

## OD ODKRITJA DO NARAVNE VREDNOTE

### FROM DISCOVERY TO A VALUABLE NATURAL FEATURE

Tadeja ŠUBIC

Strokovni članek

**Ključne besede:** naravna vrednota, geologija, lehnjakove tvorbe, onkoidi, onkoliti, Blejsko jezero  
**Key words:** valuable natural feature, geology, tufa formations, oncoids, oncolites, Lake Bled

#### IZVLEČEK

Med Obročem in Kozarco južno od Bleda so bili pri zemeljskih delih za gradnjo Centralne čistilne naprave Bled odkriti holocenski sedimenti, ki se zaključujejo z lehnjakovim vršajem. Sestavljajo ga različne lehnjakove tvorbe, med katerimi so posebnost onkoidi. Nastanek vršaja je povezan z iztokom vode iz nekdanjega jezera proti Savi Bohinjki. Ohranitev celotnega vršaja ob odkritju in sprememba lokacije usedalnika čistilne naprave nista bila mogoča zaradi različnih okoliščin, med katerimi je bilo tudi pravnomočno gradbeno dovoljenje. V času izkopa gradbene jame je bil omogočen naravovarstveni nadzor in izvedena geološka terenska raziskava. Na podlagi izsledkov sta bila izdelana naravovarstveno vrednotenje pojava in predlog za naravno vrednoto.

#### ABSTRACT

During excavation work for the construction of the Bled central wastewater treatment plant between Obroč and Kozarca south of Bled, alluvial sediments were discovered ending in tufa fan deposits. These comprise various tufa formations, including the specific oncoids. The origin of the fan is associated with the outflow of the water from the former lake towards Sava Bohinjka. Various circumstances, including a final building permit, prevented the preservation of the entire fan upon its discovery and a change to the location of the sedimentation basin for the treatment plant. During the excavation of the construction pit, nature conservation supervision was made possible and a geological field research was implemented. The findings were used to prepare a nature conservation assessment of the phenomenon and a proposal for listing it as a valuable natural feature.

#### 1 UVOD

Po Zakonu o ohranjanju narave je bil leta 2004 sprejet podzakonski akt, Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot (2004) (v nadaljevanju Pravilnik), katerega Priloga 1 je tudi seznam naravnih vrednot na območju Republike Slovenije. Pravilnik se glede na nekatere spremembe, nova odkritja in predloge dopolnjuje ter danes skupaj z jamami obsega 17.431 enot najvrednejših delov narave v Republiki Sloveniji. Ob odkritjih novih pojavov se po naravovarstvenem vrednotenju pripravljajo novi predlogi. Med njimi so tudi lehnjakovi sedimenti južno od Bleda, nastali v holocenu, po poledenitvah. Prispevek opisuje potek od odkritja lehnjakovih sedimentov in aktivnosti v času izvajanja zemeljskih del, predstavlja izsledke znanstvenoraziskovalnega dela, naravovarstveno vrednotenje in razrešitev dileme o meji predlagane naravne vrednote. Dodatno pokaže tudi možnost obstoja podobnih recentnih pojavov na drugih lokacijah.

## 2 PREGLED ODKRIVANJA HOLOCENSKIH SLADKOVODNIH SEDIMENTOV OB GRADNJI CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE BLEDA

Junija 2005 so sodelavci Paleontološkega inštituta Ivana Rakovca ZRC SAZU opravili preliminarni pregled terena med Jezernico, Obročem in Kozarco južno od Bleda zaradi gradnje centralne čistilne naprave. Podrobneje so proučili in vzorčevali kvartarne sedimente v treh manjših izkopih in vzdolž izdankov ob gozdnih cestah (Košir et al., 2005). Ob ugotovitvah o izjemnosti najdb, to je svojevrstnega zaporedja kvartarnih sedimentov, med katerimi so tudi lehnjakove sedimentne tvorbe, so obvestili Zavod RS za varstvo narave in predlagali, da se med gradnjo izvaja geološka spremljava zemeljskih del. Zavod je o tem obvestil investitorja in izvajalca, ki sta v času izkopa usedalnika čistilne naprave omogočila spremljavo po programu, ki ga je izdelal Inštitut (Košir et al., 2005). Raziskave naj bi omogočile tridimenzionalno rekonstrukcijo sedimentnih teles, razporeditev okolij nastanka in prelomnih struktur. Območje raziskav južno od Bleda med Obročem in Kozarco z vrisom predloga naravne vrednote je predstavljeno na Sliki 1.



Slika 1: Območje lehnjakovih vršajnih sedimentov med Obročem in Kozarco južno od Bleda. M 1:8000, vir GURS, (Območje povzeto po Pretnar, N. (2015))

Figure 1: Area of tufa fan sediments between Obroč and Kozarca south of Bled. M 1:8000, source GURS, (Area summarised from Pretnar, N. (2015))

Zemeljski izkop se je začel 22. 7. 2005, opisano terensko delo, ki je potekalo v severnem delu izkopa in v dodatnih sondažnih jaških, pa se je odvijalo po omenjenem programu v času od 9. 8. do 30. 8. 2005. V ta namen je bil izveden izkop 11 sondažnih jaškov, in sicer

7 v izkopu za usedalnik in 4 med bazenom ter lokacijo upravne stavbe. Izvedeni so bili geodetska izmera ter snemanje stratigrafskih profilov (I–V) na severnem delu izkopa in v dveh sondažnih jarkih ter vzorčevanje za sedimentološke, paleontološke, palinološke in datacijske analize.

Celotno zaporedje lehnjakovih vršajnih sedimentov je bilo razkrito ob izkopu gradbene jame za usedalnik čistilne naprave (Slika 2). Med izkopom sondažnih jaškov je bila 11. 8. 2005 med drugim odkrita tudi prelomna cona potencialno aktivnega preloma (Košir et al., 2005), zaradi katere sta bili za strukturne analize dodatno izkopani dve sondi, ena pa je bila povečana. Kasneje so bile izvedene še dodatne raziskave detajlne strukturne analize.

Evidentiran premik ob prelomu po vpadu je 70 cm. Na terenskem sestanku se je investitor na podlagi veljavnega gradbenega dovoljenja in nujnosti izgradnje čistilne naprave kljub temu odločil za nadaljevanje izkopa, terenske raziskave pa so se nadaljevale po programu. Poročilo o terenskih raziskavah s predlogom nadaljnjih laboratorijskih raziskav je bilo izdelano 12. 9. 2005 (Košir et al., 2005).



Slika 2 : Celotno zaporedje lehnjakovih vršajnih sedimentov, razkrito ob izkopu gradbene jame za usedalnik čistilne naprave. Puščica kaže začetek pojavljanja lehnjakovih tvorb.

*Figure 2: Total sequence of tufa fan sediments discovered during the excavation of the construction pit for the sedimentation basin for the treatment plant. The arrow shows where tufa fan formations start.*

## 2.1 SPLOŠNI OPIS LEHNJAKA IN LEHNJAKOVIH SEDIMENTOV MED OBROČEM IN KOZARCO

Lehnjak je po definiciji porozna biokemična sedimentna kamnina, nastala z izločanjem kalcita, ki se pri temperaturi, nižji od 30 stopinj Celzija, izloči iz tekoče vode in lahko obda rastline (Pavšič, 2006). Osnovna dejavnika za izločanje lehnjaka sta sprememba temperature in/ali znižanje parcialnega tlaka ogljikovega dioksida (uhajanje CO<sub>2</sub> iz vode). S tem se zmanjša topnost karbonata v vodi, kar povzroči njegovo izločanje. Izločeni karbonat počasi prekrije okoliško rastlinstvo v obliki tankih krhkih skorjic. Rastline v njih odmrejo, v lehnjaku pa se ohranijo njihovi odtisi. Proces imenujemo inkrustacija (Herlec in Vidrih, 2006).

Raziskave kažejo, da pri izločanju drobnozrnatega lehnjaka lahko sodeluje tudi vrsta mikroorganizmov, tako da anorganskega in biogenega lehnjaka celo pri izviri toplih mineralnih vod ne moremo zlahka ločiti (Herlec in Vidrih, 2006).

Na obravnavanem območju se telo lehnjakovih vršajnih sedimentov pojavlja kot poseben faciesni tip lehnjaka, nastal z biološko (cianobakterijsko) induciranim izločanjem kalcijevega karbonata (CaCO<sub>3</sub>). Telo je sestavljeno iz prepleta kanalov ter diskontinuiranih plasti drobirja, lehnjaka in plasti muljasto-peščenega karbonatnega sedimenta, med katerimi se pojavljajo fitohermne tvorbe (Pretnar, 2015).

## 2.2 REZULTATI GEOLOŠKIH RAZISKAV

V nadaljevanju povzemamo rezultate geoloških raziskav lehnjakovih sedimentov, ki so zajemale geološko kartiranje območja čistilne naprave, sedimentološko snemanje profilov (I–V), izkop ter obdelavo sondažnih jarkov (sonda 1 in sonda 9), odvzem vzorcev za mikroskopske analize, radiokarbonsko analizo ter palinološko in luminiscenčno analizo (Pretnar, 2015).

Na obravnavanem območju se nahajajo zaporedoma tri stratigrafske enote holocenske starosti. Zgornji del vseh profilov (od I do V) na območju čistilne naprave Bled zaključuje pahljačasto telo lehnjakovih sedimentov v obliki aluvialnega vršaja (Pretnar, 2015), ki ga obravnavamo v tem članku (Slika 3). Razteza se na površini 15.000 m<sup>2</sup> in dosega debelino do 4 metre. Radiokarbonska datacija oglja iz temne organske snovi na bazi lehnjakovih sedimentov je pokazala starosti 8.380±60 let. Kdaj je bilo nastajanje lehnjakovih tvorb prekinjeno, jim ni uspelo dognati. Ob predhodno znanih podatkih je bilo izločanje lehnjaka relativno kratkotrajno in povezano s postglacialnim razvojem Blejskega jezera in njegovih iztokov (Pretnar, 2015).

Petrografske analize so pokazale, da je lehnjak večinoma nastal z biološko (cianobakterijsko) induciranim izločanjem CaCO<sub>3</sub>. V lehnjakovih sedimentih so v grobem ločili 6 faciesnih združb. Pojavljajo se presedimentirani alohtoni (klastični) in avtohtoni faciesi (Košir et al., 2006).

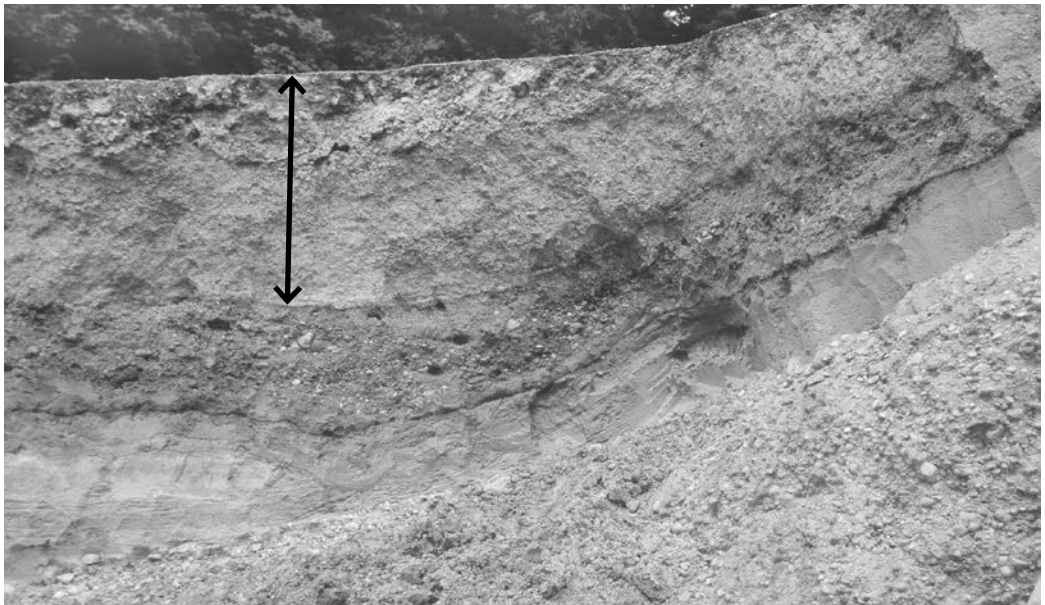
Prevladujejo klastični faciesi, med katerimi ločimo (Košir et al., 2006):

- onkoidni lehnjak; cilindrični (Slika 4), subsferični in sferični, praviloma nepravilno in kompleksno laminirani onkoidi, veliki od 1 do 10 cm, v njihovih jedrih so cevasti odlomki inkrustriranih rastlin, rastlinski drobir, lupine polžev, pizoidi in prodniki;
- fitoklastični lehnjak iz nepravilnih, slabo inkrustriranih rastlinskih ostankov (Slika 5);
- pizoidni lehnjak, sestavljen iz milimetrskih in centimetrskih sferičnih, drobnolaminiranih pizoidov;
- mikrodetritični lehnjak oziroma karbonatni mulj.

Klastični faciesni tip tvorijo neizrazito definirane plasti lečaste geometrije, debele od nekaj centimetrov do več decimetrov. Znotraj plasti klastičnih lehnjakovih sedimentov se pojavljajo posamezne avtohtone tvorbe dveh vrst (Košir et al., 2006):

- fitohermni framestone, do 1 m velike strukture, nastale z inkrustacijo *in situ* (npr. šopov trave), njihova zgradba je pogosto ohranjena v jedru, votline so zapolnjene z detritičnim lehnjakom (onkoidi, pizoidi, mikrit);
- fitohermne stromatolitne tvorbe (fitohermni boundstone), centimetrskih do decimetrskih dimenzij, v jedrih najdemo pogosto rastlinske šope.

Pri nastanku lehnjakovih tvorb so imele pomembno vlogo modrozeleni ceppljivke (cianobakterije). Modrozeleni ceppljivke in sediment, ki ga te med svojo rastjo lovijo in vgrajujejo v svojo strukturo, se lahko pojavlja v plastoviti strukturi in ga imenujemo stromatolit. Zanj je značilno menjavanje temnih in svetlih tankih plasti ali lamin. Onkoid pa je kroglasta kalcitna tvorba modrozelenih ceppljivk. Kamnino, ki jo večinoma gradijo onkoidi, imenujemo onkolit.



Slika 3: Zgornji del izkopne jame zaključuje lehnjakovi vršajni sedimenti, ki dosežejo debelino do 4 metre.  
Figure 3: The upper part of the excavation pit with tufa fan sediments which reach a thickness of up to 4 metres.



Slika 4: Cilindrični onkoidi sestavljajo onkoidni lehnjak, velikost od 2,5 do 5,5 centimetra.

*Figure 4: Cylindrical oncolites in the oncolite tufa, size from 2.5 to 5.5 centimetres.*



Slika 5: Fitoklastični lehnjak zgrajen iz slabo inkrustriranih rastlinskih ostankov, velikost 9 centimetrov.

*Figure 5: Phytoclastic tufa from poorly encrusted plant remains, size 9 centimetres.*

### 3 NARAVOVARSTVENO VREDNOTENJE

Naravovarstveno vrednotenje pojava smo izvedli po metodologiji internega gradiva ZRSVN (Stupar et al., 2012). Ocenjevali smo obsežnost in številčnost v primerjavi s pojavljanjem podobnih naravnih vrednot oziroma pojavov v Sloveniji in širšem evropskem prostoru, ohranjenost in pomembnost pojava za znanstvene raziskave. Z merili vrednotenja smo ugotovili, da je območje lehnjakovih sedimentov izjemno, absolutno redko, ohranjeno in znanstvenoraziskovalno pomembno.

#### Izjemnost

Kompleks detritičnega lehnjaka starejše holocenske starosti (od  $8.380 \pm 60$  let p. s.) (Pretnar, 2015) po površini meri približno  $15.000 \text{ m}^2$  in je kot tak izjemno obsežen, tako v slovenskem kot tudi evropskem merilu.

#### Absolutna redkost

Kompleks sladkovodnih karbonatnih tvorb, kot se pojavlja na lokaciji čistilne naprave, ni bil najden nikjer drugje v Sloveniji in tudi ne v Evropi.

#### Ohranjenost

Območje lehnjakovih tvorb je dobro ohranjeno v okolici čistilne naprave. Izdanki z lehnjakom so dobro vidni tudi na brežini ob poti na Kozarco (Slika 6). Po raziskanem terenu ocenjujemo, da sta ohranjeni približno dve tretjini površine pojava.



Slika 6 : Lehnjakove tvorbe ob poti na Kozarco.

Figure 6: Tufa formations along the way to Kozarca.

### **Znanstvenoraziskovalni pomen**

Območje holocenskih lehnjakovih tvorb, ki je danes popolnoma izolirano od Blejskega jezera, rečnega sistema Save Bohinjke in njenih pritokov, je izjemno pomembno za proučevanje v povezavi z nastankom in razvojem Blejskega jezera, s starostjo sedimenta in postglacialnim razvojem Blejskega jezera. Pomemben je tudi za znanstveno proučevanje lehnjakovih sedimentov, posebej nastanka onkoidov, za primerjanje s tvorbami v podobnih recentnih sedimentacijskih okoljih tako v slovenskem, evropskem in svetovnem merilu ter odkrivanje mehanizmov njegovega nastanka.

### **3.1 PREDLOG ZA UVRSTITEV LEHNJAKOVEGA VRŠAJA MED NARAVNE VREDNOTE**

Zaradi zgoraj navedenih naravovarstvenih lastnosti smo po utemeljitvi pojav uvrstili med predloge novih geoloških naravnih vrednot.

Zaradi izjemnosti in redkosti pojava smo območje pojava predlagali za naravno vrednoto državnega pomena, saj podobnih sedimentov v takem obsegu niso našli nikjer drugje v Sloveniji, primerljive onkolitne lehnjakove tvorbe v takem obsegu pa niso znane niti drugod v Evropi (Pretnar, 2015).

#### **3.1.1 Določitev meje naravne vrednote**

Na območje lehnjakovega vršaja je danes umeščena čistilna naprava s spremljevalnimi objekti, ki prekriva tretjino pojava. Ker je bil del pojava uničen, se je pri določanju predloga meje naravne vrednote postavilo vprašanje, kateri del vršaja ohraniti oziroma predlagati za naravno vrednoto.

Ker je poleg samega lehnjaka za znanstveno proučevanje in raziskovanje razvoja Blejskega jezera pomembna tudi razširjenost oziroma razprostranjenost pojava, smo se odločili, da varujemo območje lehnjakovih sedimentov v celoti, čeprav so bili zaradi posegov delno odstranjeni. Tako obsega predlagana naravna vrednота vršaj med Obročem in Kozarco, ki se zaključuje na robu rečne terase Save Bohinjke (Slika 1).

### **4 PRIMERJAVA LEHNJAKOVEGA VRŠAJA Z NAHAJALIŠČI LEHNJAKA, KI SO NARAVNE VREDNOTE**

V Sloveniji je več nahajališč lehnjaka, ki so zaradi svojih lastnosti prepoznana kot pomembna in uvrščena med geološke naravne vrednote. Med njimi so nahajališča lehnjaka, kjer ta ne nastaja več, ali pa so to nahajališča nastajajočega lehnjaka ob izviroh, v potokih, rekah in na slapovih. Gre predvsem za že omenjene inkrustacije ali travertinu podobne strukture. Med recentnimi pojavi, ki so naravne vrednote, naj omenimo bolj poznane in obsežne, kot so lehnjakovi pragovi na reki Krki, lehnjak na slapu Kobilji curek, lehnjak ob



robu naselja Volavlje pri Ljubljani in ob izviru nad reko Kokro na Spodnjem Jezerskem. V bližini zadnjega je tudi eno največjih lehnjakovih nahajališč v Sloveniji, ki so ga v dolini Komatevre v preteklosti izkoriščali v kamnolomu kot mineralno surovino (Slika 7).



Slika 7: Lehnjak z odtisi listov in vejic iz kamnoloma v dolini Komatevre na Spodnjem Jezerskem.  
 Figure 7: Tufa with leaf imprints and twig moulds from the quarry in the Komatevra Valley in Spodnje Jezersko.

Nobeno od navedenih nahajališč po nastanku ali površini pojava ni podobno opisanemu vršaju. Primerljive so le recentne lehnjakove tvorbe na mokrišču Berje pri Zasipu (Slika 8) ob reki Savi, kjer se izpod fluvio-glacialnih nanosov izceja s kalcijevim karbonatom nasičena voda. Lehnjakove tvorbe tekoča voda kotali in prenaša po dnu, izločeni kalcijev karbonat, ki ga inducirajo cianobakterije, pa se na njih nalaga v obliki tankih skorjic. Po domnevi geologov (Košir et al., 2006) je prav tu morebitni primerljiv recentni facies nekdanje holocenske karbonatne sedimentacije opisanega vršaja, zato strokovnjaki predlagajo podrobnejšo raziskavo mokrišča na Berju.

#### 4.1 NARAVNA VREDNOTA BERJE PRI ZASIPU – MOKRIŠČE

Mokrišče Berje (Slika 8) leži na prvi savski terasi severovzhodno od Bleda pri naselju Zasip. Studenci izvirajo na pobočju in se razlivajo po terasi, v spodnjem delu pa se voda preliva po mokrišču z redkimi habitatnimi tipi, kot sta karbonatno nizko barje z navadno reziko in lehnjakotvorni izviri.

Na položnem območju mokrišča se ob intenzivni karbonatni sedimentaciji izločajo podobne lehnjakove tvorbe, ki so bile najdene tudi južno od Blejskega jezera, med katerimi prevladujejo klastične oblike lehnjaka (Košir et al., 2006). Nepravilni cianobakterijski onkoidi rastejo *in situ* v plitvih depresijah s stoječo ali počasi tekočo vodo, pizoidi nastajajo v prepletajočih se kanalih s hitrotekočo vodo, fitohermne tvorbe ob šopih trave ali kopusah mahov, mikrodetritični lehnjak pa se odlaga v (pol)zaprtih depresijah. Strokovnjaki zato domnevajo, da je recentni facies na Berju analogen karbonatnim tvorbam na vršaju med Obročem in Kozarco.



Slika 8: Mokrišče Berje pri Zasipu. Foto: S. Strajnar  
Figure 8: The Berje pri Zasipu fen. Photo by: S. Strajnar

#### 4.1.1 Geološko naravovarstveno vrednotenje lehnjakovih sedimentov na mokrišču Berje

Lokacija je prepoznana kot izjemna zaradi obsežne površine raznolikih recentnih lehnjakovih tvorb – onkolitov, ki so redek znan primer recentnega lehnjaka z biološko (cianobakterijsko) induciranim izločanjem kalcijevega karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ), območje pa

je dobro ohranjeno. Nastajanje recentnih onkolitov in njihovega sedimentacijskega okolja je pomembno z vidika znanstvenega proučevanja in primerjalnosti z drugimi območji in s podobnimi fosilnimi lehnjakovimi sedimenti, tudi v svetovnem merilu (Pretnar, 2015). Vendar pa je območje potencialno zelo ogroženo zaradi možnosti nadgrajevanja HE Moste, zaradi česar bi prišlo do poplavitve in s tem popolnega uničenja pojava.

## 5 SUMMARY

In recent years, there have been a number of interesting geological discoveries in Slovenia, which surprised even the experts. Natural factors (earthquakes, landslides, flash floods) and major construction have unveiled layers of earth, which represent an important source of geological data, while a major contribution has been made by the latest technologies.

One of such discoveries are the tufa fan sediments south of Lake Bled.

The sediments were discovered during the excavation of the construction pit for the central wastewater treatment plant. The cooperation of geologists, nature conservationists, the investor, and the contractor has resulted in the implementation of a geological field research.

The obtained data and subsequent analyses served as basis for geological nature conservation assessment. It has been established that in terms of the size of the area and in terms of the origin and shape of tufa sediments, including layers of unusual oncolites, these are an exceptional and rare phenomenon in Slovenia and in Europe. The explored area between the hills of Kozarca and Obroč sheds light on one of the phases of the emergence and development of Lake Bled and is therefore important also from the geomorphological aspect. On the basis of sediment analyses, geologists conclude that approximately 6,800 years ago, for a shorter time, the water from the lake flowed towards Sava Bohinjka through this area. Today, as a probable analogue to these sediments, similar formations can be found in the calcareous fens with *Cladium mariscus* along the Sava Dolinka in Berje pri Zasipu. Due to the nature conservation importance of tufa fan deposits, the area between Kozarca and Obroč south of Bled has been proposed to be recognised as a valuable natural feature.

## 6 VIRI

1. Herlec, U. in Vidrih, R., 2006. Lehnjak. *Mineralna bogastva Slovenije. Scopolia Supplementum*, 3, 223–228.
2. Košir, A., Horvat, A., Rižnar, I., Verbič, T., Culiberg, M. in Zemljak, N., 2005. *Poročilo o geoloških raziskavah na lokaciji čistilne naprave Bled*. Ljubljana: ZRC SAZU.

3. Košir, A., Horvat, A., Rižnar, I., Verbič, T., Culiberg, M. in Zemljak, N., 2006. Faciesni model holocenskega klastičnega paleolehnjaka pri Bledu. V: Režun, B. ur. *2. slovenski geološki kongres, Idrija, 26.–28. september 2006, Zbornik povzetkov*. Idrija: Rudnik živega srebra v zapiranju. 178.
4. Pavšič, J., 2006. *Geološki terminološki slovar*. Ljubljana: ZRC SAZU.
5. *Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot*, 2004. Uradni list RS, št. 111/04, 70/06, 58/09, 93/10, 23/15, 7/19.
6. Pretnar, N., 2015. *Kvartarni sedimenti na območju čistilne naprave Bled*. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta.
7. Stupar, M., Škedelj Petrič, A., Tehovnik, H., Bedjanič, M., Šubic, T. in Lukežič, T., 2012. *Vrednotenje geoloških naravnih pojavov*. Ljubljana: Zavod RS za varstvo narave.