

KaraWAT

Strategija trajnostnega upravljanja vodnih virov v Karavanke UNESCO Globalnem Geoparku /

Strategie zum nachhaltigen Wassermanagement im Karawanken UNESCO Global Geopark

Delovni sklop T2- Pilotne aktivnosti /Arbeitspaket T2 – Pilotaktivitäten
Aktivnost A.T.2.1 Značilnosti vodnega kroga / Aktivität A.T.2.1 Merkmale
des Wasserkreises

Dosežek T2.1.3 Postaja za spremljanje kraških voda /
Leistungen D.T.2.1.3 Monitoring Station Karstwasser

avgust / August 2022

Verzija/ Version 2.0 – končna / Endfassung

Projekt KaraWAT se v okviru Programa sodelovanja Interreg V-A Slovenija-Avstrija sofinancira s sredstvi Evropskega sklada za regionalni razvoj v vrednosti 296.891,52 EUR. / Das Projekt KaraWAT wird im Rahmen des Kooperationsprogrammes Interreg V-A Slowenien-Österreich vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung in Höhe von 296.891,52 EUR gefördert.

Vodilni partner / **Führungspartner**: GeoZS

Avtorji gradiva / **Autoren des Materials**:

dr. Nina Rman, univ. dipl. ing. geol.

Jan Udovč, mag. inž. geol.

mag. Andrej Lapanje, univ. dipl. ing. geol.

mag. Joerg Prestor, univ. dipl. ing. geol.

Petra Meglič, univ. dipl. ing. geol.

dr. Luka Serianz, mag. inž. geol.

VSEBINA

1. POVZETEK.....	1
2. ZUSAMMENFASSUNG.....	1
3. SUMMARY.....	3
4. NAMEN	4
5. ČEZMEJNI VODONOSNIK PECE IN OBSTOJEČA MERILNA MESTA	5
6. VGRAJENA MERILNA OPREMA	8
6.1. VODNI ROV	8
6.1.1. Lokacija meritve	9
6.1.2. Specifikacija opreme	10
6.1.3. Meritve pretoka vode za umeritveno krivuljo	11
6.1.4. Meritve dne 28. 9. 2021	11
6.1.5. Meritve dne 18. 11. 2021	13
6.1.6. Umeritvena krivulja	13
6.1.7. Temperatura podzemne vode	14
6.1.8. Prikaz merjenih podatkov.....	14
6.2. RUDNIK TOPLA.....	16
6.2.1. Lokacija meritve	16
6.2.2. Specifikacija opreme	16
6.2.3. Meritve pretoka vode.....	17
6.2.4. Temperatura vode	18
6.2.5. Prikaz merjenih podatkov.....	19
6.2.6. Meritve izotopske sestave vode v rudniku toplja	20
6.3. RAZBREMENILNIK TOPLA	21
6.3.1. Lokacija meritve	21
6.3.2. Specifikacija opreme	21

6.3.3. Prikaz merjenih podatkov	23
7. LITERATURA	24

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz merjenih podatkov na spletni strani trijezičnega spletnega pregledovalnika.....	4
Slika 2: Litološka sestava Pece z okolico (vodonosnik Pece je označen z vijolično poševno šrafuro), vir: pregledovalnik KaraWAT.	5
Slika 3: Območje čezmejnega vodonosnika Pece in glavne smeri toka podzemne vode, vir: pregledovalnik KaraWAT.	5
Slika 4: Hidrološka mreža in nacionalne merilne postaje za spremljanje vodnega kroga v okolici pogorja Pece, od padavin do podzemne vode, vir: pregledovalnik KaraWAT.	6
Slika 5: Hidrološka mreža in nacionalne merilne postaje za spremljanje kakovosti vode, za površinske in podzemne vode, v pogorju Pece vir: pregledovalnik KaraWAT.....	7
Slika 6: Lokacije novih opazovalnih točk za vodno bilanco kraških podzemnih voda v Peci (modri polkrogi).....	8
Slika 7: Informacijska tabla o financiranju opreme je nameščena na stopnicah ob/pred prihodom do gladine podzemne vode.	9
Slika 8: Shematsko prikazani položaj merilnega mesta pretoka.	9
Slika 9: Nekoliko višje v rovu od merilnega mesta, sotočje dveh kanalov, kjer tudi izteka voda iz spodnjih rovov. Vpadnik Moring ima najnižjo koto 332 m, vpadnik Union pa 300 m.	10
Slika 10: (levo) Merilno mesto – v vodnem rovu ob merilni lati. Podzemlje Pece uporablja koto 417 m za dno kanala na merilnem mestu. (desno) Mesto vnosa soli za umeritveno krivuljo meritve pretoka je 25 m v gorvodni smeri.	10
Slika 11: Merilno mesto v vodnem rovu ob merilni lati – potopljen dajver (levo) in drugi pod stropom (desno). Gladina se preračunava kot razlika obeh podatkov.	11
Slika 12: Primer zanesljive meritve pretoka na merilnem mestu.	12
Slika 13: Primer manj zanesljive meritve pretoka na merilnem mestu.	12
Slika 14: Linearna umeritvena krivulja - Vodni rov Union Mežica-Prevalje.	13
Slika 15: Polinomska umeritvena krivulja drugega reda - Vodni rov Union Mežica-Prevalje.	14
Slika 16: Merjeni podatki gladine na dajverju in ročno določenega pretoka s soljo v vodnem rovu do julija 2022.	14
Slika 17: Merjeni podatki gladine na dajverju in temperature podzemne vode do julija 2022 – vodni rov.	15
Slika 18: Izračunani pretoki v vodnem rovu po linearni (modro) in polinomski enačbi (sivo). Razlikujeta se predvsem v ekstremih. Na pregledovalniku je označeno kot Q1 in prikazuje se polinomski izračun.	15
Slika 19: Nameščen del opreme v rudniku Topla in opravljanje meritev pretoka z razredčenjem soli. 16	
Slika 20: Nameščen registrator in sončne celice za energijo pred vhodom v rudnik in nameščena info tabla o financiranju nakupa.	17
Slika 21: Linearna umeritvena krivulja neuporabljene vode iz rudnika Topla.	18
Slika 22: Polinomska umeritvena krivulja neuporabljene vode iz rudnika Topla.....	18
Slika 23: Merjeni podatki gladine in ročne meritve pretoka v kanalu do julija 2022 – rudnik Topla.....	19

Slika 24: Merjeni podatki gladine in temperature podzemne vode v kanalu do julija 2022 – rudnik Topla.	19
Slika 25: Izračunani pretoki neuporabljene vode, ki izteka iz Rudnika Topla po linearni (modro) in polinomski enačbi (sivo). Razlikujeta v ekstremih. Na pregledovalniku je označeno kot Q1 in prikazuje se polinomski izračun.	19
Slika 26: Sestava stabilnega izotopa kisika in vodika v vodni molekuli na iztoku iz rudnika Topla ter mineralni vodi Rimski vrelec v letu 2021 (ter primerjava s slednjim iz 2014).	21
Slika 27: Razbremenilnik Topla in nameščen registrator za zapis podatkov.	22
Slika 28: Mesto merilca pretoka (modra oprema na desni), katerega količine se zapisujejo na novem registratorju, ter mesto meritve gladine s sondo (levo, rdeča puščica) za določitev pretoka prelivne vode. (Desno) Nameščena merilna sonda za gladino in količino iztoka neuporabljene, prelivne vode.	22
Slika 29: (levo) Iztok prelivne vode iz razbremenilnika Topla ter (desno) jašek, ki bo konec 2022 deloma zaprt z V-prelivom za meritve pretoka z novo sondo za gladino podzemne vode in umeritveno krivuljo.	23
Slika 30: Prikaz avtomatskega zapisa količine odvzema vode (1 impulz je 1 m ³ na uro). Do srede novembra 2021 je bil zapis na 5 minut, nato na 1 uro.	23
Slika 31: Prikaz moduliranega zapisa količine odvzema vode (pretvorba iz 1 m ³ na uro v l/s). Pretok niha med 1,7 in do 10 l/s, s posameznimi viški do 16 oz. 20 l/s in je poleti višji kot v hladnejših mesecih. Na pregledovalniku je označeno kot Q1.	23
Slika 32: Meritve gladine v prelivu neuporabljene vode iz razbremenilnika Topla od 13.4.2022 naprej. Na pregledovalniku je označeno kot Q presežna.	23
Slika 33: Linearna umeritvena krivulja preliwa neuporabljene vode iz razbremenilnika Topla.	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Meritve pretoka 28.9.2021.	12
Preglednica 2: Meritve pretoka 18. 11. 2021.	13
Preglednica 3: Podatki za umeritveno krivuljo GeoZS – Mežica – metoda s soljo in s čolničkom.	13
Preglednica 4: Osnovna statistika merjenih podatkov v vodnem rovu Mežica-Prevalje.	15
Preglednica 5: Meritve pretoka 7. 10. 2021.	17
Preglednica 6: Meritve pretoka 18. 11. 2021.	17
Preglednica 7: Podatki za umeritveno krivuljo GeoZS-Topla.	17
Preglednica 8: Osnovna statistika merjenih podatkov neuporabljene vode iz rudnika Topla.	20
Preglednica 9: Primerjava izotopske sestave izvirske vode na Peci.	21
Preglednica 10: Osnovna statistika merjenih podatkov uporabljene vode v razbremenilniku Topla od 20.11.2021 do julija 2022.	24

1. POVZETEK

Pogorje Pece tvori čezmejni kraški vodonosnik, ki je zelo pomemben vir pitne vode za prebivalce Koroške. Je del Prekomejnega podzemnega vodnega telesa Karavanke, s katerim skupaj upravljata Avstrija in Slovenija.

Za spremljanje kraških voda na Peci smo jeseni 2021 vzpostavili tri merilna mesta z avtomatskim urnim beleženjem količine iztoka in temperature podzemne vode, dve za iztok iz rudnika Topla in enega v vodnem rovu rudnika Mežica - Podzemlje Pece. Pridobljeni podatki so prosto dostopni na trijezičnem spletnem pregledovalniku na povezavi <https://geopark-karawanken-waters.eu/dashboard>, ter so namenjeni dolgoročni oceni trendov količinskega stanja podzemne vode na Peci in spremljanju njene vodne bilance. Izobraževalne vsebine o vodnem krogu na Peci in te meritve so dostopne tudi v novem Geopark centru za obiskovalce GEO.DOM na Peci.

V širšem območju deluje že 5 padavinskih postaj, 2 hidrološki merilni postaji za površinske vode ter 2 za podzemne vode ter 4 postaje za monitoring kakovosti površinske vode in 5 za podzemno vodo. Nova merilna mesta so edine lokacije v slovenskem delu čezmejnega Geoparka Karavanke, kjer se spremlja količinsko stanje podzemnih voda. To se večinoma ne meri direktno s števcem pretoka, ampak se količina vode izračuna iz izmerjene gladine podzemne vode v poznanem profilu ter umeritvene krivulje, ki smo jo postavili z določitvijo pretoka z uporabo metode razredčenja sledila - kuhinjske soli.

Določitev pretoka v vodnem rovu Union Mežica-Prevalje v obdobju september 2021 – junij 2022 podaja povprečno vrednost pretoka $407,9 \pm 25,5$ l/s s stalnim trendom zniževanja količine. To je znotraj razpona arhivskih meritev. Za izračun smo uporabili polinomsko umeritveno krivuljo. Pred začetkom zalivanja rudnika je vanj pritekalo 650-700 l/s (Brenčič in sod. 2003), med 1958-1983 je bil povprečni dotok v jamo 663 l/s. Ob koncu 1997 je bil v neustaljeni fazi zalivanja spodnjih obzorij rudnika Mežica skupni iztok vode iz rudnika 218 l/s (prenehanje črpanja vode iz spodnjih obzorij). Kasneje ni bilo sistematičnih raziskav in ocenjen iztok je bil 399-637 l/s, s povprečjem okoli 500 l/s (Brenčič & Poltnig, 2008). Dne 2.3.2005 je bil skupni pretok 448 l/s, leta 2008 pa 399 l/s.

Temperatura vode v vodnem rovu je bila dne 2. 3. 2005 (Prestor in sod., 2005) $10,7$ °C, tekom naših meritev pa stalna in nekoliko višja, saj znaša $10,9$ °C. Pretok neuporabljene vode iz vhoda v rudnik Topla v obdobju oktober 2021 – junij 2022 je bil povprečno $41,6 \pm 1,22$ l/s z generalno upadajočim trendom količine. Prevoj je bil dosežen marca, od takrat pa je količina iztoka razmeroma konstantna. Tej količini moramo prišteti še zajeto vodo za vodooskrbo. Odvzem se meri v razbremenilniku Topla in je v obdobju november 2021-junij 2022 znašal $6,5 \pm 2,3$ l/s. Temu prištejemo še $3,7 \pm 0,5$ l/s neuporabljene vode. Seštevek obeh vrednosti poda oceno skupnega iztoka iz rudnika Topla v velikosti cca 52 l/s, kar je v razponu arhivskih vrednosti. Arhivski podatki za rudnik Topla kažejo ob koncu leta 1997 iztok skupaj 46,9 l/s, v letih 1977-1993 v povprečju 44,6 l/s (Brenčič in sod. 2003), 2. 3. 2005 54,0 l/s, leta 2008 pa 54,2 l/s. Temperatura vode v rudniku Topla je bila dne 2.3.2005 $5,8$ °C, nove meritve so pokazale povprečno vrednost $5,6 \pm 0,1$ °C, z najvišjo vrednostjo $5,9$ °C v začetku oktobra 2021.

2. ZUSAMMENFASSUNG

Die Petzen bildet einen grenzüberschreitenden Karstgrundwasserleiter, der für die Einwohner:innen von Kärnten und Slowenien eine sehr wichtige Trinkwasserquelle darstellt. Er ist Teil des grenzüberschreitenden Grundwasserkörpers Karawanken, der von Österreich und Slowenien gemeinsam verwaltet wird.

Zur Karstwasserüberwachung der Petzen wurden im Herbst 2021 drei Messstellen mit automatischer stündlicher Aufzeichnung des Grundwasserabflusses und der Temperatur eingerichtet, zwei für den Abfluss aus dem Bergwerk Topla und eine im Wasserstollen des Bergwerks Mežica - Podzemlje Pece. Die gewonnenen Daten sind über einen dreisprachigen Webviewer unter <https://geopark-karawanken-waters.eu/dashboard> frei zugänglich. Sie sind für die langfristige Bewertung der Entwicklung der Grundwassermenge im Gebiet Petzen und die Überwachung des Wasserhaushalts bestimmt. Pädagogische Inhalte über den Wasserkreislauf der Petzen und die Messungen sind auch im neuen Geopark Besucherzentrum GEO.DOM auf Petzen verfügbar.

In der Region rund um die Messstellen gibt es bereits 5 Niederschlagsmessstellen, 2 hydrologische Messstellen für Oberflächengewässer und 2 für Grundwasser sowie 4 Messstellen für die Qualität von Oberflächengewässern und 5 für Grundwasser. Die neuen Messstellen sind die einzigen Orte im slowenischen Teil des grenzüberschreitenden Geoparks Karawanken, an denen die Grundwassermenge überwacht wird. Diese wird üblicherweise nicht direkt mit Durchflussmessern gemessen, sondern die Wassermenge wird aus dem gemessenen Grundwasserstand im bekannten Profil anhand einer Kalibrierkurve abgeschätzt. Die Durchflussmenge wird hierbei mittels Tracer-Verdünnungsmethode (Kochsalzlösung) bestimmt.

Die Bestimmung der Durchflussmenge im Wasserstollen Union Mežica-Prevalje für den Zeitraum September 2021 - Juni 2022 ergibt eine durchschnittliche Durchflussmenge von $407,9 \pm 25,5$ l/s mit einem stetigen Abwärtstrend. Dies liegt innerhalb des Bereichs der archivierten Messungen. Für die Berechnung wurde eine polynomiale Kalibrierungskurve verwendet. Vor der Flutung der Grube flossen 650-700 l/s in die Grube (Brenčič et al. 2003), zwischen 1958-1983 betrug der durchschnittliche Zufluss 663 l/s. Ende 1997, während der Phase der Bewässerung der unteren Horizonte des Bergwerks (Ende der Wasserentnahme aus den unteren Horizonten), betrug der gesamte Wasserabfluss des Bergwerks 218 l/s. Später wurden keine systematischen Erhebungen mehr durchgeführt, und der geschätzte Abfluss betrug 399-637 l/s, mit einem Durchschnitt von etwa 500 l/s (Brenčič & Poltnig, 2008). Am 2. 3. 2005 betrug der Gesamtabfluss 448 l/s, und 2008 waren es 399 l/s. Die Wassertemperatur im Wasserstollen betrug am 2. 3. 2005 $10,7^{\circ}\text{C}$, war aber während unserer Messungen konstant und leicht erhöht, nämlich $10,9^{\circ}\text{C}$.

Der Abfluss von ungenutztem Wasser aus dem Eingang der Grube Topla betrug im Zeitraum von Oktober 2021 bis Juni 2022 durchschnittlich $41,6 \pm 1,22$ l/s mit einer allgemein abnehmenden Tendenz der Menge. Eine Trendwende wurde im März 2022 erreicht und seitdem ist der Abfluss relativ konstant. Zu dieser Menge muss noch die Wasserentnahme für die Wasserversorgung hinzugerechnet werden. Die Entnahme wird an der Druckentlastungsstation Topla gemessen und betrug im Zeitraum November 2021-Juni 2022 $6,5 \pm 2,3$ l/s. Dazu kommen $3,7 \pm 0,5$ l/s unbenutztes Wasser. Die Summe dieser beiden Werte ergibt eine Schätzung des Gesamtabflusses aus der Grube Topla von ca. 52 l/s, was im Bereich der archivierten Werte liegt. Archivdaten für die Grube Topla zeigen einen Gesamtabfluss von 46,9 l/s Ende 1997, einen Durchschnitt von 44,6 l/s im Zeitraum 1977-1993 (Brenčič et al., 2003), 54,0 l/s am 2.3.2005 und 54,2 l/s im Jahr 2008. Die Wassertemperatur in der Grube Topla betrug am 2.3.2005 $5,8^{\circ}\text{C}$, neue Messungen zeigen einen Durchschnittswert von $5,6 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, mit einem Höchstwert von $5,9^{\circ}\text{C}$ Anfang Oktober 2021.

3. SUMMARY

The Peca / Petzen mountain forms a transboundary karst aquifer, which is a very important source of drinking water for the inhabitants of Carinthia and Slovenia. It is part of the Transboundary Groundwater Body Karavanke/Karawanken, which is jointly managed by Austria and Slovenia.

To monitor the karst waters of the Peca / Petzen Mt., three measuring points with automatic hourly recording of the groundwater discharge and temperature were set up in autumn 2021, two for the outflow from the Topla mine and one in the water tunnel of the Mežica mine – Podzemlje Pece. The data obtained are freely available on a trilingual web viewer at <https://geopark-karawanken-waters.eu/dashboard>. They are intended for long-term assessment of groundwater quantity trends in the Peca / Petzen area and monitoring of its water balance. Educational content on Peca / Petzen mountain water cycle and groundwater measurements are also available at the new Geopark visitor centre on Peca / Petzen, named GEO.DOM.

In the wider area, there are already 5 rainfall stations, 2 hydrological monitoring stations for surface waters and 2 for groundwaters, and 4 surface waters quality monitoring stations and 5 for groundwaters. The new monitoring sites are the only locations in the Slovenian part of the crossborder Geopark Karawanken-Karavanke where groundwater quantity is monitored. The water quantity (discharge) is mostly not measured directly with flow meters, but it is calculated from the measured groundwater level in the known profile using a calibration curve. This was established by determining the flow rate using the tracer dilution method - table salt.

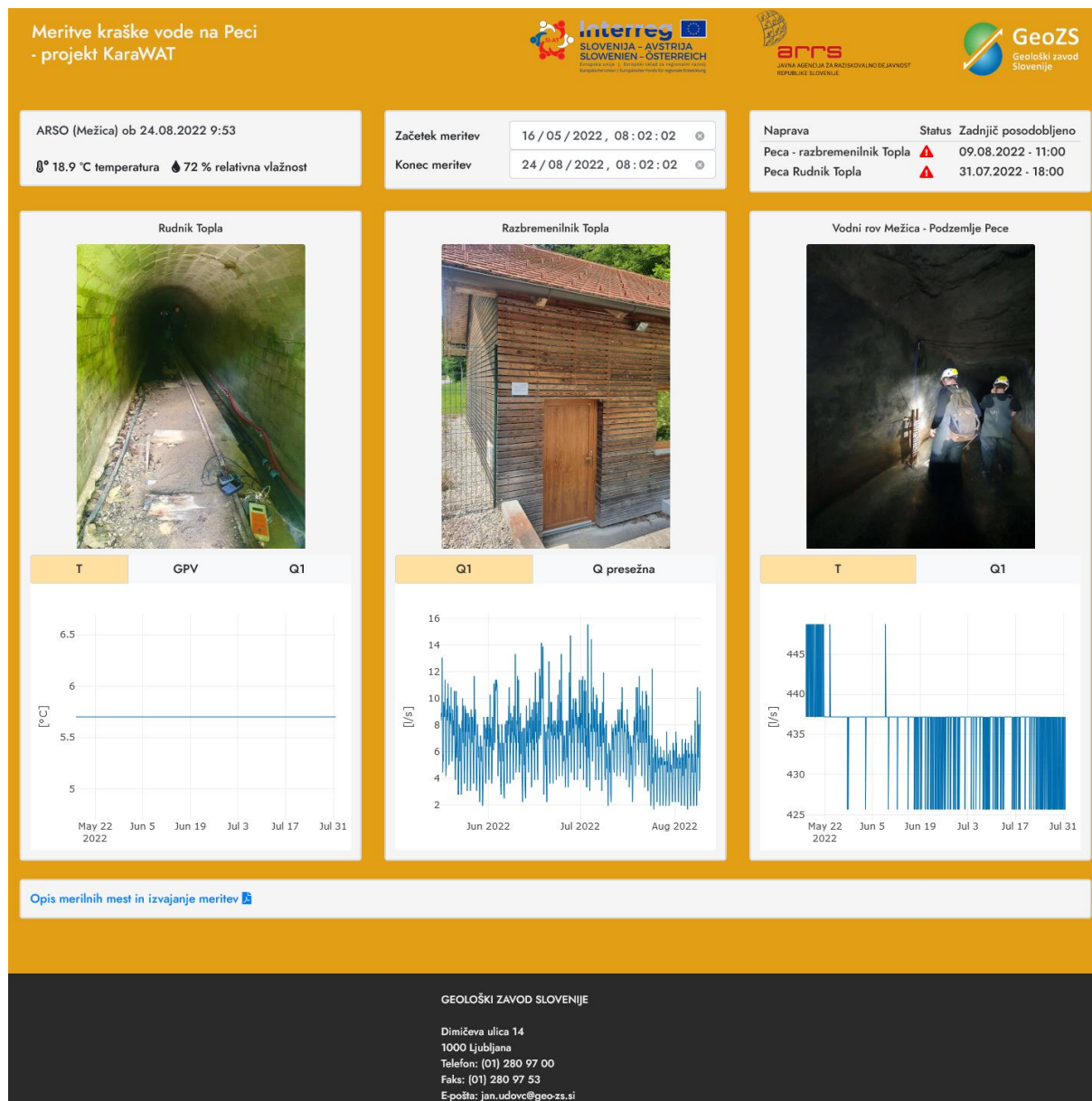
The determination of the flow rate in the water tunnel Union Mežica-Prevalje mine for the period September 2021 - June 2022 gives an average flow rate of 407.9 ± 25.5 l/s with a steady downward trend. This is within the range of the archived measurements. A polynomial calibration curve was used for the calculation. Before the mine started to be flooded, 650-700 l/s flowed into the mine (Brenčič et al. 2003), between 1958-1983 the average inflow was 663 l/s. At the end of 1997, during the phase of watering the lower horizons of the mine (end of water extraction from the lower horizons), the total water discharge from the mine was 218 l/s. Later, no systematic surveys were carried out and the estimated discharge was 399-637 l/s, with an average of about 500 l/s (Brenčič & Poltnig, 2008). On 2 March 2005 the total discharge was 448 l/s, and in 2008 it was 399 l/s. The water temperature in the water tunnel was 10.7 °C on 2. 3. 2005, but during our measurements it was constant and slightly higher, at 10.9 °C.

The flow of unused water outflowing from the entrance to the Topla mine during the period October 2021 - June 2022 averaged 41.6 ± 1.22 l/s with a generally decreasing trend in volume. A trend change was reached in March 2022 and since then the discharge has been relatively constant. To this volume must be added the water abstracted for water supply. The abstraction is measured at the Topla pressure-release water station and amounted to 6.5 ± 2.3 l/s in the period November 2021-June 2022. We have to add to this 3.7 ± 0.5 l/s of unused water. The sum of these two values gives an estimate of the total outflow from the Topla mine of approximately 52 l/s, which is within the range of the archived values. Archival data for the Topla mine show a total discharge of 46.9 l/s at the end of 1997, an average of 44.6 l/s in 1977-1993 (Brenčič et al., 2003), 54.0 l/s on 2 March 2005 and 54.2 l/s in 2008. The water temperature in the Topla mine was 5.8 °C on 2. 3. 2005, new measurements show an average value of 5.6 ± 0.1 °C, with a maximum value of 5.9 °C in early October 2021.

4. NAMEN

Pri aktivnosti spremljanja kraških voda v pogorju Pece smo vzpostavili tri nova merilna mesta beleženja dinamike podzemne vode, dve za iztok iz rudnika Topla in enega v rudniku Mežica - Podzemlje Pece. Merilni mesti v rudnikih smo izbrali v sodelovanju s podjetjem PODZEMLJE PECE, d.o.o, tako da omogočata primerljivost podatkov z arhivskimi meritvami. Za namestitev in vzdrževanje opazovalne opreme ter uporabo pridobljenih podatkov v rudnikih Mežica in Topla smo sklenili štiripartirno pogodbo med PODZEMLJE PECE, d.o.o., Gradbeni materiali d.o.o., občino Črna na Koroškem in Geološkim zavodom Slovenije.

Z novimi merilnimi postajami se pridobivajo javni podatki za dolgoročno opazovanje drenajnih sistemov podzemne vode čezmejnega kraškega masiva Pece. Zvezne meritve količine izтока ter temperature podzemne vode se beležijo urno in so prosto dostopne na trijezičnem spletnem pregledovalniku na povezavi <https://geopark-karawanken-waters.eu/dashboard>.

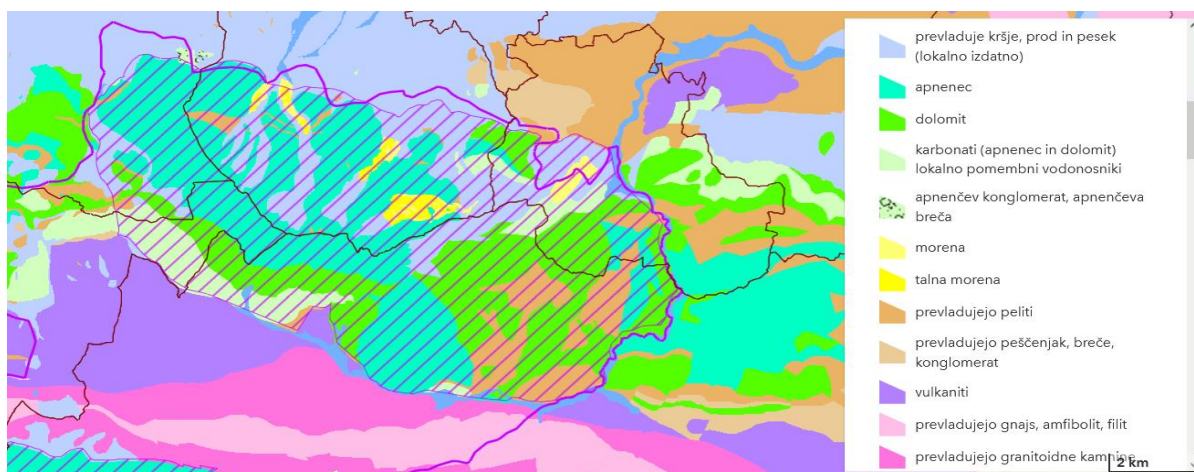


Slika 1: Prikaz merjenih podatkov na spletni strani trijezičnega spletnega pregledovalnika.

Pripravili smo tudi izobraževalne vsebine, ki so dostopne v novem centru za obiskovalce GEO.DOM na Peci. Zanj smo kupili televizijski sprejemnik in tablične računalnike s pripomočki za izvedbo predstavitev navidezne resničnosti.

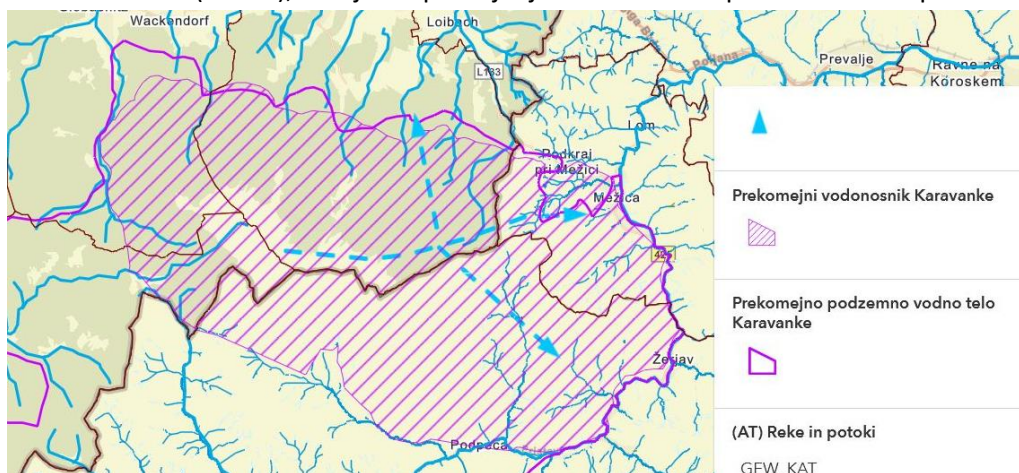
5. ČEZMEJNI VODONOSNIK PECE IN OBSTOJEČA MERILNA MESTA

Za podrobno seznanitev z geologijo Pece priporočamo branje monografije Hidrogeologija Karavank (območje Pece) (Brenčič & Poltnig, 2008). Pogorje Pece je zgrajeno pretežno iz zakraselih karbonatnih kamnin (Slika 2). Na apnencu in dolomitu skoraj ni površinskega odtoka (Slika 4), temveč se vsa voda pretaka podzemno in izdanja na površje v kraških izvirih ob vznožju gorskega masiva. Ti obilni vodni viri se pogosto uporabljajo za oskrbo s pitno vodo. Vodonosnik Pece je čezmejen in eden izmed petih takšnih vodonosnikov, ki skupaj sestavljajo Prekomejno podzemno vodno telo Karavanke, ki si ga delimo Slovenija in Avstrija (Slika 3).



Slika 2: Litološka sestava Pece z okolico (vodonosnik Pece je označen z vijolično poševno šrafuro), vir: pregledovalnik KaraWAT.

Iz sledilnih preizkusov in smeri toka podzemne vode na Peci je razvidno, da se je velik del izteka na slovensko stran (Slika 3), zato je za spremljanje vodne bilance potrebno dobro poznavanje količin izтока.

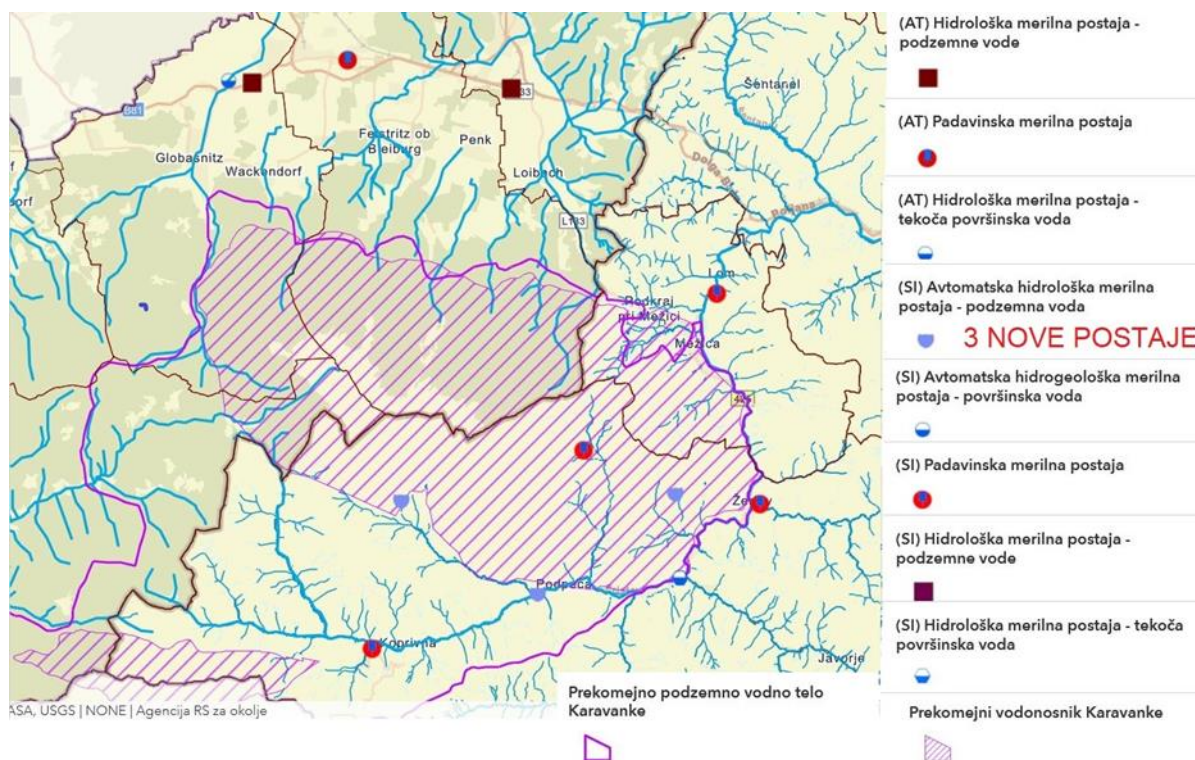


Slika 3: Območje čezmejnega vodonosnika Pece in glavne smeri toka podzemne vode, vir: pregledovalnik KaraWAT.

Na območju čezmejnega kraškega vodonosnika Pece se že nahaja nekaj nacionalnih opazovalnih / merilnih mest. Za ugotavljanje količinskega stanja vodnega kroga so to (Slika 4):

- Padavinske postaje: Podpeca, Mežica in Žerjav, nekoliko dlje sta Koprivna in St. Michael ob Bleiburg / Šmihel pri Pliberku
- Hidrološke merilne postaje za površinske vode: Črna-Meža, St. Stefan / Šteben OWF
- Hidrološke merilne postaje za podzemne vode: Loibach / Libuče, St. Stefan / Šteben.

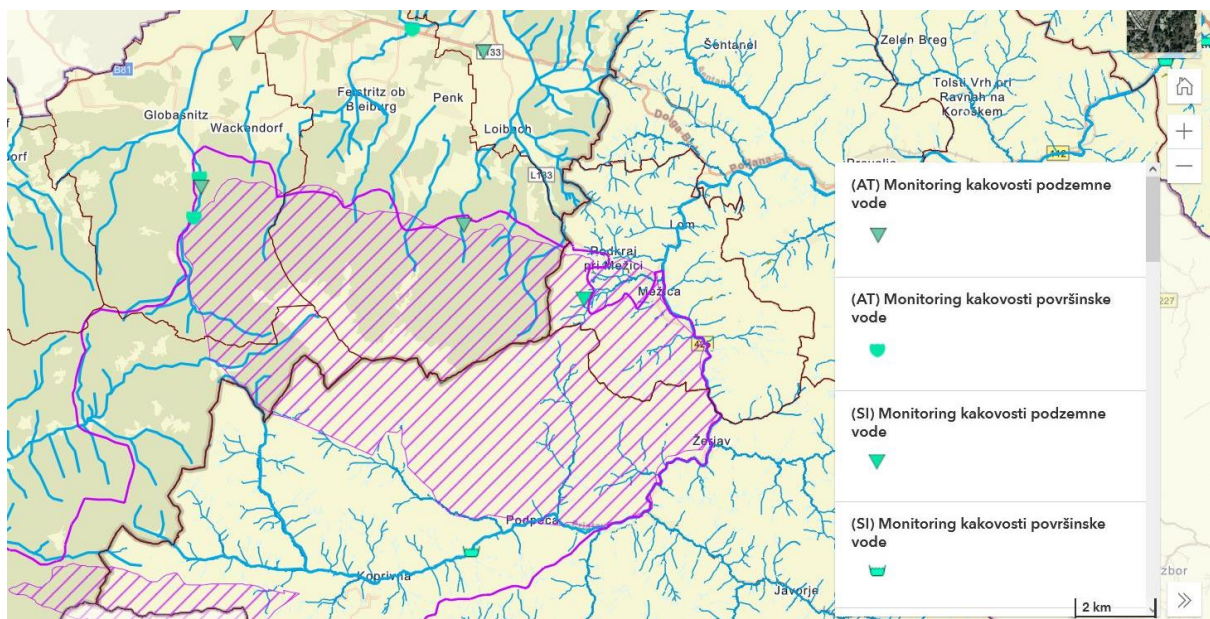
Sedaj smo ponovno usposobili meritve na treh merilnih mestih (Slika 4), ki skupno povzemajo iztok iz rudnikov Topla in Mežica in so ključna za ciljne hidrogeološke raziskave in vodno bilanco pogorja Pece.



Slika 4: Hidrološka mreža in nacionalne merilne postaje za spremljanje vodnega kroga v okolici pogorja Pece, od padavin do podzemne vode, vir: pregledovalnik KaraWAT.

Za ugotavljanje kakovostnega stanja površinskih in podzemnih voda v Geoparku že delujejo (Slika 5):

- Monitoring kakovosti površinske vode: Meža, Feistritz Gonowitz / Bistrica nad Pliberkom, uh. Podrain / Podroje uh. QBW in uh. Podrain / Podroje oh. QBW
- Monitoring kakovosti podzemne vode, na izviri: Šumec, Podrain / Podroje oh. QBW (ni imena izvira), Unterort / Podkraj (ni imena izvira), nekoliko dlje sta Ebersdorf / Drveša vas (ni imena izvira) in St. Stefan/Traundorf / Šteben/Strpna vas.



Slika 5: Hidrološka mreža in nacionalne merilne postaje za spremljanje kakovosti vode, za površinske in podzemne vode, v pogorju Pece vir: pregledovalnik KaraWAT.

Arhivski podatki kažejo (Brenčič in sod. 2003 in viri v njem), da je bil iztok iz rudnika po zaprtju v letih 1996-1997 povprečno 0,35 m³/h. Pred začetkom zalivanja rudnika je vanj pritekalo 650-700 l/s, v zelo stalni količini. Med 1958-1983 je bil povprečni dotok v jamo 663 l/s, po poglobljanju pa se količine niso dosti spremenile. Zalivanje rudnika se je pričelo v 1994, ko so prenehali črpati vodo v črpališču Union. Do novembra 1995 je bilo zalivanje od kote +268 do +302 m. Dvanajsto obzorje v Unionu na koti +418,75 m je voda dosegla 119 dan od začetka zalivanja rudnika. Nivo je nihal za okoli 20 cm, hidrološke razmere v jami pa so se stabilizirale po juliju 1996. Polmer ekvivalentnega znižanja je bil določen na 2,8-5,1 km (Prestor in sod. 2003). Ob koncu leta 1997 je bil skupni iztok vode iz rudnika 218 l/s, istočasno je iz Tople iztekalo skupaj 46,9 l/s. Kasneje ni bilo sistematičnih raziskav in ocenjen iztok je bil 399-637 l/s, s povprečjem okoli 500 l/s (Brenčič & Poltnig, 2008).

Iz rudnika Topla je v letih 1977-1993 iztekalo v povprečju 44,6 l/s (Brenčič in sod. 2003 in viri v njem) medtem ko Prestor (2004) navaja 48,3 l/s, z najnižjo količino 35 l/s in najvišjo 66,7 l/s. Meritve v 2002 in 2003 so pokazale od 56 do 70 l/s.

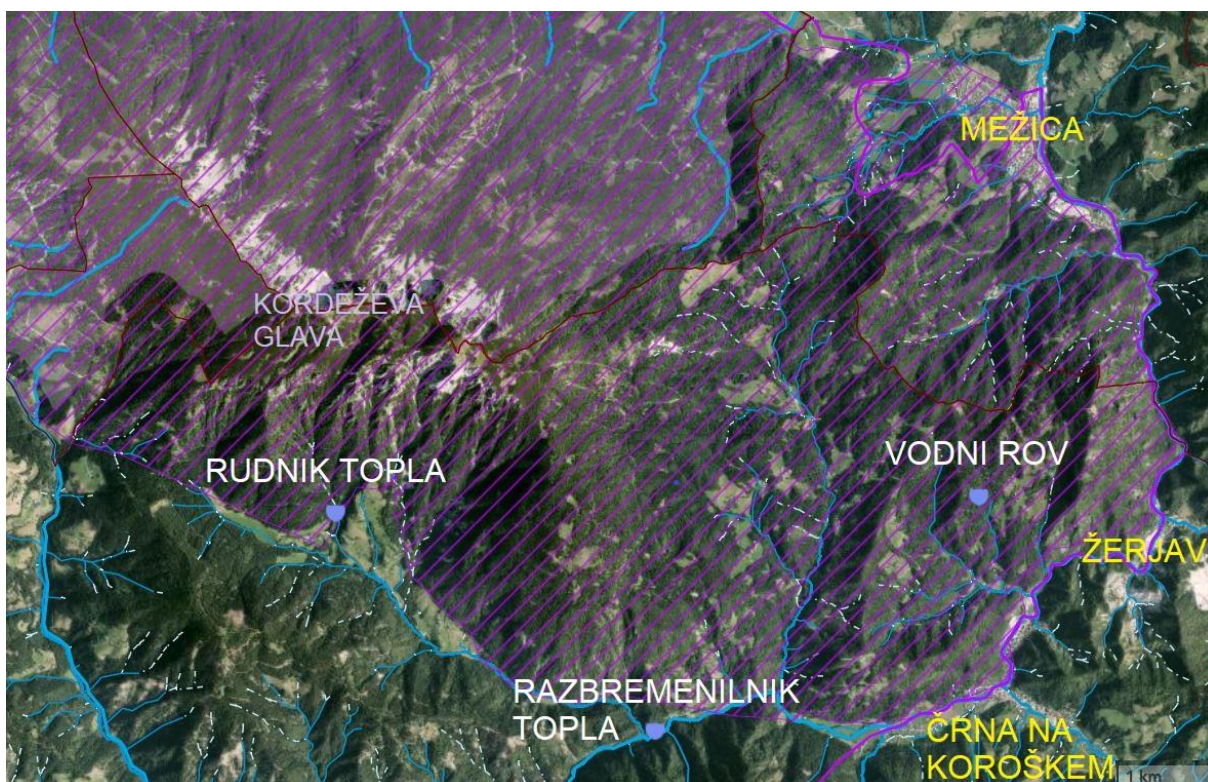
Iz Šumca je v letih 1977-1993 iztekalo 84,7 l/s (Brenčič in sod. 2003 in viri v njem). Kasnejši viri navajajo pretok Šumca I 41-92 l/s s poprečjem 50-60 l/s ter Šumca II 19-41 l/s, povprečno 22 l/s.

Sledilni preizkusi so dokazali, da voda iz Helenskega potoka, Šumahovega grabna in del reke Meže vsi zatekajo v rudnik (Brenčič in sod. 2003 in viri v njem). Ocena vodne bilance je tudi, da je skupen iztok izvirov v Avstriji 960 l/s, z avstrijskega dela v Slovenijo pa naj bi v izvire Šumca, Toplo in Mežico iztekalo še 220 l/s, vendar so to le ocene.

6. VGRAJENA MERILNA OPREMA

Opremo, ki omogoča avtomatske zvezne meritve z urnim zapisom, smo vgradili na treh merilnih mestih (Slika 6):

- V rudniku Podzemlje Pece pri Mežici smo v vodnem rovu črpališča Union dne 28. 9. 2021 vzpostavili merilno mesto za meritev pretoka in temperature podzemne vode.
- V rudniku Topla se od 7. 10. 2021 meri količina iztoka in temperatura neuporabljene vode.
- V razbremenilniku Topla se od 7. 10. 2021 meri odvzeta količina vode za vodooskrbo, od 13. 4. 2022 pa količina neuporabljene vode v prelivu.



Slika 6: Lokacije novih opazovalnih točk za vodno bilanco kraških podzemnih voda v Peči (modri polkrogi).

6.1. VODNI ROV

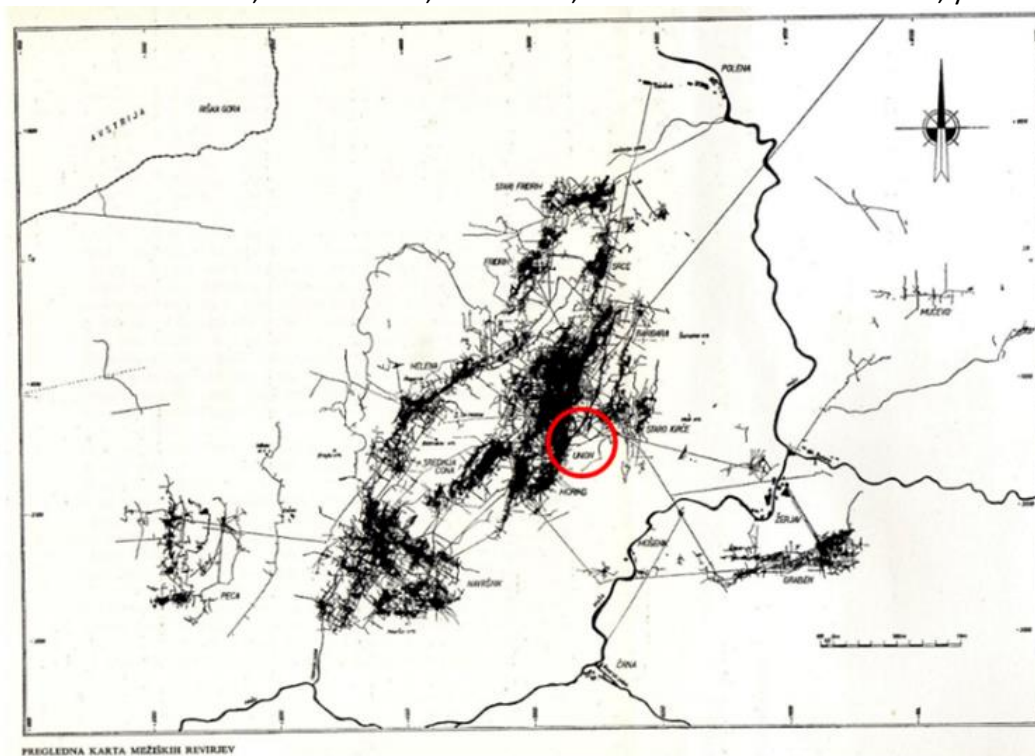
V rudniku Podzemlje Pece pri Mežici smo v vodnem rovu črpališča Union dne 28. 9. 2021 vzpostavili merilno mesto za meritev pretoka in temperature vode (Slika 8), tako da smo namestili merilno opremo – dajverje za merjenje gladine in temperature vode in zračnega tlaka v rovu (HOB0 Water Level Data Logger). Redno smo izvedli ročne meritve pretokov z uporabo metode razredčenja z merilnikom Flo-Tracer (Flo-tronic, 2003) v sušnem obdobju in času daljšega stabilnega vremena. Meritve pretoka smo ponavljali ob vseh obiskih merilnega mesta, ko smo podatke ročno odčitavali in prenašali v bazo. Iz tega smo izdelali umeritveno krivuljno in na podlagi odčitkov nivojske sonde avtomatsko, po dobljeni formuli, preračunali pretok vode.



Slika 7: Informacijska tabla o financiranju opreme je nameščena na stopnicah ob/pred prihodom do gladine podzemne vode.

6.1.1. LOKACIJA MERITVE

- GKY: 488 610, GKX: 149 300, Z = cca 418, rudniške koordinate x = -1395, y = 5140



Slika 8: Shematsko prikazani položaj merilnega mesta pretoka.



Slika 9: Nekoliko višje v rovu od merilnega mesta, sotočje dveh kanalov, kjer tudi izteka voda iz spodnjih rofov. Vpadnik Moring ima najnižjo koto 332 m, vpadnik Union pa 300 m.



Slika 10: (levo) Merilno mesto – v vodnem rovu ob merilni lati. Podzemlje Pece uporablja koto 417 m za dno kanala na merilnem mestu. (desno) Mesto vnosa soli za umeritveno krivuljo meritve pretoka je 25 m v gorvodni smeri.

6.1.2. SPECIFIKACIJA OPREME

Od dne 28. 9. 2021 sta nameščena dva diverja HOB0 Water Level Data Logger HOB0 U20 proizvajalca ONSET ser. Št. 21060787 in 21060788 za: i) meritve višine vodnega stolpca in temperature vode ter ii) meritve zračnega tlaka in temperature zraka. Merilno območje: temperaturni razpon od -20 do +50 °C (kalibrirano 0-40 °C) ter razpon gladine 0 – 4 m. Sonda za meritve višine vodnega stolpca in temperature vode je bila nameščena v vodni kanal vodoravno na vodomerno lato pri vrednosti 19,5 cm. Druga sonda meritve zračnega tlaka in temperature zraka pa pri vrhu rova in služi kot kompenzacijska sonda za zračni

tlak. Interval meritev je 1 ura (60 minut). Podatki se ročno pobirajo približno enkrat mesečno ob rednih meritvah in preverbi stanja s strani uslužbencev Podzemlje Pece d.o.o. za potrebe delovanja hidroelektrarne. S pomočjo umeritvene krivulje se iz meritev gladine izračuna trenutni pretok. V pregledovalniku podatkov je ta pretvorba izvedena avtomatsko.



Slika 11: Merilno mesto v vodnem rovu ob merilni lati – potopljen dajver (levo) in drugi pod stropom (desno). Gladina se preračunava kot razlika obeh podatkov.

6.1.3. MERITVE PRETOKA VODE ZA UMERITVENO KRIVULJO

Metoda razredčenja je posredna metoda meritev pretoka, ki temelji na vnosu umetnega sledila in opazovanju njegovega razredčenja dolvodno od vnosa (Musy in Higy, 2011). Za izračun pretoka smo uporabili izmerjene koncentracije sledila, ki so sorazmerne masi sledila in pretoka. Metoda je primerna predvsem za meritve pretokov vodotokov z razgibanim dnom struge in turbulentnim tokom, ki zagotavlja dobro mešanje in enakomerno porazdelitev sledila čez celoten merilni profil.

Pri meritvah smo za sledilo uporabljali navadno kuhinjsko sol v razmerju od 2 do 12 g soli na 1 l/s pretoka oziroma, da je sprememba v elektroprevodnosti med merjenjem vsaj 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HMZ RS, 1999). Pri izvedbi meritev smo upoštevali naslednje predpostavke (Musy in Higy, 2011):

- pretok med izvedbo meritev se ne spreminja,
- skozi merilni profil teče celotna količina sledilne raztopine in
- sledilo je popolnoma raztopljeno.

Na izbranih mestih smo vnesli znano količino soli, ki smo jo predhodno raztopili. Na dolvodnem merilnem mestu, določenem na razdalji, ki je zagotavljala enakomerno porazdelitev koncentracije soli po celotnem prečnem profilu vodotoka, smo zvezno merili elektroprevodnost in posredno koncentracijo soli s pomočjo merilca Flo-Tracer (Flo-tronic, 2003), ki je na podlagi integracije meritev koncentracije sledila izračunal pretok vodotoka (Musy in Higy, 2011).

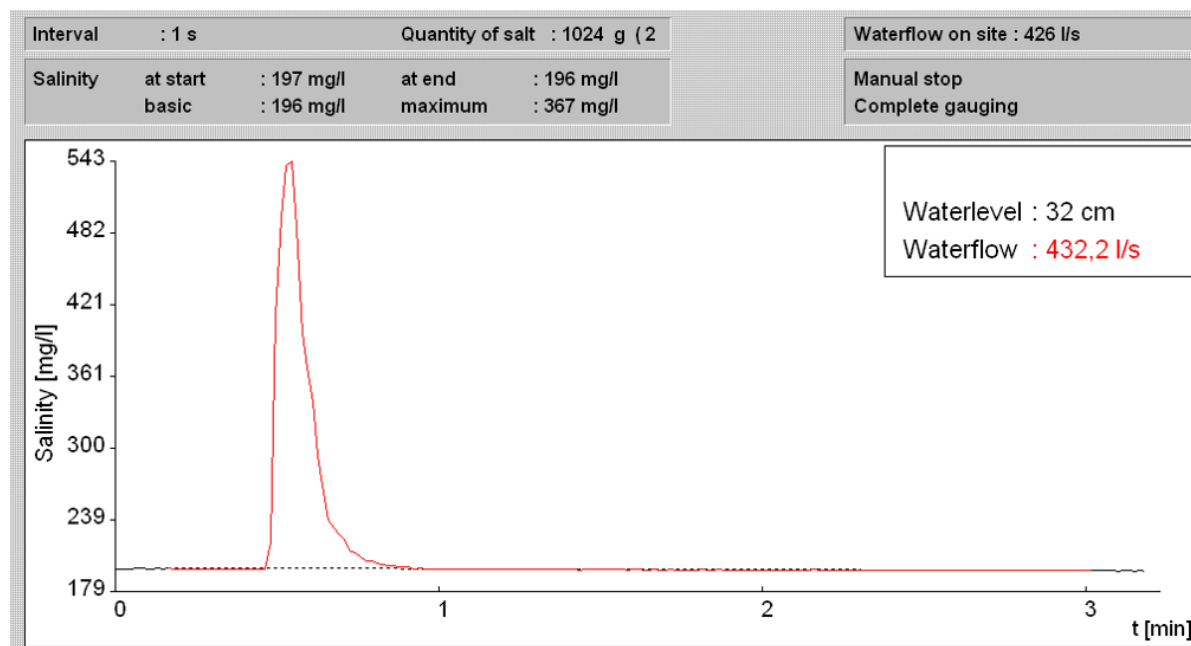
6.1.4. MERITVE DNE 28. 9. 2021

Meritve smo za boljšo natančnost opravili trikrat in z dvema merilcema. Izvedba in rezultati meritev so predstavljeni v Preglednica 1. Nivo vode v rovu je bil 28. 9. 2021 s pomočjo merilne late ob 9:45 določen na 32 cm. Ta podatek bomo uporabljali za določitev kote.

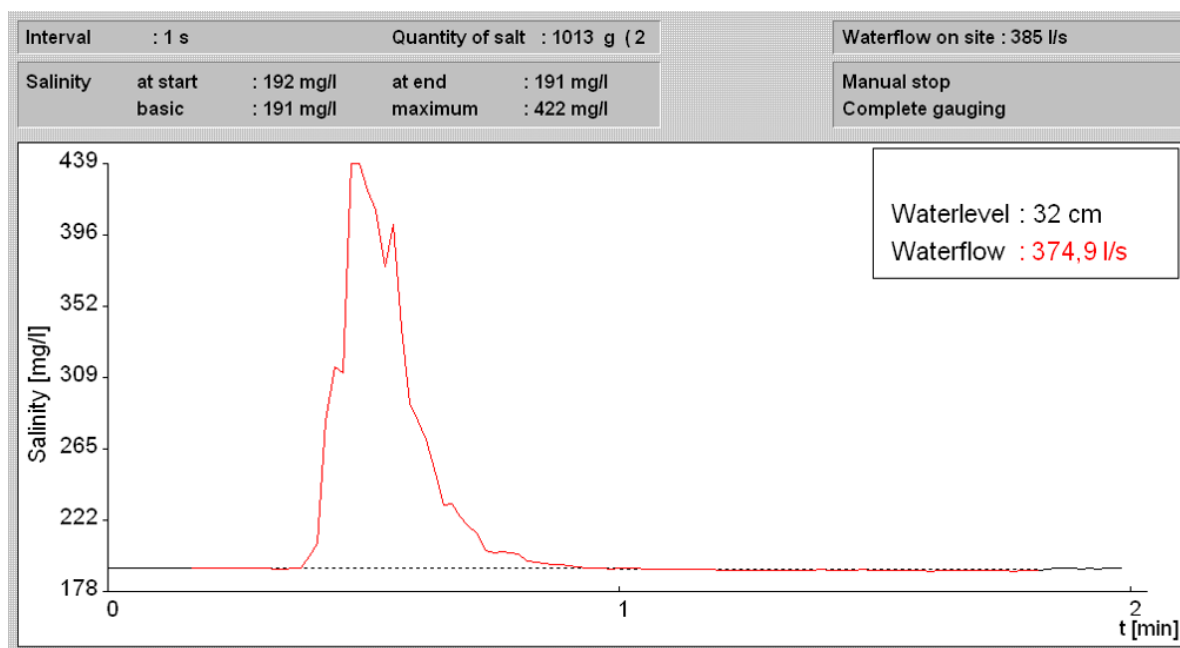
Preglednica 1: Meritve pretoka 28.9.2021.

Meritev	Količina raztopljene soli (g)	Razdalja od vnosa soli (m)	Merilec 1 – N (l/s)	Merilec 2 – S (l/s)
1	1024	25	432,2	423,1
2	1013	25	427,4	374,9
3	1019	25	439,3	399,4
Pov.				

Meritve so relativno stabilne in kažejo na razpon pretoka med 427 – 439 l/s (povprečje 433 l/s) pri *merilcu 1 – N* in razpon 374,9- 423,1 l/s (povprečje 399 l/s) pri *merilcu 2 – S*. Pregled meritev pokaže, da so bile najzanesljivejše v razponu od 423,1-439,3 l/s. Pri preostalih meritvah je bila večja nezanesljivost zaradi razporeditve koncentracije oblaka soli.



Slika 12: Primer zanesljive meritve pretoka na merilnem mestu.



Slika 13: Primer manj zanesljive meritve pretoka na merilnem mestu.

6.1.5. MERITVE DNE 18. 11. 2021

Naslednje meritve so potekale dne 18. 11. 2021. Nivo vode v rovu je bil 28.9.2021 s pomočjo merilne late ob 9:30 določen na 31 cm.

Preglednica 2: Meritve pretoka 18. 11. 2021.

Meritev	Količina raztopljene soli (g)	Razdalja od vnosa soli (m)	Merilec 1 – N (l/s)
1	1024	20	420,3

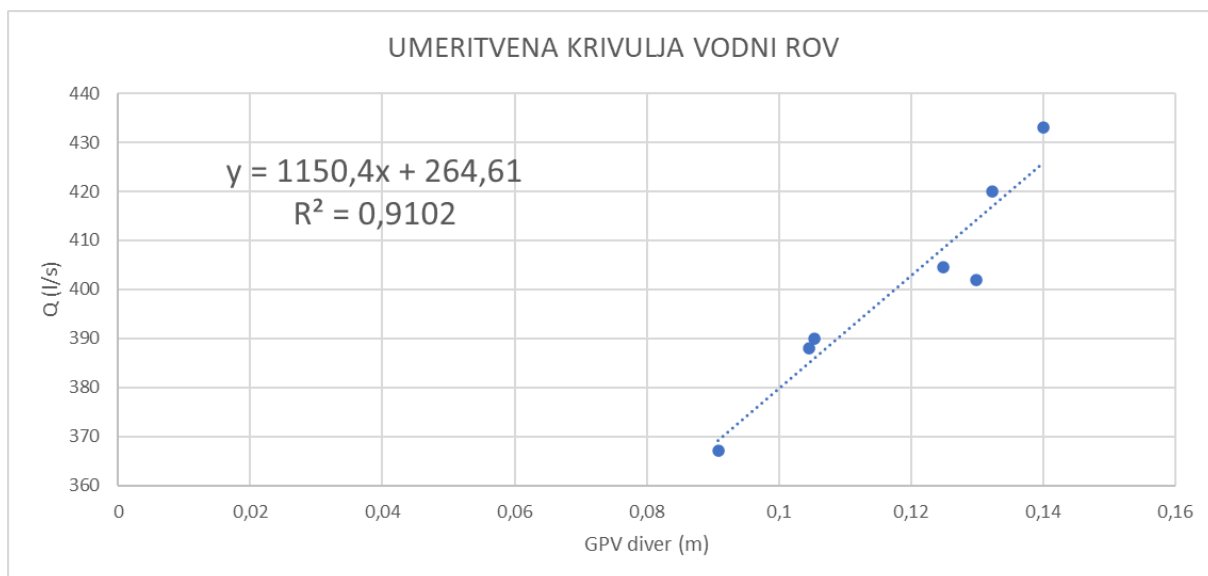
Meritev je glede na pretekle meritve pokazala smiseln rezultat. Zato je nismo ponovili. Pretok je znašal 420 l/s.

6.1.6. UMERITVENA KRIVULJA

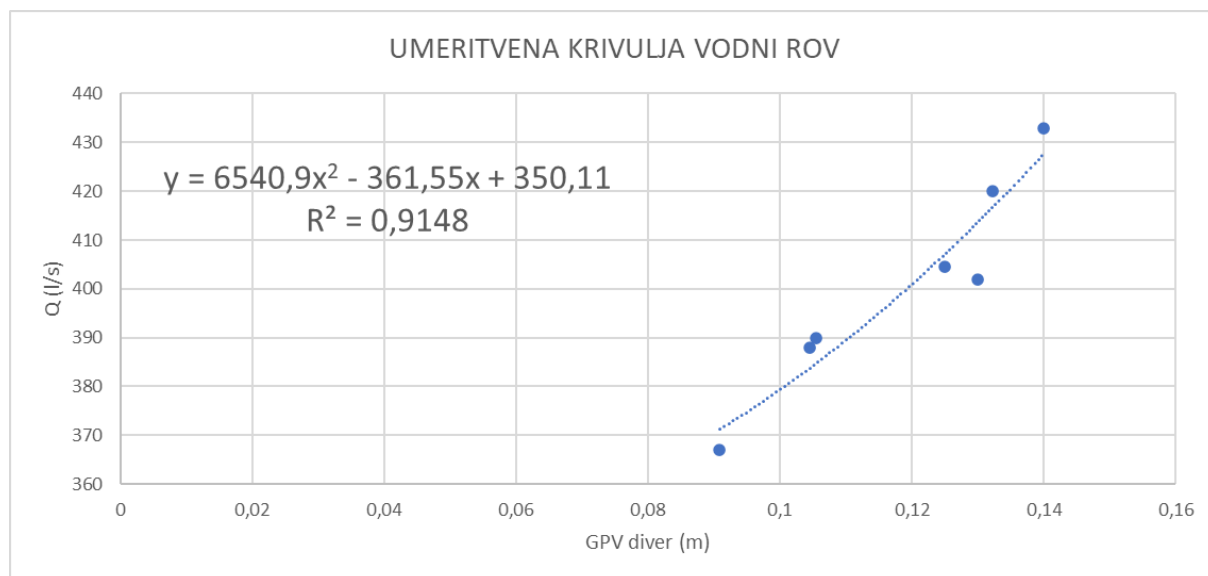
Za umeritveno krivuljo smo izvedli več meritev, ob vsakem obisku rova, približno mesečno. Podatki so zbrani v Preglednica 3, kjer je možna primerjava dveh metod – z raztapljanjem soli ter s čolničkom.

Preglednica 3: Podatki za umeritveno krivuljo GeoZS – Mežica – metoda s soljo in s čolničkom.

Datum	Pretok (l/s) Metoda s soljo	Pretok (l/s) Metoda s čolničkom	Nivo na lati (cm)	GPV na diverju (m)
28.9.2021 9:45	423,1-439,3		32,0	0,14
27.10.2020		754	51,0	/
18.11.2021 9:30	420,3		31,0	0,13
24.11.2021		515	33,0	0,14
21.12.2021		504	30,0	0,12
18.1.2022 9:30	402		29,0	0,13
22.2.2022 9:30	404,5		28,5	0,12
16.3.2022 9:45	390		27,0	0,11
14.4.2022 9:30	388		26,0	0,10
15.6.2022 9:30	367		25,0	0,09



Slika 14: Linearna umeritvena krivulja - Vodni rov Union Mežica-Prevalje.



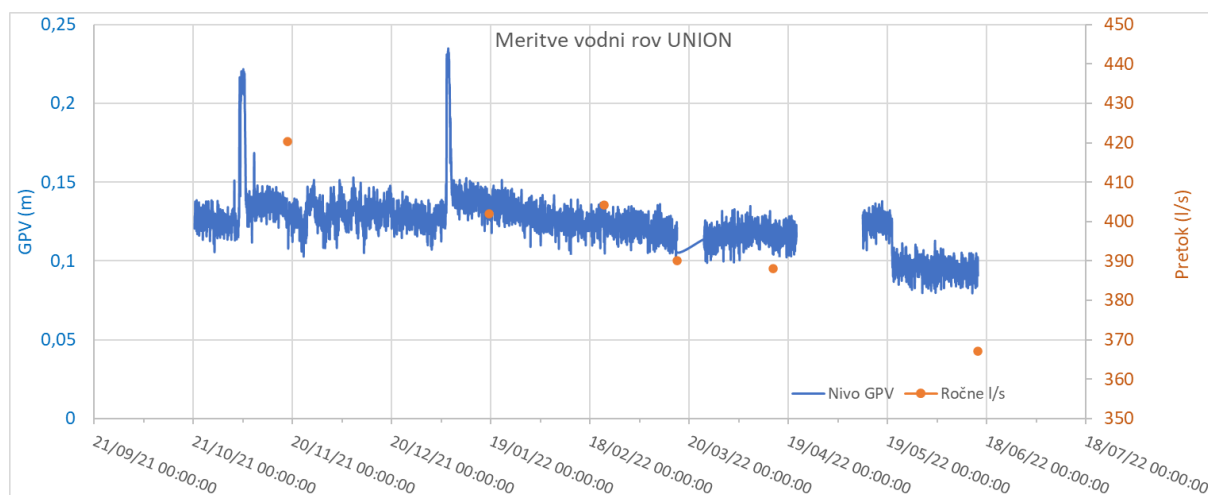
Slika 15: Polinomska umeritvena krivulja drugega reda - Vodni rov Union Mežica-Prevalje.

6.1.7. TEMPERATURA PODZEMNE VODE

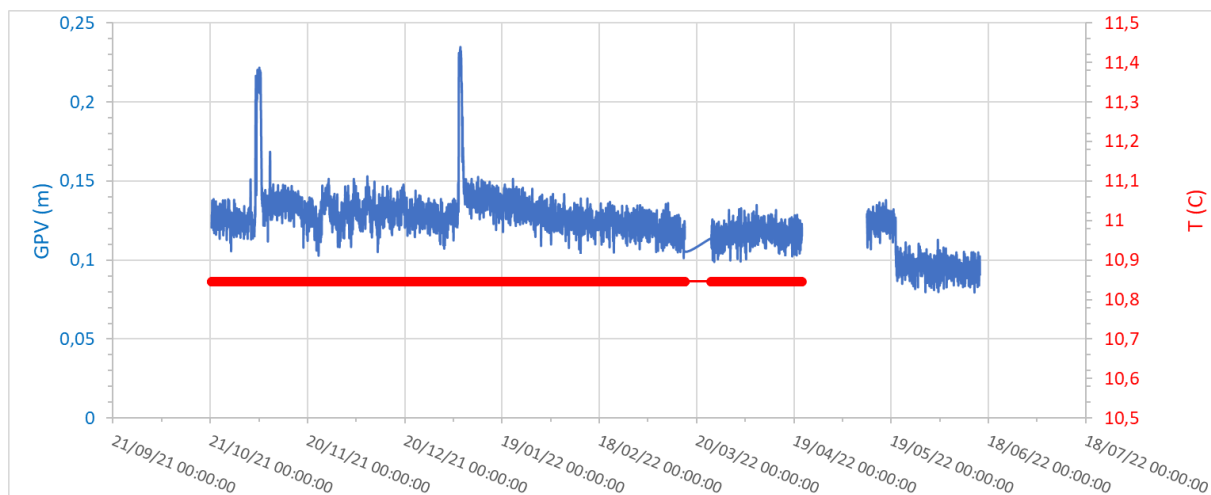
Temperatura vode v vodnem rovu je bila dne 2. 3. 2005 10,7 °C, skupni pretok pa 448 l/s ob višini vode na lati 30 cm. Leta 2008 je bila količina 399 l/s pri odčitku na lati 30 cm.

V času izvajanja meritev v vodnem rovu od septembra 2021 naprej je temperatura podzemne vode stalna in znaša 10,85 °C.

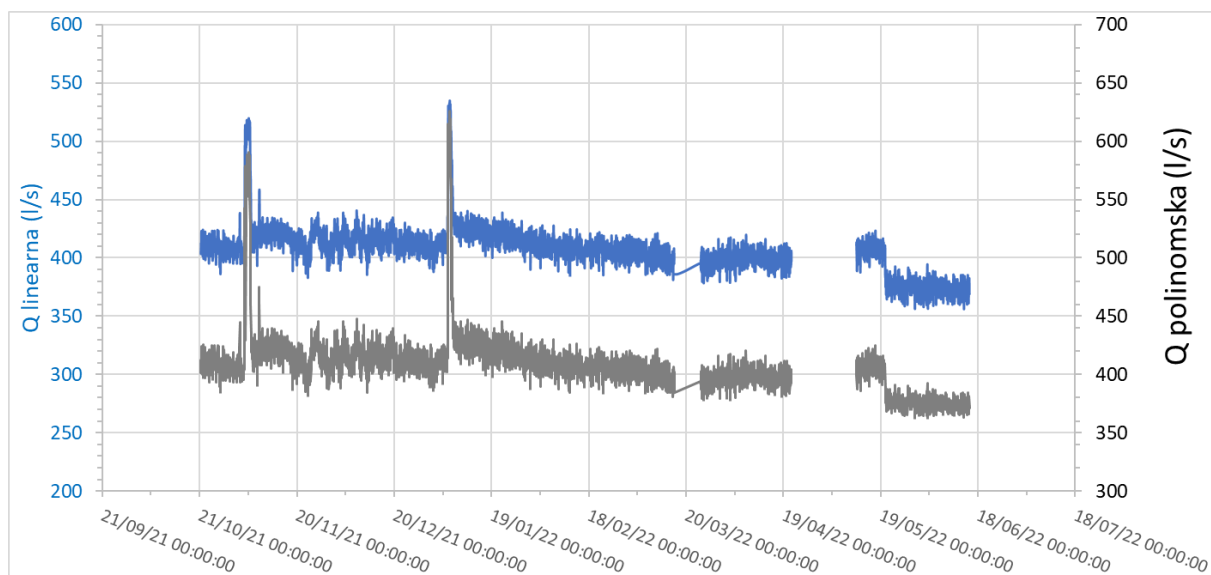
6.1.8. PRIKAZ MERJENIH PODATKOV



Slika 16: Merjeni podatki gladine na dajverju in ročno določenega pretoka s soljo v vodnem rovu do julija 2022.



Slika 17: Merjeni podatki gladine na dajverju in temperature podzemne vode do julija 2022 – vodni rov.



Slika 18: Izračunani pretoki v vodnem rovu po linearni (modro) in polinomski enačbi (sivo). Razlikujeta se predvsem v ekstremih. Na pregledovalniku je označeno kot Q1 in prikazuje se polinomski izračun.

Preglednica 4: Osnovna statistika merjenih podatkov v vodnem rovu Mežica-Prevalje.

	GPV (m)	T (°C)	Q – linearno (l/s)	Q – polinomska (l/s)
Min	0,08	10,85	356,1	362,7
Maks	0,23	10,85	534,8	626,1
Povprečje ± st. dev	0,12 ± 0,02	10,85 ± 0,0	407,3 ± 19,9	407,9 ± 25,5

6.2. RUDNIK TOPLA

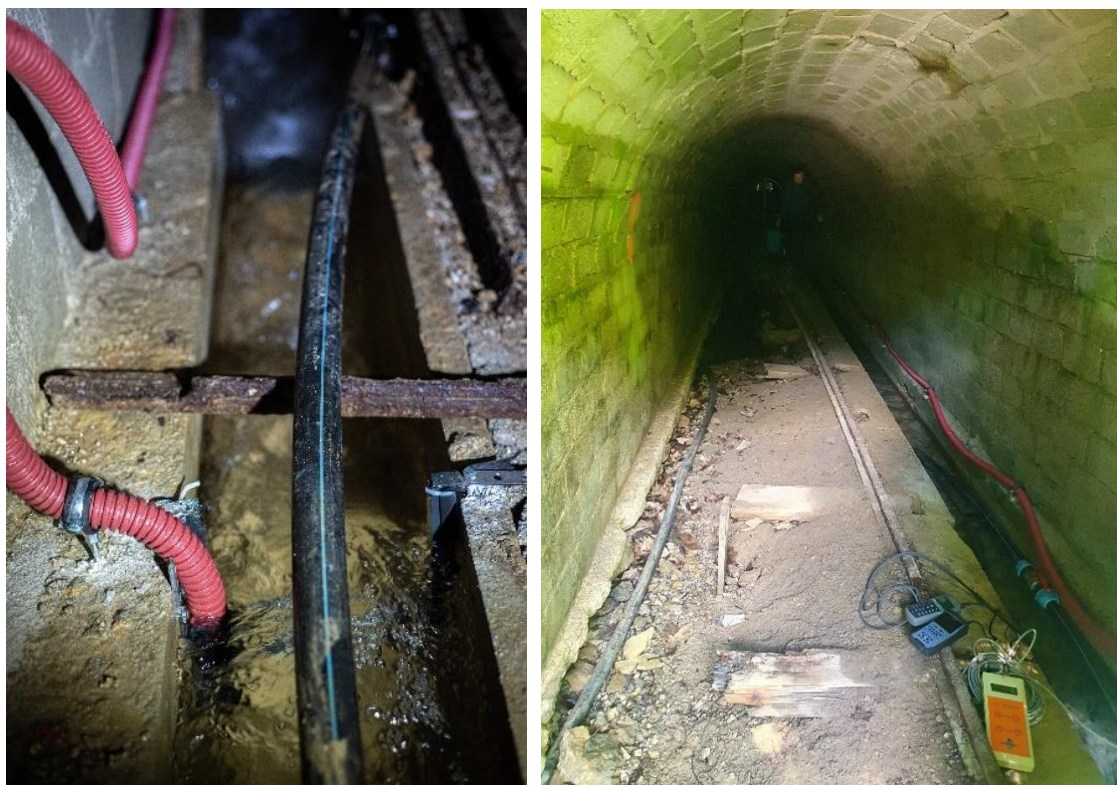
Za izračun količine iztoka vode iz rudnika Topla smo opremili dve merilni mesti. V rudniku Topla se meri prelivna, neuporabljena voda, v razbremenilniku Topla pa odvzeta količina za vodooskrbo in preliv.

6.2.1. LOKACIJA MERITVE

- koordinate blizu rova v rudnik: GKY: 482268, GKX: 149159, z= cca 1075 m, ob parkirišču in elektro-postaji, kjer je tudi izhodišče za planinsko pot na Peco

6.2.2. SPECIFIKACIJA OPREME

Sonda PPI200 je nameščena približno 50 m globoko v rovu in ima merilno območje: temperaturni razpon od 0 do 30 °C ter razpon gladine 0 – 1 m. Pritrjena je na registrator EDL 200 z vgrajenim GPRS modemom z napajanjem z AK in solarnim panelom. Zaradi slabega GSM signala na lokacij je prenos podatkov občasen. Ročno pobiranje podatkov se izvaja s kablom KK-EDL 200 ter Etlog programsko opremo. Zapis podatkov do avgusta 2022 je bil na pol ure. Pretok se preračunava iz gladine za izdelanim U-profilom, železnim prelivnim kosom notranje širine 25 cm in notranje višine 28 cm.



Slika 19: Nameščen del opreme v rudniku Topla in opravljanje meritev pretoka z razredčenjem soli.



Slika 20: Nameščen registrator in sončne celice za energijo pred vhodom v rudnik in nameščena info tabla o financiranju nakupa.

6.2.3. MERITVE PRETOKA VODE

Podobno kot v vodnem rovu smo na izbranem mestu vnesli znano količino soli, ki smo jo predhodno raztopili. Na dolvodnem merilnem mestu, določenem na razdalji 20 m, ki je zagotavljala enakomerno porazdelitev koncentracije soli po celotnem prečnem profilu vodotoka, smo zvezno merili elektroprevodnost in posredno koncentracijo soli s pomočjo merilca TQ-S tracer (Sommer Messtechnik, 2017), ki je na podlagi integracije meritev koncentracije sledila izračunal pretok vodotoka (Musy in Higy, 2011).

Preglednica 5: Meritve pretoka 7. 10. 2021.

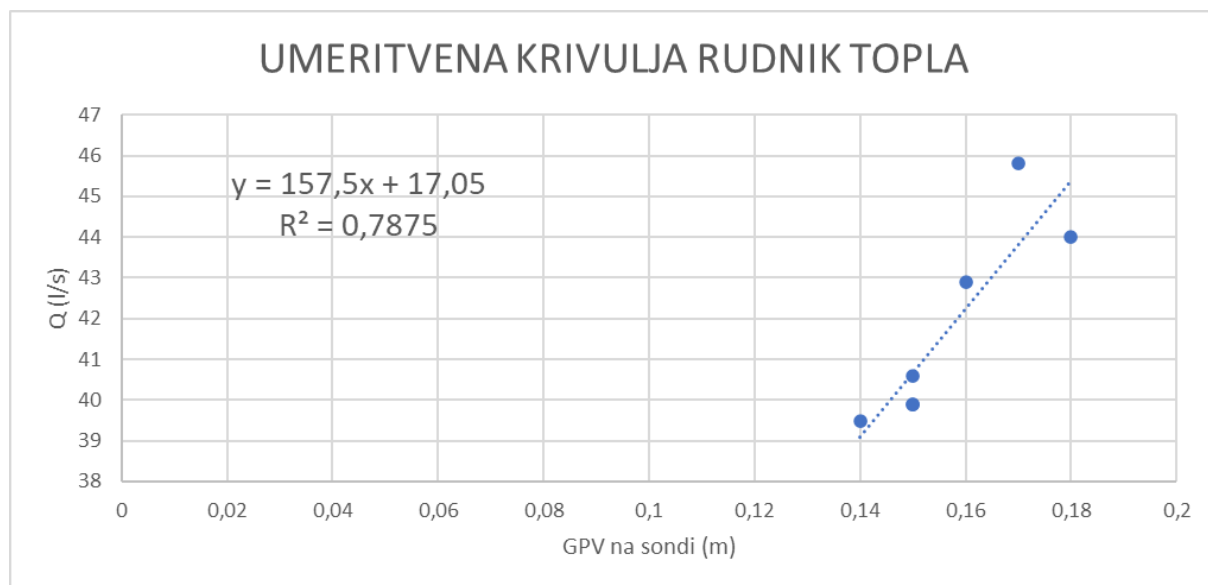
Meritev	Količina raztopljene soli (g)	Razdalja od vnosa soli (m)	Merilec TQ-S (l/s)
1	219	26	45
2	239	26	44
3	241	26	43
Pov.			44

Preglednica 6: Meritve pretoka 18. 11. 2021.

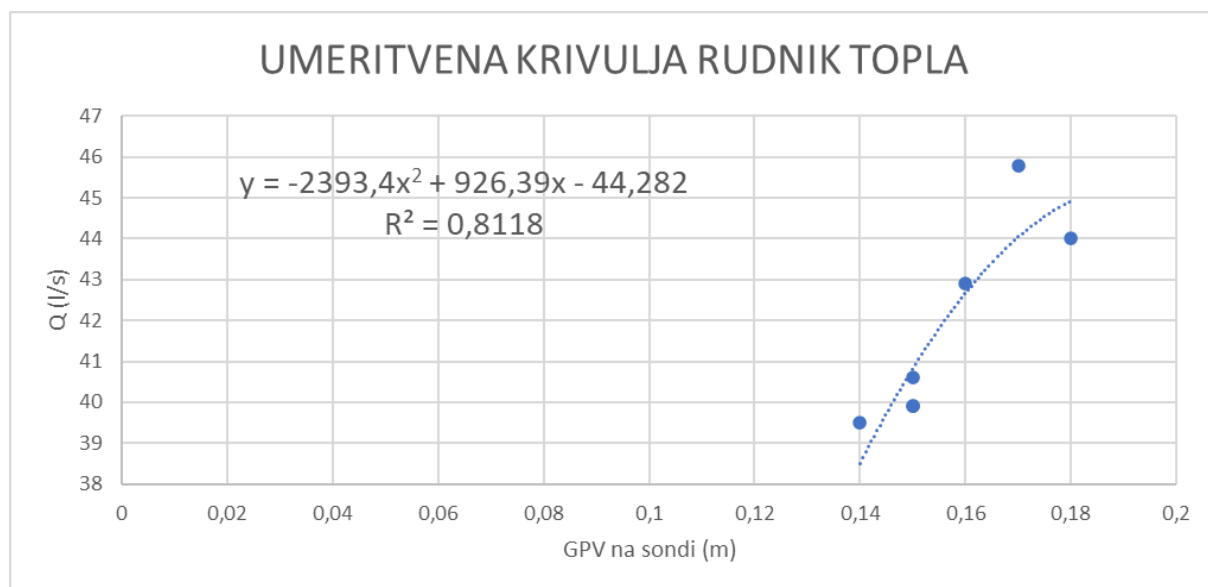
Meritev	Količina raztopljene soli (g)	Razdalja od vnosa soli (m)	Merilec 1 - N(l/s)
1	180	26	44,9

Preglednica 7: Podatki za umeritveno krivuljo GeoZS-Topla.

Datum	Pretok (l/s)	GPV na sondi (m)
7.10.2021 12:30	43-45	0,18
18.11.2021 12:00	44,9	0,16
18.1.2022 11:00	45,8	0,17
22.2.2022 12:00	40,6	0,15
16.3.2022 12:00	39,9	0,15
14.4.2022 12:30	39,9	0,15
15.6.2022 12:00	39,5	0,14



Slika 21: Linearna umeritvena krivulja neuporabljene vode iz rudnika Topla.



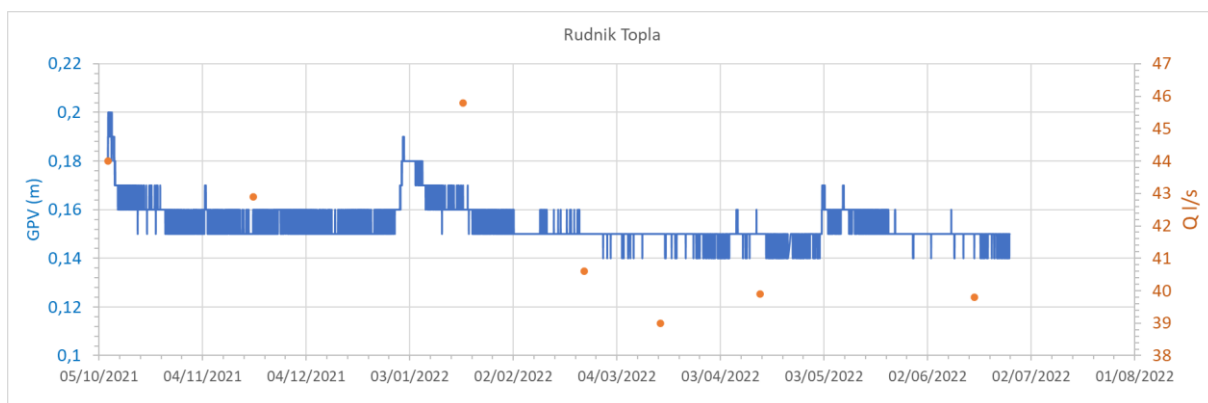
Slika 22: Polinomska umeritvena krivulja neuporabljene vode iz rudnika Topla.

6.2.4. TEMPERATURA VODE

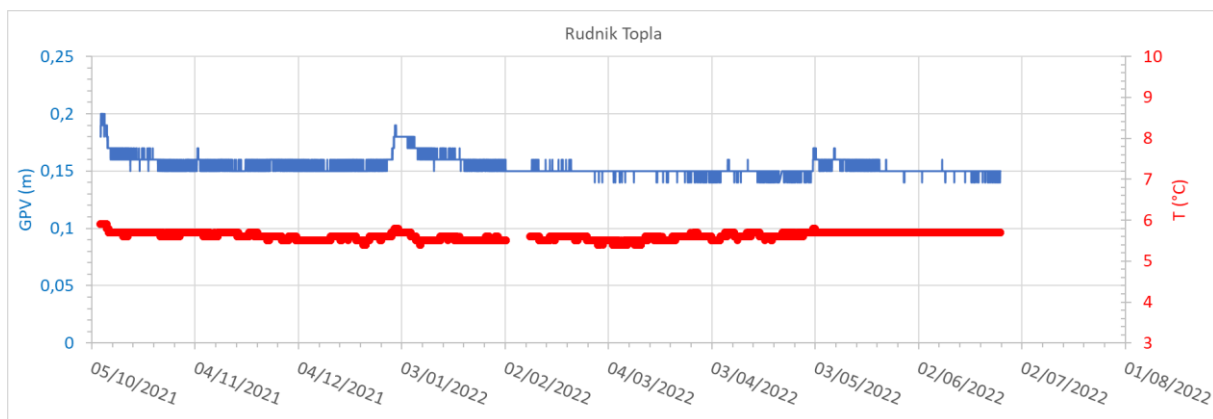
Prestor (2004) navaja iztoke 7. 11. 2002 kot 70 l/s s 5,6 °C, 11. 2. 2003 61 l/s s 5,8 °C in 4. 7. 2003 kot 56 l/s s 5,9 °C. Nato za dne 2. 3. 2005 navaja 54,0 l/s s 5,8 °C, ob višini vode na lati 17 cm. Leta 2008 je bila količina 54,2 l/s.

Temperatura vode je med oktobrom 2021 in majem 2022 nihala med 5,4 in 5,9 °C, od takrat pa je stalnih 5,7 °C.

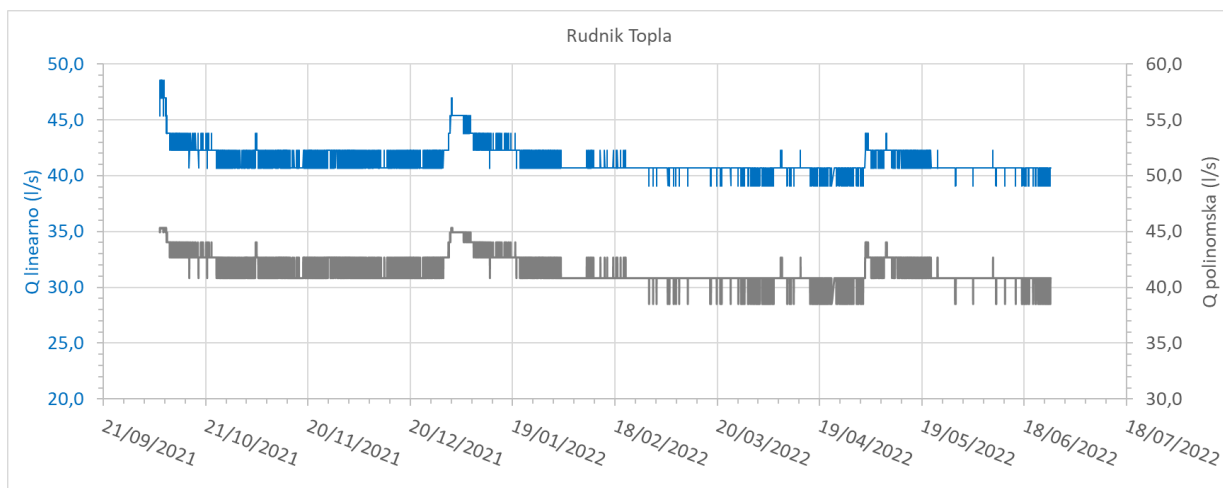
6.2.5. PRIKAZ MERJENIH PODATKOV



Slika 23: Merjeni podatki gladine in ročne meritve pretoka v kanalu do julija 2022 – rudnik Topla.



Slika 24: Merjeni podatki gladine in temperature podzemne vode v kanalu do julija 2022 – rudnik Topla.



Slika 25: Izračunani pretoki neuporabljene vode, ki izteka iz Rudnika Topla po linearni (modro) in polinomske enačbi (sivo). Razlikujeta v ekstremih. Na pregledovalniku je označeno kot Q1 in prikazuje se polinomske izračun.

Preglednica 8: Osnovna statistika merjenih podatkov neuporabljene vode iz rudnika Topla.

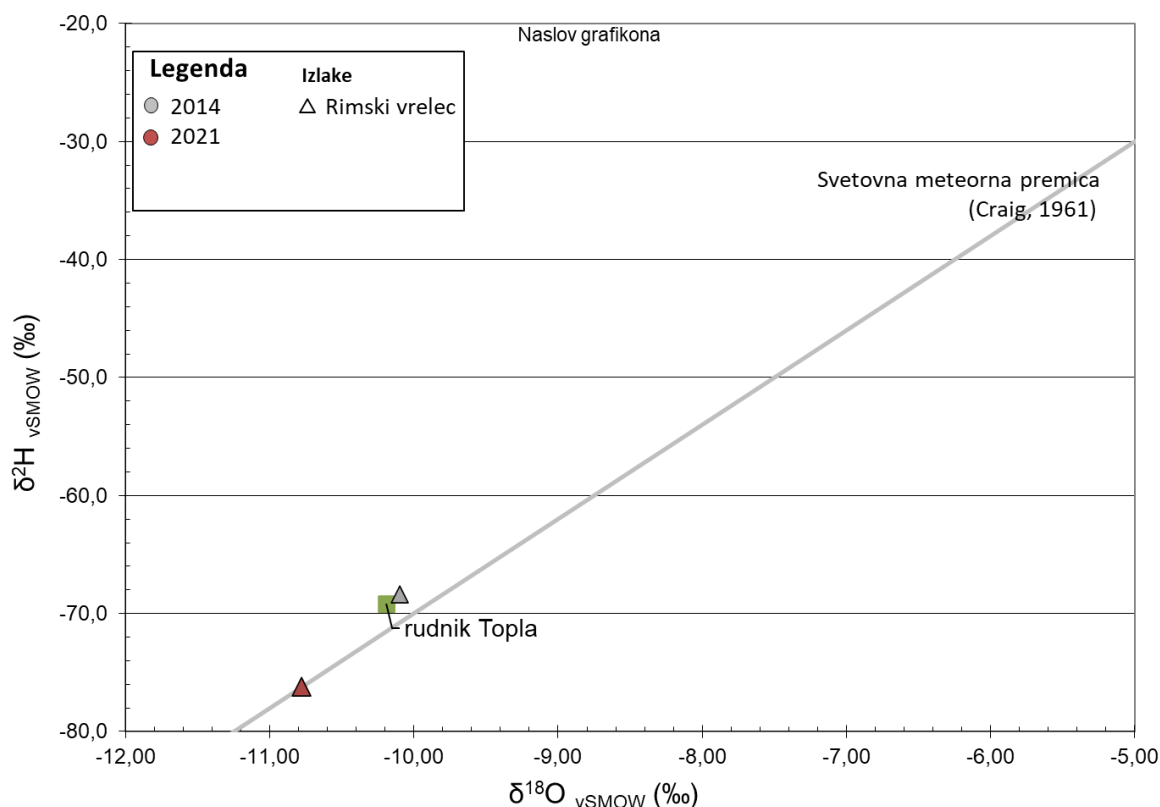
	GPV (m)	T (°C)	Q – linearno (l/s)	Q – polinomsko (l/s)
Min	0,14	5,4	39,1	38,5
Maks	0,20	5,9	48,6	45,3
Povprečje	0,15 ± 0,01	5,6 ± 0,1	41,4 ± 1,22	41,6 ± 1,22

6.2.6. MERITVE IZOTOPSKE SESTAVE VODE V RUDNIKU TOPLA

Ob obiskih rudnika Topla smo enkrat vzeli tudi vzorec vode za izotopske analize, ki smo ga analizirali na instrumentu Picarro L2130-i ultra precizni laserski izotopski analizator na GeoZS. Te kažejo razmeroma lahko izotopsko sestavo, kar pomeni, da je napajalna višina zaledja visoka.

Arhivski podatki, kot jih navajajo raziskovalci Brenčič in Prestor, kažejo, da mali razpon vrednosti – torej stalne vrednosti temperature in količine ter sestave vode kažejo na veliko uskladičenje v vodonosniku, dolg zadrževalni čas podzemne vode in višje napajalno zaledje. Opazili so, da Helenski potok nima tako stalnih vrednosti in ima tudi najnižje napajalno zaledje (930 m) izmed preiskanih izvirov na Peci. Iz te vrednosti so izvedli ostale izračune višine napajalnega zaledja izvirov, pri čemer so upoštevali višinski izotopski efekt 0,2 ‰/100 m. Prav tako Brenčič in sod. (2003) poročajo, da je bila izotopska sestava konec 70. in v začetku 80. let prejšnjega stoletja nižja in interpretacija napajalnih zaledij neustrezna oz. prenizka. S tritijem so tudi določili zadrževalni čas, ki je bil za Helenski potok 7-25 let, Šumc 19-29 let in iztok iz rudnika Topla 35-43 let, odvisno od uporabljenega modela.

Kisik-18 v Topli vzorčene vode z dne 7.10.2021 je bil -10,69 ‰ (Slika 26). Ob upoštevanju enakega izotopskega efekta kot v preteklosti ter vrednostih v Preglednica 9 je razlika sestave -0,75 ‰. To se preračuna v nadmorsko višino napajalnega zaledja 1700 m – 375 m, 1325 m, kar zaokrožimo na 1300-1350 m. To je opazno nižja nadmorska višina kot leta 2003, čeprav je bilo vzorčeno v približno enakem obdobju. Možni vzroki za razlike so: manj snežnih padavin v 2021, trend višanja temperature padavin zaradi podnebnih sprememb, idr. kar oboje lahko rezultira v težji izotopski sestavi vodne molekule.



Slika 26: Sestava stabilnega izotopa kisika in vodika v vodni molekuli na iztoku iz rudnika Topla ter mineralni vodi Rimski vrelec v letu 2021 (ter primerjava s slednjim iz 2014).

Preglednica 9: Primerjava izotopske sestave izvirske vode na Peci.

Vzorec	Vzorec	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	Nadm. višina (m)
Topla sredi doline 12.5.-1.10.2003	Top-1	$-10,42 \pm 0,32$		1200
Topla iztok 6.6.-1.10.2003	Top-2	$-11,44 \pm 0,07$		1700
Šumc 11.5.-24.9.2003		$-11,27 \pm 0,15$		1650
Topla 7.10.2021	P-3352	-10,69	-78,65	1300-1350

6.3. RAZBREMENILNIK TOPLA

6.3.1. LOKACIJA MERITVE

- koordinate GKY: 485415, GKX: 147005, z= 662 m; Hišica se nahaja blizu glavne ceste proti Koprivni.

6.3.2. SPECIFIKACIJA OPREME

Registrator EDL 100-K z vgrajenim GPRS modemom je vezan na 1 Sensus impulzni števec pretoka. Manjši števec pretoka ni bil priklopljen, saj nima ustreznega impulznega dajalnika. Letni odvzem skozi ta števec je minimalen, saj oskrbuje le par hiš. Na registrator EDL 100-K smo naknadno, 13. 4. 2022, povezali dodatno nivojsko sondo za določanje količina neuporabljene prelivne vode. Vendar do časa izdelave poročila pregrada na koncu cevi (V-profil) še ni bila nameščena, zato izračun pretoka prelivne

vode še ni možen.



Slika 27: Razbremenilnik Topla in nameščen registrator za zapis podatkov.

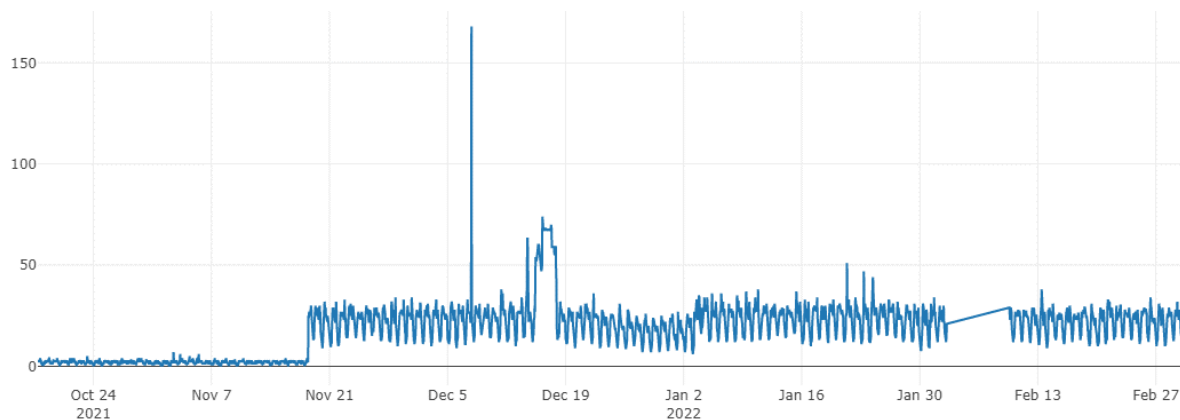


Slika 28: Mesto merilca pretoka (modra oprema na desni), katerega količine se zapisujejo na novem registratorju, ter mesto meritve gladine s sondo (levo, rdeča puščica) za določitev pretoka prelivne vode. (Desno) Nameščena merilna sonda za gladino in količino iztoka neuporabljene, prelivne vode.

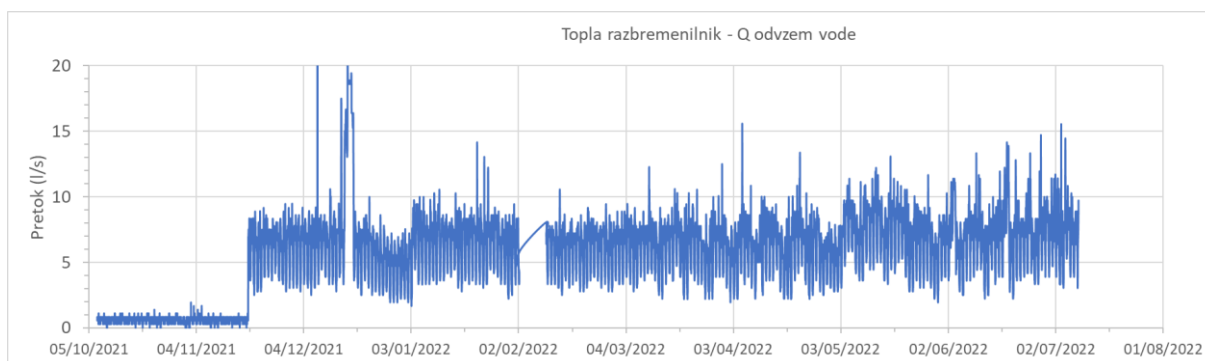


Slika 29: (levo) Izток prelivne vode iz razbremenilnika Topla ter (desno) jašek, ki bo konec 2022 deloma zaprt z V-prelivom za meritve pretoka z novo sondo za gladino podzemne vode in umeritveno krivuljo.

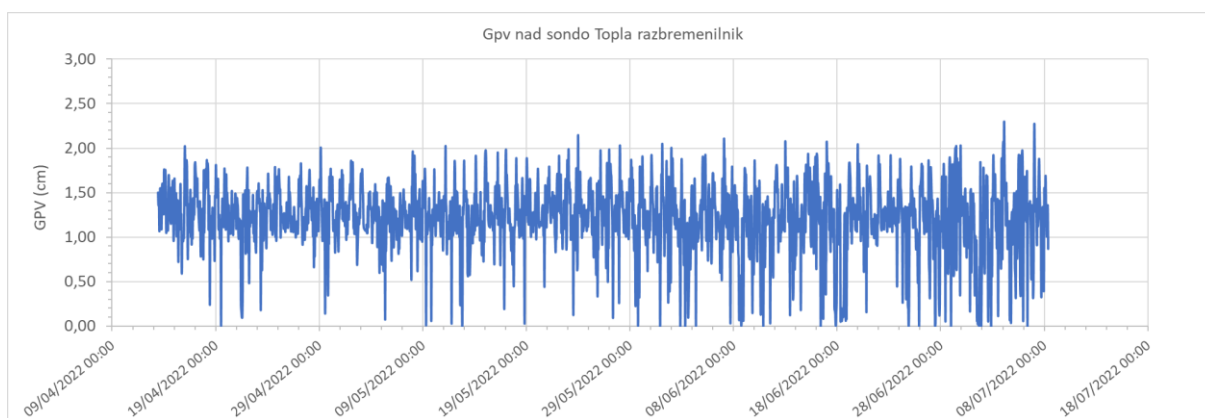
6.3.3. PRIKAZ MERJENIH PODATKOV



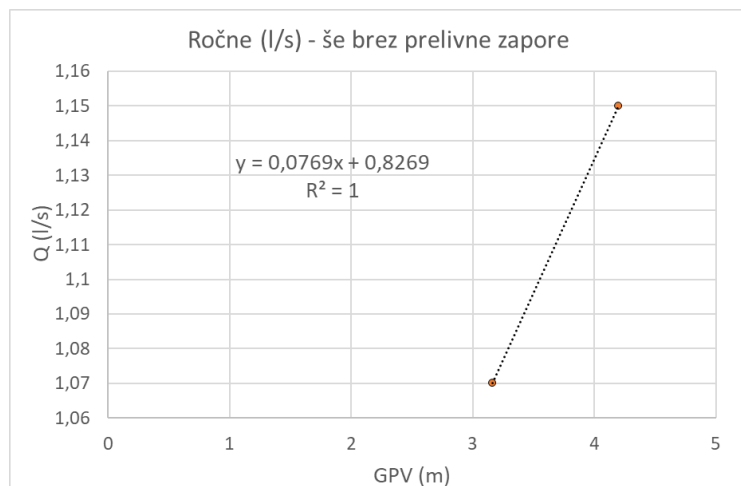
Slika 30: Prikaz avtomatskega zapisa količine odvzema vode (1 impulz je 1 m³ na uro). Do srede novembra 2021 je bil zapis na 5 minut, nato na 1 uro.



Slika 31: Prikaz moduliranega zapisa količine odvzema vode (pretvorba iz 1 m³ na uro v l/s). Pretok niha med 1,7 in do 10 l/s, s posameznimi viški do 16 oz. 20 l/s in je poleti višji kot v hladnejših mesecih. Na pregledovalniku je označeno kot Q1.



Slika 32: Meritve gladine v prelivu neuporabljene vode iz razbremenilnika Topla od 13.4.2022 naprej. Na pregledovalniku je označeno kot Q presežna.



Slika 33: Linearna umeritvena krivulja preliva neuporabljene vode iz razbremenilnika Topla.

Preglednica 10: Osnovna statistika merjenih podatkov uporabljene vode v razbremenilniku Topla od 20.11.2021 do julija 2022.

	Q uporabljeno (l/s)	Q – preliv z ročnimi meritvami z vedrom (l/s)
Min	1,7	3,2
Maks	46,7	4,2
Povprečje	$6,5 \pm 2,3$	$3,7 \pm 0,5$

Tako lahko povzamemo, da je bil pretok neuporabljene vode iz vhoda v rudnik Topla v obdobju oktober 2021 – junij 2022 povprečno $41,6 \pm 1,22$ l/s z generalno upadajočim trendom količine. Prevoj je bil dosežen marca, od takrat pa je količina iztoka razmeroma konstantna. Tej količini moramo prišteti še zajeto vodo za vodooskrbo v višini $6,5 \pm 2,3$ l/s ter neuporabljeno prelivno vodo $3,7 \pm 0,5$ l/s. Skupaj je tako v omenjenem času iz rudnika Topla iztekalo cca 51,8 l/s podzemne vode.

7. LITERATURA

Brenčič, M. 2008: Hidrogeološke raziskave na območju skupnega vodnega telesa podzemne vode med Republiko Slovenijo in Avstrijo za leto 2008. Arhiv GeoZS.

Brenčič, M., Poltnig, W. in sod. 2003: Hidrogeologija Karavank (območje Pece). GeoZS, Joanneum research.

Brenčič, M. & Poltnig, W. 2008: Podzemne vode Karavank skrito bogastvo / Grundwasser der Karawanken Versteckter Schatz (dostopno 21.8.2021 na https://www.researchgate.net/publication/258997972_Podzemne_Voda_Karavank_Grundwasser_der_Karawanken).

Prestor, J. 2004: Hidrogeološka ocena izdatnosti vodnega vira Topla. Arhiv GeoZS.

Prestor, J., Fajmut Štrucl, S., Pungartnik, M, 2003: Mežica lead and zinc mine closure impact on hydrogeological conditions in upper Mežica valley. RMZ-materials and geoenvironment, 50/1, 313-316.