih tal, presega tudi kritično imisijsko vrednost snovi v tleh po Uredbi (Ur. l. RS, št. 68/1996), ki znaša 380 mg/kg suhih tal. Tako je kritična imisijska vrednost snovi v tleh po zakonodaji na obravnavanem območju presežena za 5,44-krat.



***Hipoteza 2: Vsebnosti drugih izbranih težkih kovin v tleh na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen so v skladu z naravnimi vsebnostmi teh kovin v tleh Slovenije.***

Tudi to hipotezo smo lahko potrdili na podlagi rezultatov laboratorijske analize tal. Vsebnosti nekaterih težkih kovin v tleh obravnavanega območja smo primerjali s povprečno vsebnostjo v slovenskih tleh in z določeno zgornjo mejo naravne variabilnosti. Vsebnosti molibdena, svinca, cinka, arzena, kadmija in živega srebra v tleh obravnavanega območja so na podlagi laboratorijske analize pod mejo zaznave oz. tako majhne, da natančne vsebnosti ni bilo možno ugotoviti. Zato vsebnosti teh elementov v tleh ni bilo mogoče natančno primerjati s povprečno vsebnostjo v slovenskih tleh in zgornjo mejo naravne variabilnosti. Za vse te elemente lahko trdimo, da nobeden bistveno ne presega povprečne vsebnosti v slovenskih tleh in zgornje meje naravne variabilnosti. Vsebnosti bakra in niklja v tleh obravnavanega območja sta sicer večji od povprečnih vsebnosti teh elementov v slovenskih tleh, vendar še vedno pod zgornjo mejo naravne variabilnosti. Vsebnost kobalta v tleh obravnavanega območja je pod povprečno vsebnostjo v slovenskih tleh in tudi pod zgornjo mejo naravne variabilnosti (Graf 2).

***Hipoteza 3: Stanje tal na območju opuščenega industrijskega odlagališča Ležen z okoljskega vidika vpliva na sedanjo in prihodnjo rabo tal tega območja.***

Čeprav je stanje tal na obravnavanem območju slabo, kar smo ugotovili z ogledom območja in laboratorijsko analizo vzorcev tal s tega območja, ne moremo trditi, da je to dejavnik, ki neposredno določa sedanjo in prihodnjo rabo tal. Ker obravnavano območje leži znotraj pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje, d. d., je sedanja in tudi prihodnja raba neposredno povezana s pridobivanjem premoga in delovanjem Termoelektrarne Šoštanj. Gledano dolgoročno, po letu 2042, kar je najdaljše predvideno obratovanje Premogovnika Velenje, je lahko slabo stanje tal na tem območju tisto, ki bo določalo nadaljnjo rabo.

## **7.6. ZAKLJUČNE UGOTOVITVE**

Opuščeno odlagališče industrijskih odpadkov Ležen je relativno majhno, njegova površina meri pribl. 5.000 m<sup>2</sup>. Je na hribu nad nasipom med Velenjskim in Družmirskim jezerom. Sprva daje območje vtis skoraj neokrnjene narave v bližini jezer. Še do leta 2015 je bilo poraslo z gozdnim drevjem, grmovjem in travo, nato se je videz pokrajine bistveno spremenil: 1) odstranitev gozda zaradi intenzivnega odkopa lignita pod obravnavanim območjem leta 2016 ter 2) v drugi polovici leta 2020, ko so se začela pripravljala gradbena dela za gradnjo tretje razvojne osi.

V ozadju pa ostaja proučevano območje staro okoljsko breme, lahko tudi prikrit problem, saj so v tleh industrijski odpadki, večinoma iz usnjarske dejavnosti (68,48 %), ki so obremenjeni s kromom.

## 8. VIRI IN LITERATURA

1. Adriano, D. C. (1986). Trace Elements in the terrestrial Environment. New York.
2. Alloway, B. J. (1990). Heavy Metals in Soils. Blackie, John Wiley and Sons, Inc, London and Glasgow, New York. 339.
3. Atlas okolja. Available at:  
[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)
4. Banks, M. K., Schwab, A. P., Handerson, C. (2006). Leaching and reduction of chromium in soil as affected by soil organic content and plants. Chemosphere, vol.: 62: 255–264.
5. Bergmann, W. (1992). National Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag, Jena. 13–30.
6. Blaylock, M. J., Huang, J. W. (2000). Phytoextraction of metals. Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment. 5: 53–70.
7. Bossche, V. V., Gavend, G., Brun, M. J. and Aitio, A. (2005). Chromium and the Leather Tanning Industry. (585-590). Chromium (VI) Handbook. Guertin, J., Jacobs, J. A., Avakian, C. P. Boca Raton, CRC Press.
8. Bureau Veritas Minerals. 2015. Bureau Veritas Schedule of Services and Fees 2015. Available at: <http://acmelab.com/pdfs/FeeSchedule-2015.pdf> (30. 10. 2019)
9. Bureau Veritas Minerals. 2018. Poročilo o opravljeni laboratorijski analizi.
10. Butler, D. in Davies, J. W. (2011). Urban Drainage. 3. izdaja. London, New York, Spon Press: 625.
11. Ferguson, J. E. (1990). The heavy elements: Chemistry, Environmental impact and health effects. New York, Pergamon Press.
12. Gantar, M. (2014). Metode zmanjševanja padavinskega odtoka v urbanem okolju. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
13. Gosar, M., Robert Š., Špela B., Martin G., Valentina P., Miloš M. (2017). Geochemical background and threshold for 47 chemical elements in Slovenian topsoil. Geologija, 62, 1: 5–57.
14. Jaishankar, M., Testen, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, Mechanism and Health Effects of some Heavy Metals. India, Sapthagir, College of Engineering, Department of Biotechnology.
15. Kayser A., Wenger K., Keller A., Attinger W., Felix H. R., Gupta S. K., Schulin R. 2000. Enhancement of phytoextraction of Zn, Cd, and Cu from calcareous soil: The use of NTA and sulfur amendments Environmental Science Technology, 34: 1778–1783.
16. Kotnik, G. (2018). Vrtanje vrtin za spremljanje nivojev vode v vodonosnikih na območju Premogovnika Velenje – izdelava vrtine PT-24a/2017. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo, rudarstvo in okolje.
17. Markelc, I. (2008). Vsebnost težkih kovin v vrtninah, pridelanih na vrtilskih občinah Ljubljana. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.
18. Miko, M. (2006). Analiza erozije prsti na poskusnih ploskvah v povodju Dragonje. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.

19. Motzer, W. E. (2005). Chemistry, Geochemistry and Geology of Chromium and Chromium Compounds. (23-91). Chromium (VI) Handbook. Guertin, J., Jacobs, J A., Avakian, C. (editors). CRC Press.
20. Nacionalni program varstva okolja. Uradni list RS, št. 83/1999; 41/2004.
21. Nriagu, J. O. (1989). A global assesment of natural sources of atmospheric trace elements. Canada, National Water Research Institute. Vol.: 338: 47–49.
22. Nriagu, J. O. in Nieboer, E. (1988). Chromium in the Natural and Human Environments. Volume 20. (81–103). Toronto, John Wiley & Sons Inc.
23. Oliviera, H. (2012). Chromium as an Environmental Pollutant: Insights on Induced Plant Toxicity. Portugal, Aveiro, University of Aveiro, Department of Biology.
24. Ozgunay, H., Colak, S., Mutlu, M. M. in Akyus, F. (2006). Characterization of Leather industry Wasts. Turkey, Izmir, Bornova, Ege University, Faculty of Engineering, Department of Leather Engineering.
25. Panda, S. K. in Choudhury, S. (2005). Chromium Stress in Plants. Brazilian Journal of Plant Physiology. Available at: [www.scielo.br/pdf/v17n1/a08v17n1](http://www.scielo.br/pdf/v17n1/a08v17n1) (8. 12. 2016).
26. Pellerin, C., Booker, S. M. (2000). Reflections on hexavalent Chrom: Health hazard of an industrial heavyweight. Focus, vol: 108, št.: 9: 402–407.
27. Petek, G. (2014). Določanje izbranih elementov v aluminiju in aluminijastih zlitinah z ICP-MS metodo. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.
28. Petek, R. (2020). Premogovnika Velenje ne moreš zapreti, kot zapreš fitnes ali hotel. Kdaj naj bi ga zaprli? Available at: <https://www.vecer.com/lokalno/celje/premogovnika-velenje-ne-mores-zaprti-kot-zapres-fitnes-ali-hotel-kdaj-naj-bi-ga-zapri-10225492> [10. 11. 2020]
29. PISO – Prostorski informacijski sistem občin. Available at: <https://www.geoprostor.net/PisoPortal/vstopi.aspx>
30. Planteu, R. (1988). Krajinske zasnove območja ugreznin Rudnika Velenje (vodnogospodarski del). Študijska naloga. Velenje. Zavod za urbanizem.
31. Pogačnik, A. (1992). Urejanje prostora in varstvo okolja. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Založba Mladinska knjiga.
32. Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastajajo v usnjarski in usnjarskopredelovalni industriji (Ur. l. SRS, št. 5/83).
33. Prus, T., Kralj, T., Vrščaj, B., Zupan, M., Grčman, H. (2015). Slovenska klasifikacija tal. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
34. Reimann C., Fabian K., Birke M., Filzmoser P., Demetriades A., Négrel P., Oorts K., Matschullat J., de Caritat P., Albanese S., Anderson M., Baritz R., Batista M. J., Belian A., Cicchella D., De Vivo B., De Vos W., Dinelli E., Đuriš M., Dusza-Dobek A., Eggen O. A., Eklund M., Ernsten V., Flight D. M. A., Forrester S., Fügedi U., Gilucis A., Gosar M., Gregorauskiene V., De Groot W., Gulan A., Halamić J., Haslinger E., Hayoz P., Hoogewerff J., Hrvatovic H., Husnjak S., Jähne-Klingberg F., Janik L., Jordan G., Kaminari M., Kirby J., Klos V., Kwečko P., Kuti L., Ladenberger A., Lima A., Locutura J., Lucivjansky P., Mann A., Mackovych D., McLaughlin M., Malyuk B. I., Maquil R., Meuli R. G., Mol G., O'Connor P., Ottesen R. T., Pasniecna A., Petersell V., Pflleiderer S., Poňavič M., Prazeres C., Radusinović S., Rauch U., Salpeteur I., Scanlon R., Schedl A., Scheib A., Schoeters I., Šefčik P., Sellersjö E., Slaninka I., Soriano-Disla J. M., Šorša A., Svrkota R., Stafilov T., Tarvainen T., Tendavilov V., Valera P., Verougstraete V., Vidojević D., Zissimos A., Zomeni Z., Sadeghi M. (2017).

- GEMAS: Establishing geochemical background and threshold for 53 chemical elements in European agricultural soil. *Applied Geochemistry*.
35. Repe, B., Simončič, P. in Vrščaj, B. (2017). Factors of Soil Formation. *The Soils of Slovenia*. Hartemink, A. E. (ed.). USA, Madison, University of Wisconsin-Madison, Department of Soil Science, FD Hole Soils Laboratory: 19–60.
  36. Rikanovič, R. (2003). Digitalne podatkovne zbirke pokrovnosti/rabe tal Slovenije. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije.
  37. Rozman, R. (2008). Fitoremediacija sedimentov in drugih kontaminiranih zemljin. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.
  38. Shadreck, M., Mugadza, T. (2013). Chromium an essential nutrient and pollutant: A review. Zimbabwe, *African Journal of Pure and Applied Chemistry*. Vol.: 7: 310–317.
  39. Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. (2005). Chromium toxicity in plants. *Environment International*. Science direct. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412005000231> [19. 12. 2020]
  40. Singh. R., Gautam, N., Mishra, A., Gupta, R. (2011). Heavy metals and living systems: An overview. India, *Indian J Pharmacol* 2011. Vol.: 43: 246–253.
  41. Supovec, I, Veselič, M. (1995). Poročilo o izdelavi strukturno-piezometrične vrtine P-3j/94. Ljubljana, Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje.
  42. Špeh, N., Piano, S. (2016). The spatial development potential of Škale and Velenje Lake. *Hrvatski geografski glasnik*, 78: 121–142.
  43. Šterbenk, E. (2011). Šaleška jezera – vodni vir in razvojni izziv. Končno poročilo. Velenje, Erico Velenje, Inštitut za ekološke raziskave, d. o. o.
  44. Šterbenk, E., Ževart, M., Lenart, F. (2020). Šaleška jezera kot realna razvojna možnost na področju rekreacije in turizma ob upoštevanju okoljskih omejitev. V: Velenje, industrijsko mesto v preobrazbi. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika: 171–183.
  45. Šterbenk, E., Ževart, M., Ramšak, R. (2004). Jezera, o katerih bomo še slišali – Šaleška jezera. Ljubljana, Zveza geografskih društev Slovenije. *Geografski obzornik* 1/2004: 4–12.
  46. Termoelektrarna Šoštanj, d. o. o., in Premogovnik Velenje, d. d. (2009). Dodatek poročilu o vplivih na okolje.
  47. Testa, S. M.(2005). Sources of Chromium Contamination in Soil and Groundwater. (143–164). *Chromium (VI) Handbook*. Guertin, J., Jacobs, J A., Avakian, C. (editors). CRC Press.
  48. Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v tleh. Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004.
  49. Zakon o varstvu okolja. Ur. l. RS, št. 32/1993; 41/2004; 39/2006.
  50. Zupan, M., Grčman, H., Lobnik, F. (2006). Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana, Agencija RS za okolje.



## POVZETEK

Odpadki iz usnjarske industrije so obremenjeni z onesnažili, predvsem kromom, ki se uporablja pri strojenju usnja. Pri njihovem odlaganju se tako ta onesnažila premeščajo v tla in naprej v druge dele okolja, kar je odvisno od naravnih in antropogenih dejavnikov nekega prostora. To se je pokazalo tudi v primeru opuščenega odlagališča industrijskih odpadkov Ležen, ki je obratovalo med letoma 1980 in 1986. Tja so med drugim odlagali tudi odpadke iz Tovarne usnja Šoštanj.

Pri pregledu arhivske dokumentacije opuščenega odlagališča smo ugotovili, da se navedbe glede ravnanja na odlagališču razlikujejo od dejanskega stanja, ki smo ga evidentirali ob pregledu terena, in sicer: 1) v glineni material naj bi bile izkopane kasete, napolnjene z odpadki, in prekrite z glinenim materialom, vendar smo odpadke našli na površini in pomešane v tla; 2) Tovarna usnja Šoštanj naj bi tu odlagala le odpadke vrste »goveja mezdra«, ki ne vsebuje kroma, in »kromove strugotine«, ki vsebujejo v vodi netopen trivalentni krom, vendar je kemična analiza tal pokazala povečane vsebnosti kroma v tleh na območju opuščenega odlagališča; 3) po priporočilu Zdravstvenega centra Celje bi bilo treba preprečiti precejanje padavinskih in zalednih vod skozi odlagališče, vendar to ni mogoče, saj odpadki niso prekriti z neprepustnim materialom; 4) po priporočilu Zdravstvenega centra Celje bi moralo biti območje odlagališča obdano z jarkom, ki preprečuje dostop padavinskih vod do odlagališča, vendar na terenu nismo opazili jarka; 5) ob zaprtju odlagališča so teren izravnali in odpadke prekrili z meter debelim nasutjem, vendar lahko odpadke najdemo nekontrolirano na površju in tudi metra nasutja nismo opazili.

Da bi ugotovili stanje tal z vidika prisotnosti težkih kovin, predvsem kroma, smo na območju opuščenega odlagališča vzorčili in analizirali tla. Odvzemna mesta smo določili tam, kjer je bil kos odpadnega usnja in kjer smo (zaradi zahtevnega terena) lahko naredili prerez tal. Maksimalna globina prereza je bila približno 50 cm. Analizo vzorcev tal po metodi AQ370 so izvedli v laboratoriju Bureau Veritas Minerals Laboratories v Turčiji.

Vsebnost kroma v analiziranih tleh znaša 2.067 mg/kg suhih tal in za 5,44-krat presega kritično vrednost po Uredbi (Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004), ki je 380 mg/kg suhih tal; za 61-krat presega povprečno vsebnost kroma v tleh Slovenije, ki je 34 mg/kg suhih tal; za 29-krat presega tudi zgornjo mejo naravne variabilnosti, ki znaša 71 mg/kg suhih tal. Povečana vsebnost kroma v analiziranih tleh potrjuje premeščanje onesnažil iz odpadkov v tla. Vsebnosti molibdena, svinca, cinka, arzena, kadmija in živega srebra v tleh obravnavanega območja so pod mejo zaznave analitske metode in nobeden bistveno ne presega povprečne vsebnosti v slovenskih tleh, zgornje meje naravne variabilnosti in zakonsko določene opozorilne vrednosti po Uredbi (Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004). Vsebnosti bakra in niklja presegata povprečno vsebnost v tleh Slovenije, vendar sta pod zgornjo mejo naravne variabilnosti. Vsebnost kobalta je pod povprečno vsebnostjo v tleh Slovenije in pod zgornjo mejo naravne variabilnosti. Vsebnosti bakra, niklja in kobalta so pod zakonsko določeno mejno vrednostjo po Uredbi (Ur. l. RS, št. 68/1996; 41/2004).

V magistrskem delu smo obravnavali tudi spremembe rabe tal tega območja. Kronološki pregled letalskih posnetkov med letoma 1972 in 2019 kaže dinamično spreminjanje pokrovnosti površja in posledično rabe tal, ki smo jo analizirali na podlagi kart CLC. Celoten Leženski hrib, kjer je opuščeno odlagališče industrijskih odpadkov Ležen, je znotraj pridobivalnega prostora Premogovnika Velenje, d. d. Zaradi tega so dejavnosti na tem območju omejene in s tem je povezana tudi raba tal. Analiza trenda rabe tal, v kateri smo primerjali deleže posameznih kategorij rabe tal med letoma 1995 in 2018, kaže, da se je v tem časovnem obdobju delež površin vodnih teles povečal za 54,88 %, kar je posledica povečanja površine Velenjskega in Družmirskega jezera, ter delež površine odlagališč za 24,01 %, predvsem zaradi zmanjšanja deleža gozdnih površin za 29,43 % in kmetijskih

površin za 26,55 %. Z vidika obravnavane teme je zmanjševanje deleža gozdnih in kmetijskih površin neugodno, saj ta preprečujejo erozijo tal in s tem premeščanje onesnažil v tleh.

Opuščeno odlagališče industrijskih odpadkov Ležen je razmeroma majhno in daje vtis neokrnjene narave. Vendar je staro okoljsko breme, saj so v tleh na tem območju s kromom obremenjeni industrijski odpadki iz usnjarske dejavnosti, iz katerih krom prehaja v tla in se premešča v druge dele okolja.

## **SUMMARY**

Waste from the leather industry is loaded with pollutants, mainly chromium, which is used in tanning leather. During their disposal, these pollutants are transferred to the soil and on to other parts of the environment, which depends on the natural and anthropogenic factors of a space. This was also shown in the case of the abandoned Ležen industrial waste landfill, which operated between 1980 and 1986. Among other things, they also dumped waste from the Šoštanj Leather Factory.

When reviewing the archival documentation of the abandoned landfill, we found that the statements regarding the conduct of the landfill differ from the actual situation, which we have recorded during the inspection of the terrain. 1) Cassettes filled with waste were supposed to be excavated in the clay material and covered with clay material, but the waste was found on the surface and mixed into the ground. 2) The Šoštanj leather factory is supposed to dispose of only chromium-free waste type "beef mezdra" and "chromium shavings" containing water-insoluble trivalent chromium, but chemical analysis of the soil showed increased chromium contents in the soil in the area of the abandoned landfill. 3) According to the recommendation of the Celje Health Center, seepage of rainwater and backwaters through the landfill should be prevented, but this is not possible, as the waste is not covered with impermeable material. 4) According to the recommendation of the Celje Health Center, the area of the landfill should be surrounded by a ditch, which prevents access of rainwater to the landfill, but no ditch was noticed on the field. 5) When the landfill was closed, the terrain was leveled and the waste was covered with a meter-thick backfill, but the waste can be found uncontrolled on the surface and no meter of backfill was noticed.

In order to determine the condition of the soil in terms of the presence of heavy metals, especially chromium, we sampled and analyzed the soil in the area of the abandoned landfill. We determined the collection points where there was a piece of waste leather and where we could make a cross section of the ground due to the difficult terrain. The maximum depth of section was about 50 cm. The analysis of soil samples according to the AQ370 method was performed at the Bureau Veritas Minerals Laboratories in Turkey.

The chromium content in the analyzed soils amounts to 2,067 mg/kg of dry soil and is 5.44 times higher than the critical value according to the Regulation (Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 68/1996; 41/2004), which is 380 mg/kg of dry soil. It exceeds the average chromium content in the soil of Slovenia by 61 times, which is 34 mg/kg of dry soil; it also exceeds the upper limit of natural variability by 29 times, which is 71 mg/kg of dry soil. The increased chromium content in the analyzed soils confirms the transfer of pollutants from the waste to the soil. The contents of molybdenum, lead, zinc, arsenic, cadmium and mercury in the soil of the considered area are below the detection limit of the analytical method and none significantly exceeds the average content in Slovenian soils. The upper limit of natural variability and the statutory warning values according to the Regulation (Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 68/1996; 41/2004). The contents of copper and nickel exceed the average content in the soil of Slovenia, but they are below the upper limit of natural variability. The cobalt content is below the average content in the soil of Slovenia and below the upper limit of natural variability. The contents of copper, nickel and cobalt are below the legally determined limit value according to the Regulation (Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 68/1996; 41/2004).

In the master's thesis, we also discussed changes in land use in this area. A chronological review of aerial photographs between 1972 and 2019 shows a dynamic change in surface cover and consequent land use, which was analyzed based on CLC maps. The entire Ležen hill, where the Ležen industrial waste landfill is abandoned, is within the extraction area of the company Premogovnik Velenje. As a result, activities in this area are limited and land use is linked to this. The analysis of the trend of land use, in which we compared the shares



of individual categories of land use between 1995 and 2018, shows that in this period the share of water bodies increased by 54.88 %, which is due to the increase of the surface of the Velenje and Družmirje Lake. The share of landfills has increased by 24.01 %, mainly due to a decrease in the share of forest areas by 29.43 % and agricultural areas by 26.55 %. From the point of view of the discussed topic, the reduction of the share of forest and agricultural areas is unfavorable, as they prevent soil erosion and thus the movement of pollutants in the soil.

The abandoned Ležen industrial waste landfill is relatively small and gives the impression of unspoiled nature. However, it is an old environmental burden, as the soil in this area is loaded with chromium from industrial waste from the leather industry, from which chromium passes into the soil and is transferred to other parts of the environment.