

## HIDROGEOLOGIJA ČATEŠKIH TOPLIC

*Anton Nosan*

Z 10 slikami med tekstom in z 1 v prilogi

### Uvod

Po hidroloških opazovanjih širšega območja Čateških toplic, ki jih je v letu 1955 izvedel ing. Koloman Žibrik, smo v mesecu septembru 1957 pričeli z geološkimi in hidrološkimi raziskavami vrelnega področja.

Po programu raziskovalnih del so bile predvidene tri vrtine s skupno globino 210 m. Prvo vrtino smo locirali v neposredni bližini opazovalnega vodnjaka 11, kjer je bila ugotovljena pri hidroloških raziskavah širše okolice Čateških toplic najvišja temperatura in najvišji vodostaj. Druga vrtina je bila predvidena okoli 50 m severovzhodno od V-1 in tretja vrtina okoli 35 m jugovzhodno od V-1. Smer severozahod—jugovzhod, v kateri so bile locirane vrtine, je bila nakazana po kopnenju snega. Na termalnem področju skopni sneg, če ga zapade do 10 cm, že v nekaj dneh. V smeri severozahod—jugovzhod skopni sneg v dolžini okoli 450 m, največja širina kopnine pa znaša okoli 100 m. Sneg skopni najprej nad centrom termalnega področja in se nato kopnenje nadaljuje v smeri toka podtalnice, ki ima v tem delu smer severozahod—jugovzhod.

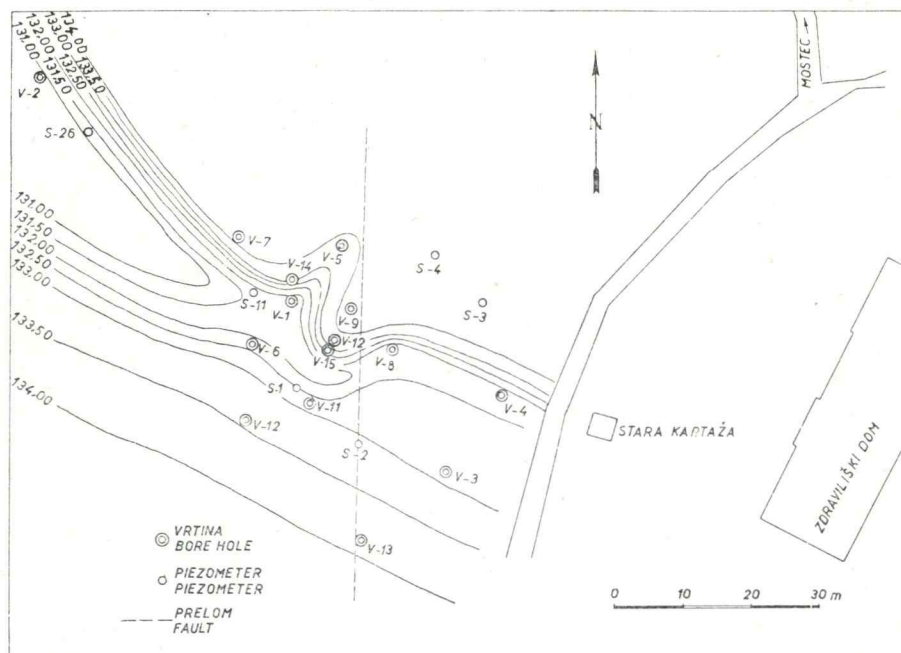
### Geološki pregled

Čateške toplice ležijo na prodnati ravnini kakih 300 m južno od Save, ob robu Brežiško-Krške kotline, ki je v geološki literaturi znana kot Krška udorina.

Kvartarni prod doseže 7 do 10 m debeline, kar smo ugotovili z raziskovalnimi vrtinami. Produ sledijo miocenski gornjetortonski sedimenti. Sestojе iz laporjev, peščenih laporjev, apnenih peščenjakov z litotamnijami, litotamnijskih apnencev in konglomeratov. Vsi ti sedimenti si ne sledijo v nekem določenem zaporedju, ampak se med seboj menjavajo. Take razmere smo ugotovili z vrtinami na termalnem področju, kakor tudi s terenskimi obhodi na obrobju Gorjancev. Značaj sedimentov in prisotnost makrofavne kažeta na plitvomorsko sedimentacijo. Podlago terciara tvorijo mezozojske kamenine.

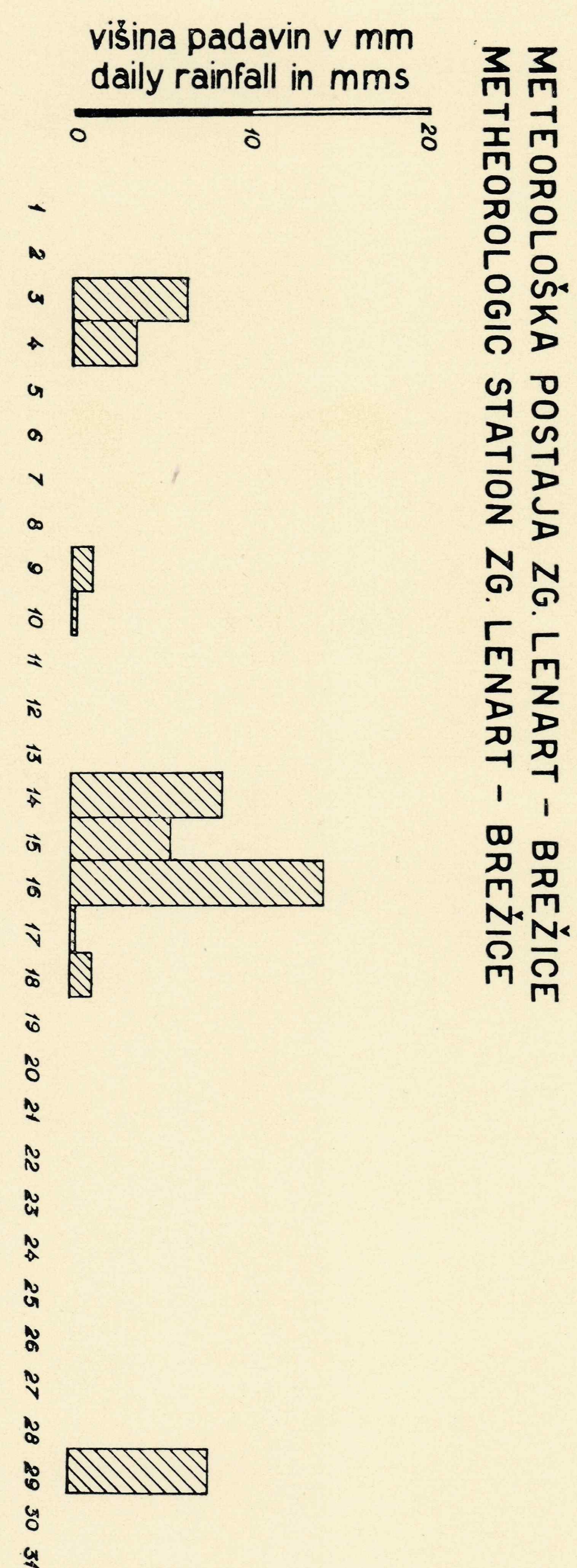
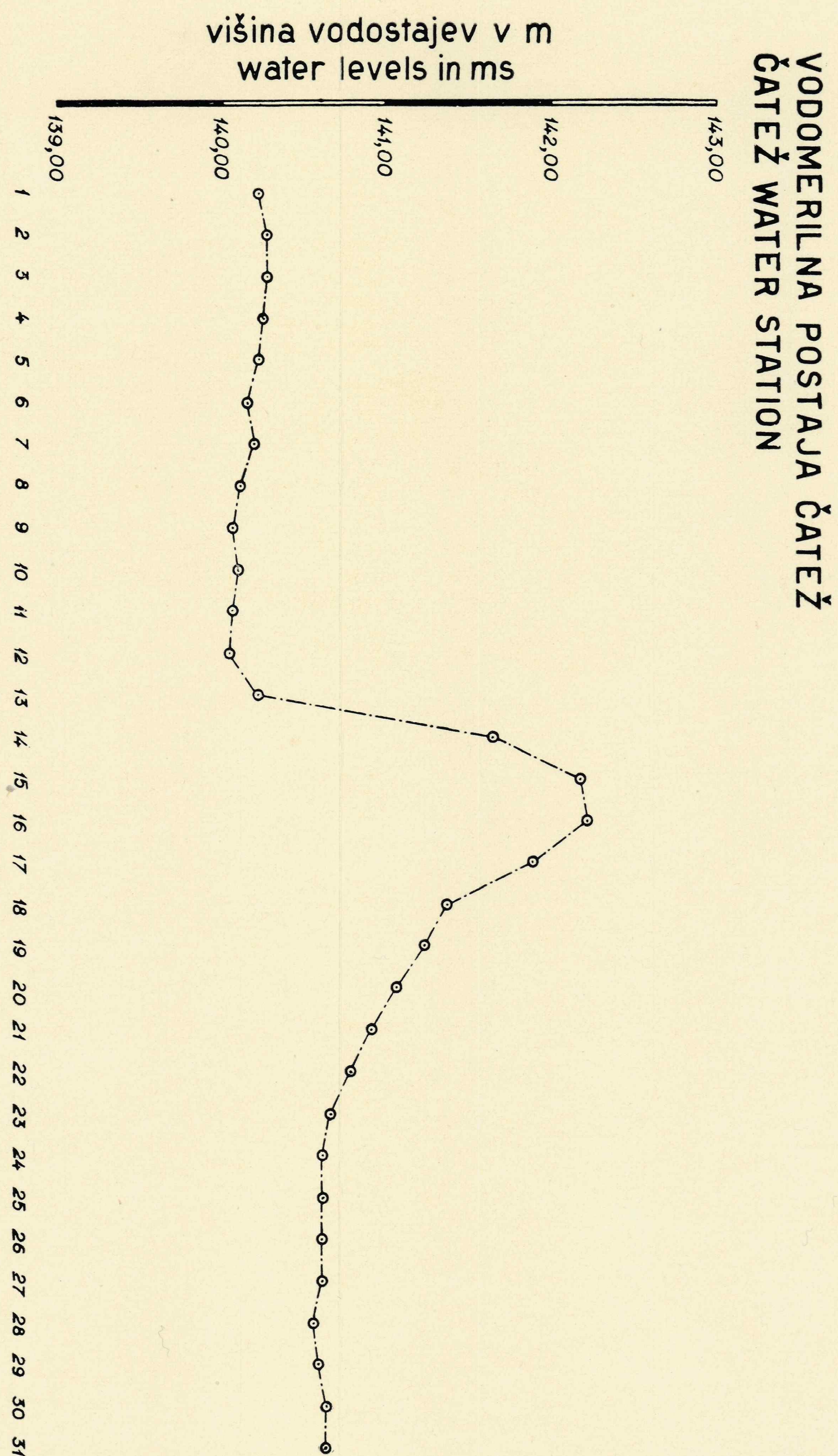
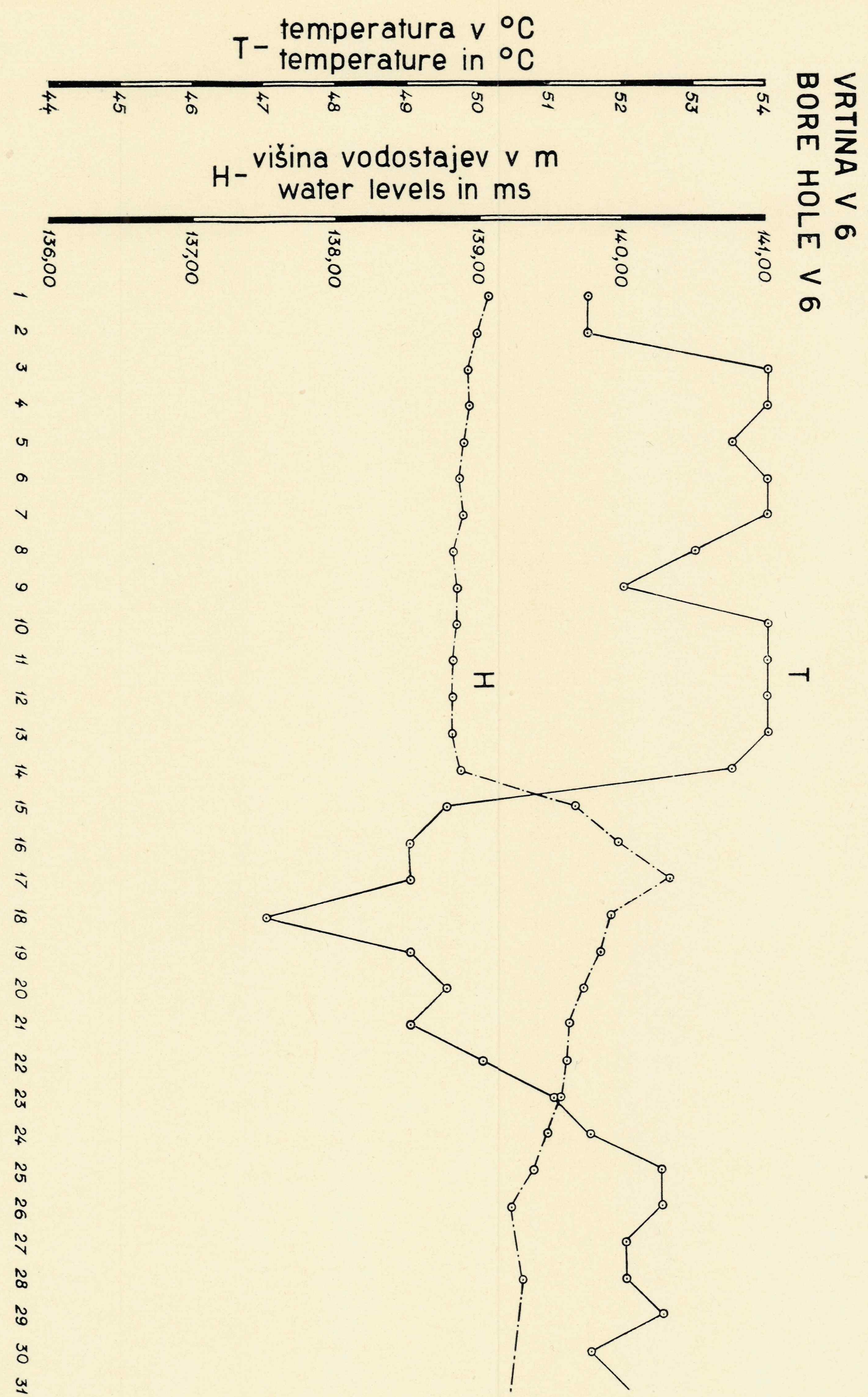
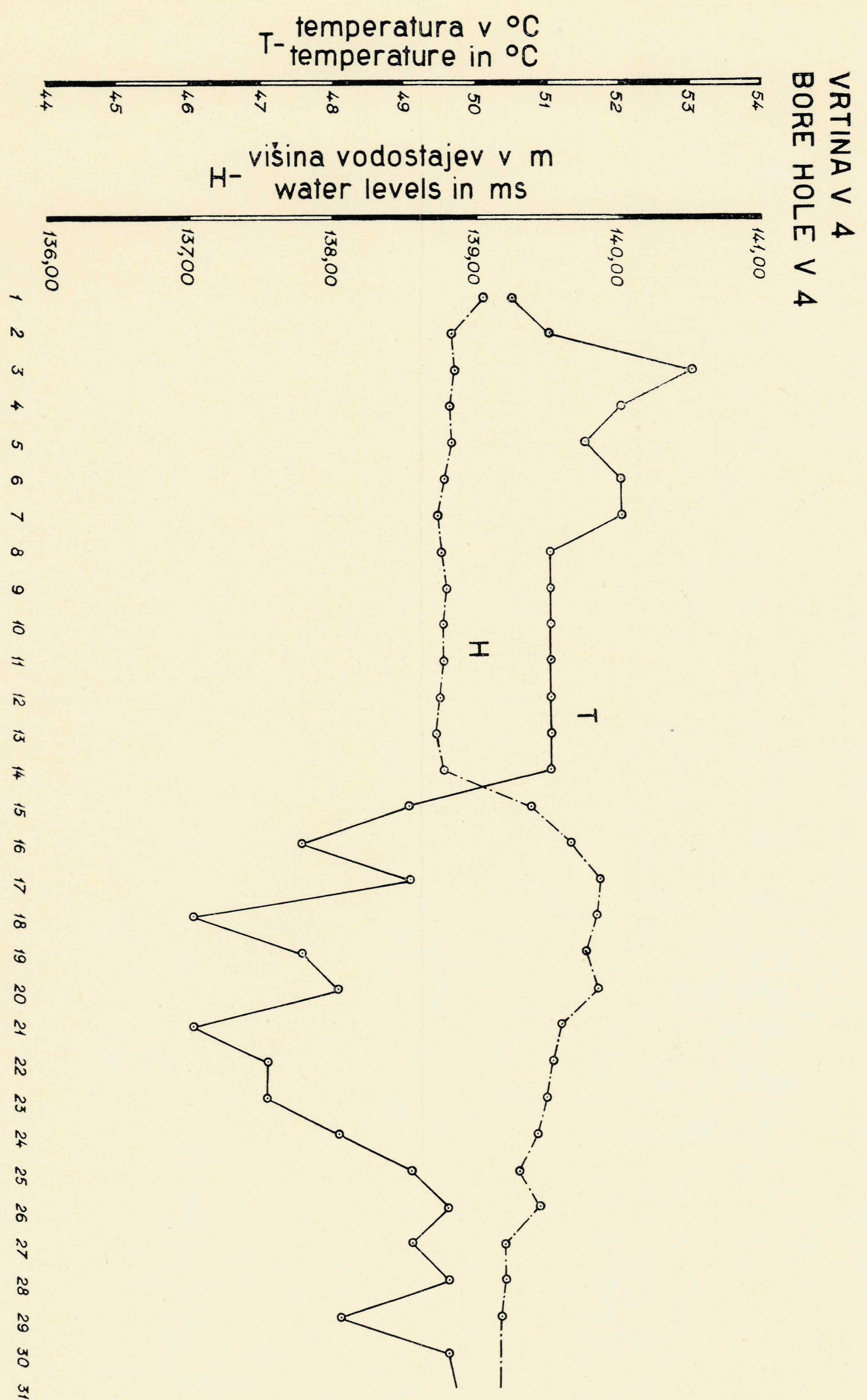
Tektonsko pripada ozemlje južnemu obrobju Krške udorine. Znana savska prelomnica tvori njeno južno mejo in jo loči od Gorjancev. Kje poteka savska prelomnica, ne moremo z gotovostjo trditi, ker je ravnina ob Savi prekrita s prodom. Ker se v savski strugi pojavlja prag, ki

sestoji iz litotamnijskih apnencev in konglomeratov, moremo sklepati, da poteka prelomnica severno od današnjega savskega korita. Izdanke srednjepanonskih glinastih laporjev imamo po Ramovšu severno od vasi Trnje pri Brežicah. Razdalja med srednjemiocenskimi in panonskimi sedimenti znaša približno 1 km. Ta razdalja je glede na položen pad miocenskih sedimentov premajhna, da bi se mogla na tako ozkem prostoru zvrstiti celotna serija sedimentov od zgornjega tortonona do srednjega panona. Ob savski prelomnici se je torej severno krilo pogreznilo in so prišle zgornjetortonske plasti v kontakt s srednjepanonskimi.



1. sl. Izohipse podlage proda  
Fig. 1. Isohyps of the bedrock under the gravel

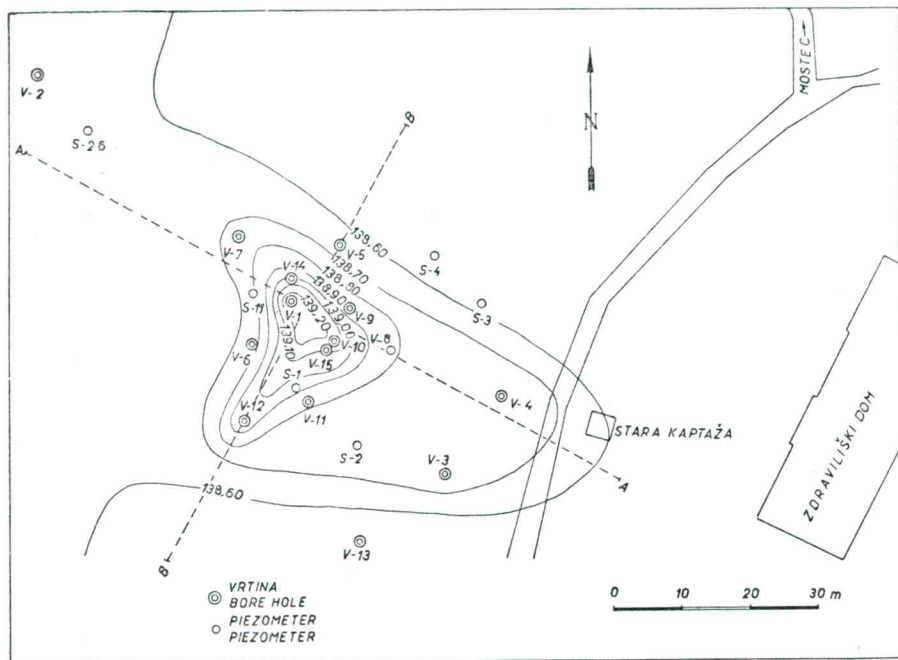
Za nastanek termalnih izvirov v Čateških toplicah ta prelomnica ni odločilnega pomena. Termalna voda prihaja iz miocenskih skladov v kvartarni prod ob prelomu s smerjo sever—jug. Ta prelom smo z raziskovalnimi vrtinami tudi ugotovili. Na njegovo navzočnost kaže tektonsko zdrobljena cona v vzhodnem delu z vrtinami raziskanega področja in doseže po podatkih vrtin vsaj 30 m širine. Močno porušeni in zdrobljeni so miocenski sedimenti le vzhodno od prelomne ploskve. Zahodno od tod so bolj kompaktni in jih preprezajo le redke razpoke in tektonske drse s precej strmim padom. Plastovitost je v splošnem bolj slabo izražena ali pa samo nakazana. Smer pada plasti se ni dala točno ugotoviti.



Če sklepamo na smer pada plasti po opazovanjih na obrobju Gorjancev med Čatežem in Prilipami, potem bi padal miocen v smeri ENE.

Prelomna ploskev poteka tako, da so vzhodno od nje vrtine V-3, V-4, V-8 in V-13, vse ostale vrtine pa so zahodno od nje (1. sl.). Poleg tega, da imamo vzhodno od prelomne ploskve tektonsko zdrobljeno cono, so miocenski sedimenti v tem delu nekoliko drugačni kakor zahodno od zdrobljene prelomne cone. So svetlejši in podobni sedimentom zahodno od prelomnice v globini pod 30 m.

Kakor je tektonika ozemlja važna za pritek termalne vode iz globine, si termalna voda ni utrla izhoda v kvartarni prod na mestu, kjer

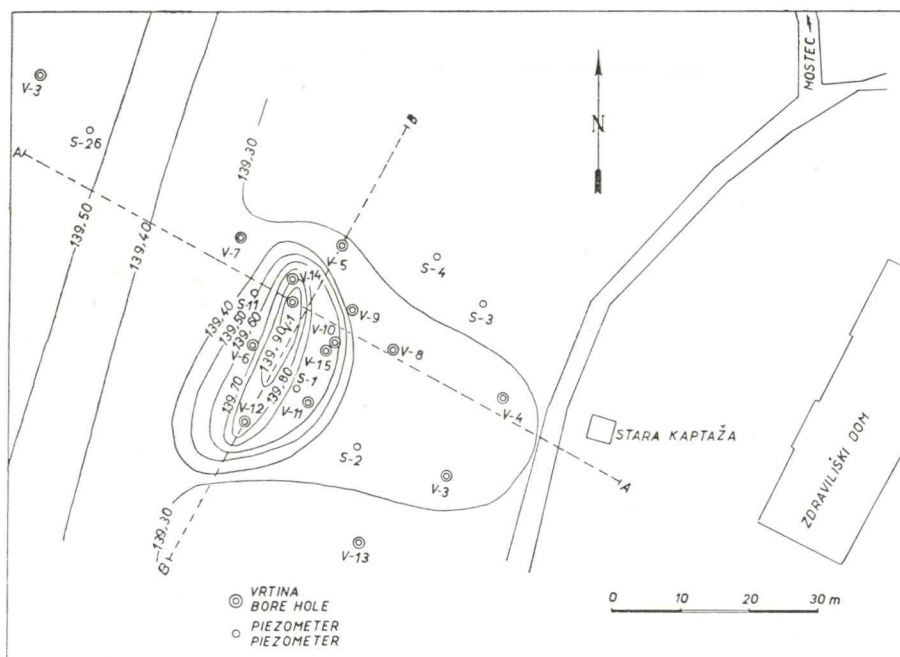


3. sl. Hidroizohipse dne 13. XII. 1957  
Fig. 3. Hydroisohypses on 13<sup>th</sup> of December 1957

je tektonska porušitev najbolj intenzivna, t. j. v zdrobljeni in pretrti coni vzhodno od prelomne ploskve. Vodonosne so razpoke, ki potekajo pravokotno na smer preloma. To nam dokazuje vrtina V-14, kjer smo naleteli v globini 51,73 m na tako razširjeno razpoko, ki je bila vodonosna, in smo na tem mestu termalno vodo tudi zajeli. V vseh vrtinah zahodno od prelomne cone smo ugotovili razpoke razen v vrtini V-1, v kateri je bil miocenski peščen lapor do globine 32,70 m popolnoma kompakten. Ta dejstva nam dokazujejo poleg hidroloških razmer vrodu, da imamo glavni dotok termalne vode iz miocenskih sedimentov v prod zahodno od prelomne ploskve.

Razpoke in tektonske drse, ki prepletajo terciarne sedimente, padajo vedno zelo strmo pod kotom 70—80°. Na drsah opazujemo večkrat tudi horizontalne premike. Razpoke so bile vedno zapolnjene s kalcitom. Aragonita nismo ugotovili. Širina razpok je različna, od 1 mm do več dm. Na sledove termalne vode kažejo v razpokah odprtine in luknjice, ki so včasih tako močno razširjene, da pritekajo po njih večje količine termalne vode. Razširjene razpoke so po vsej verjetnosti nastale zaradi kemične erozije termalne vode, ki je prvotne tektonske razpoke razširila in ustvarila nekaj kraški sistem.

Med drugim smo ugotovili, da je odvisna od petrografskega sestava kamenin njihova vodonosnost. Tako smo zadeli na vodonosno razpoko



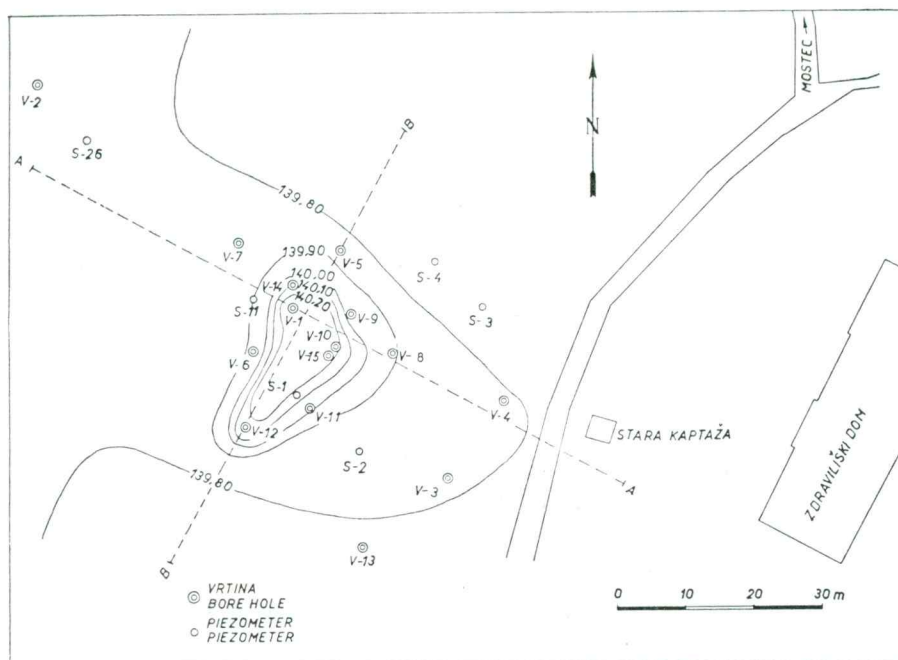
4. sl. Hidroizohipse dne 15. XII. 1957  
Fig. 4. Hydroisohypses on 15<sup>th</sup> of December 1957

v vrtini V-14 šele ob spremembi materiala, to je ob prehodu drobnozrnatega peščenjaka v litotamnijski peščenjak s prehodom v konglomerat. Iz tega moremo sklepati, da so vodonosne tiste kamenine, ki vsebujejo višji odstotek  $\text{CaCO}_3$ . To nam dokazuje poleg pogostnih zapolnitev s kalcitom tudi njihova delna sprememba. Litotamnijski peščenjaki in ostali peščeni sedimenti so v globini pod vodonosno razpoko na pol razpadli. So zelo krhki in drobljivi, čeprav so le neznatno tektonsko porušeni. Te spremembe v kameninah je povzročila termalna voda, ki je bolj vplivala na peščene sedimente kot na lapornate.

## Raziskovalna dela in zajetje

Z raziskovalnimi deli v Čateških toplicah smo pričeli 23. IX. 1957. Že prva vrtina je pokazala, da bo prvotni načrt treba spremeniti, ker je debelina prodnate naplavine precej manjša, kakor smo predvidevali. Prva vrtina je že v globini 9,05 m zadela na peščen lapor in je segla do globine 32,75 m. V produ smo naleteli na termalno vodo s temperaturo 58° C. Ker miocenski sedimenti niso kazali znakov o navzočnosti termalne vode, je bila vrtina v omenjeni globini ustavljena.

V vrtini V-2 smo s črpanjem ugotovili temperaturo 18° C. Vrtina je posegla v globino 24,10 m. Miocenski sedimenti so bili enako razviti kot v vrtini V-1.

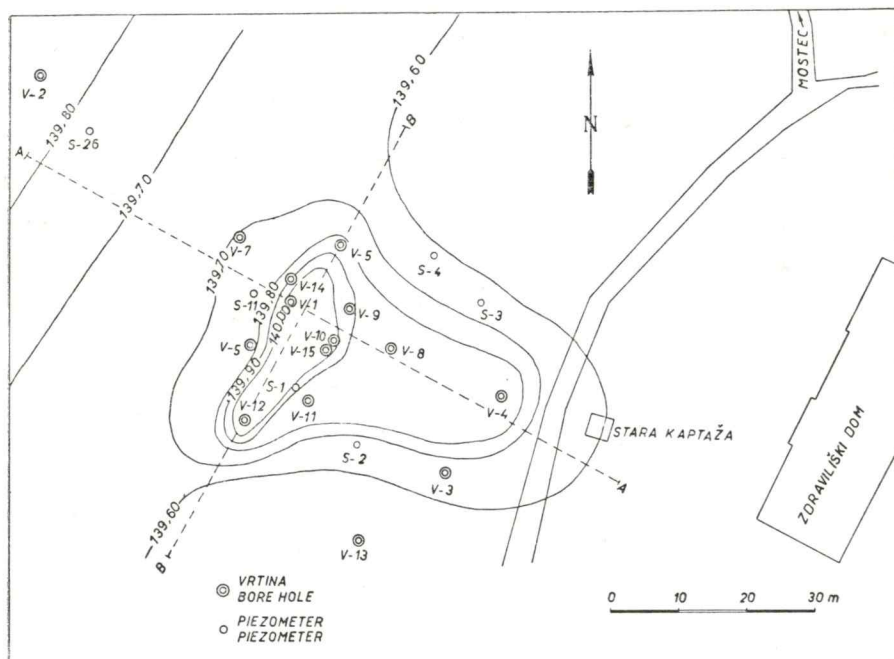


5. sl. Hidroizohipse dne 18. XII. 1957  
Fig. 5. Hydroisohypses on 18<sup>th</sup> of December 1957

Vrtina V-3 je bila oddaljena od V-1 34,00 m proti jugovzhodu. V globini 8,55 m je zadela na tektonsko zdrobljene in porušene miocenske sedimente. Tektonske drse in razpoke so bile nagnjene pod kotom okoli 70°. Termalna voda v produ je imela pri črpanju maksimalno temperaturo 57° C.

Z vrtino V-3 je bil prvotni program raziskovalnih del izčrpan. Doseženi rezultati so pokazali, da so na termalnem področju v Čateških toplicah količine termalne vode zelo velike in da je njena maksimalna temperatura 57—58° C. Končnega cilja, ki je bil postavljen v programu

raziskovalnih del, s tremi vrtinami nismo dosegli. Zato je bil program dela spremenjen v soglasju s članoma strokovne komisije inž. Stojanom Guzeljem in inž. Jankom Drnovškom. Naslednje plitve vrtnice naj bi bile razporejene tako, da se ugotovi kolikor mogoče točno izvir termalne vode iz miocenskih skladov v kvartarni prod. Tako so bile izvrtane še vrtnice V-4, V-5, V-6 in V-7. S temi vrtinami smo ugotovili:



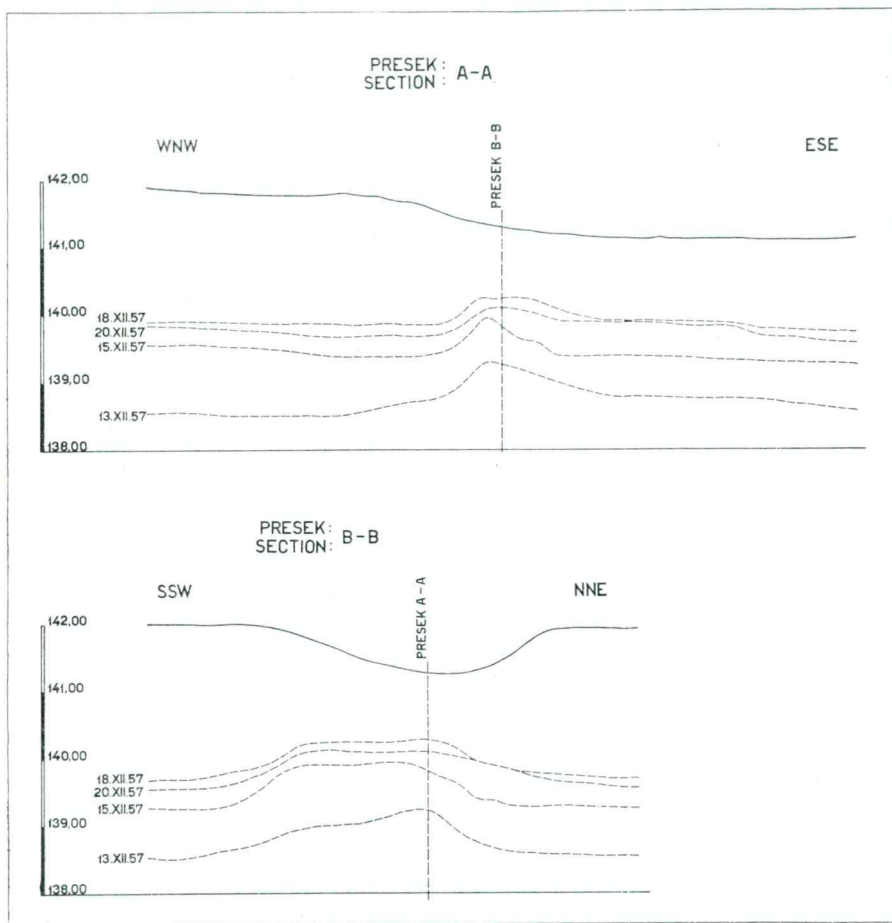
6. sl. Hidroizohipse dne 20. XII. 1957  
Fig. 6. Hydroisohypses on 20<sup>th</sup> of December 1957

1. debelino kvartarnega proda,
2. maksimalne temperature 56 do 57,5° C,
3. približen potek prelomne ploskve in tektonsko zdrobljene cone.

Po podatkih vseh sedmih vrtin se je dalo približno ugotoviti relief miocenske podlage, ki kaže, da poteka pod prodnatim pokrovom v smeri WNW jarek z najglobljim mestom v neposredni bližini vrtine V-1. Od tod se globina jarka veča proti vrtini V-2. Po različnem materialu smo sklepali, da poteka prelomna ploskev, ali zahodna meja prelomne cone, med vrtinama V-5, V-6 in vrtinama V-3, V-4. Ker je ta meja važna za dotok termalne vode iz globine v kvartarni prod, smo z naslednjimi vrtinami nameravali točno ugotoviti njen potek in s tem dotok termalne vode v prod. S temi plitvimi vrtinami smo dosegli dvoje:

1. ugotovili smo natančnejše potek preloma,
2. omejili smo ožje termalno območje in s tem dobili več podatkov za lokacijo globoke vrtine, s katero bi zajeli termalno vodo v miocenskih sedimentih. Skupno je bilo izvrtanih 12 vrtin.

S črpalnimi poizkusi večjega obsega smo skušali ugotoviti maksimalno količino termalne vode v produ, ki bi jo mogli izkoriščati za

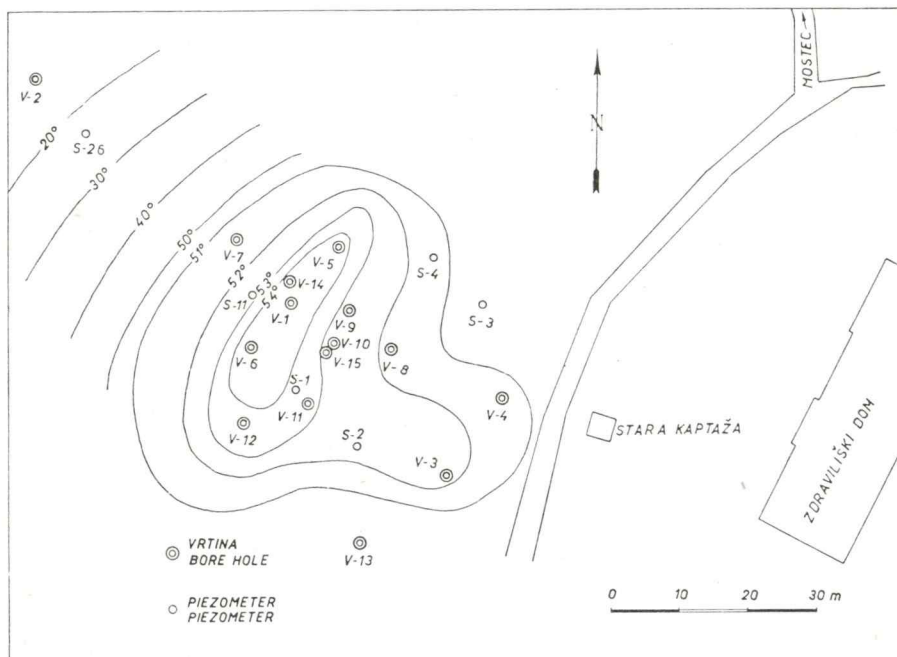


7. sl. Vzdolžni in prečni prerez k sl. 3–6  
Fig. 7. Longitudinal and transverse sections to figs. 3–6

različne potrebe zdravilišča. Izvedli smo tri večje črpalne poizkuse, od katerih sta dva trajala po 10 ur, zadnji pa 28 ur. Črpali smo približno 20 l/sek termalne vode iz treh vrtin. S tem smo ugotovili, da so vodne količine v produ zadosti velike, popolnoma zadovoljivo pa ni bil rešen problem stabilne temperature termalne vode. Začetna temperatura se je

gibala pri nizkem vodostaju od 52 do 54° C in je narastla do maksimuma 57—58° C po enournem črpanju. Pri visokem vodostaju je bila začetna temperatura 48 do 50° C in je dosegla maksimum 57 do 58° C šele po dveurnem črpanju, nakar je v obeh primerih ostala konstantna na doseženih višinah do konca črpalnih poizkusov.

Raziskovalna dela prve faze so pokazala, da v prelomni coni ne moremo pričakovati izdatnejšega dotoka termalne vode. V drugi fazi smo izvrtali V-13, V-14 in V-15, ki so vse dosegle miocensko podlago. Po odločitvi, da zajetja ne bomo uredili v produ, temveč v miocenskih



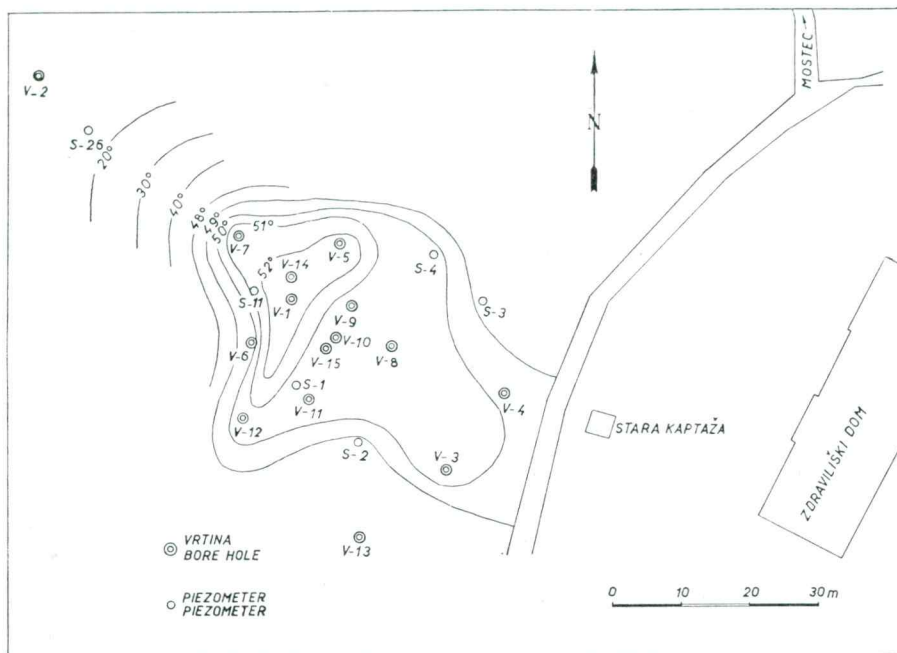
8. sl. Hidroizoterme dne 13. XII. 1957  
Fig. 8. Hydroisotherms on 13<sup>th</sup> of December 1957

sedimentih, smo v ta namen poglobili V-14, ki je že v globini 15 m pokazala jasne sledove termalne vode. Zadela je na 3 cm široko razpoko, delno zapolnjeno s kalcitom.

Pri nadaljnjem vrtanju smo naleteli še na podobne širše razpoke v globini okoli 17,00 m in 24,00 m. Končno se je pojavila v globini 51,73—52,75 m razpoka, razširjena v kaverno. Ta razpoka leži na meji med drobnozrnatim apnenim peščenjakom in litotamnijskim peščenjakom s prehodi v konglomerat. Razpoka je vodonosna, termalna voda se je dvignila do nadmorske višine 140,27 m. Pri črpanju 20 l/sek se je gladina znižala za 0,85 m. Vrtino smo nato poglobili do globine 82,00 m.

Nato je bilo na željo zdravilišča vrtanje ustavljeno, ker je bil njegov glavni namen, dobiti vodo, dosežen. Nismo pa dobili popolnega vpogleda v termalni mehanizem. Zaradi pomanjkanja sredstev za raziskovanje smo nato pričeli z izvedbo zajetja v vrtini V-14.

Čateška termalna voda je, po kemičnih analizah sodeč, kemično malo aktivna; doslej so navadne vodovodne cevi trajale 10 let. Po teh ceveh je bila termalna voda speljana od zajetja k črpalnici. Poleg tega so bile vodovodne cevi izpostavljene večkratnim dnevnim temperaturnim spremembam.

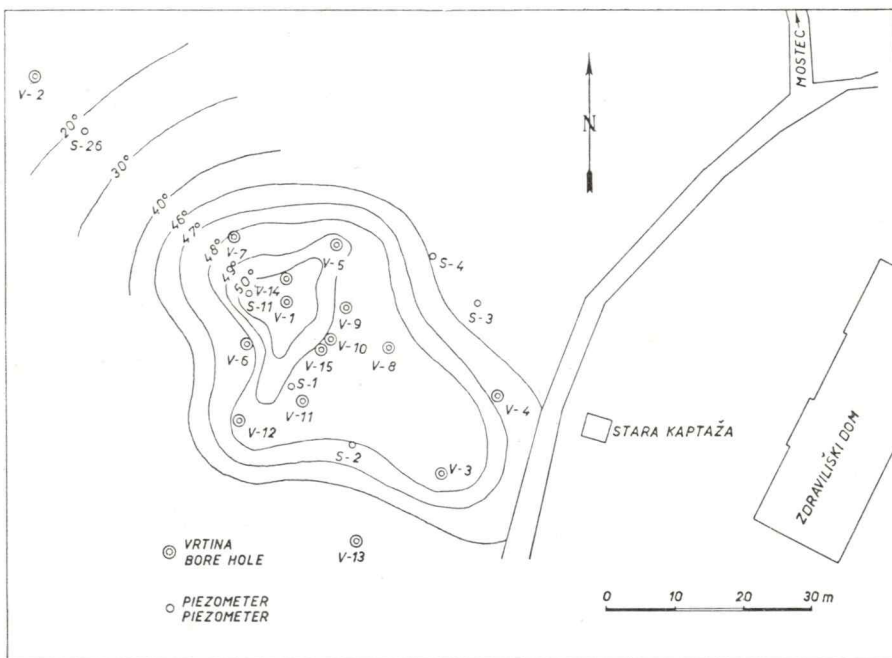


9. sl. Hidroizoterme dne 15. XII. 1957  
Fig. 9. Hydroisotherms on 15<sup>th</sup> of December 1957

V vrtino V-14 smo vgradili brezšivne jeklene cevi zunanjega premera 168,3 mm in notranjega 154 mm do globine 52,75 m. Spodnji del cevi je perforiran; perforirana površina znaša petkratni presek cevi. Da bi povsem zatesnili vmesni prostor med cevmi in steno vrtine, smo namestili v globini 14 in 11 m svinčene obroče, ki smo jih s pomočjo nastavkov ob navojih razširili navzven in tako na dveh mestih zapolnili vmesni prostor med cevmi in steno vrtine. Da se nam je to posrečilo in da smo preprečili komuniciranje termalne vode s prodrom ob ceveh, je bil zadosten dokaz ta, da se je takoj nato dvignil nivo termalne vode v opaženi vrtini za 20 cm. Svinčeno zatesnitev smo izvedli tudi zato, da nam pri

kasnejšem injektiranju cementno mleko ne bi zašlo ob kaptažnih ceveh v vodonosno razpoko.

Za injektiranje smo uporabili hitrovezni cement, ki smo mu dodali 5 % sode. Zatesnitev vgrajenih cevi in njihova izolacija od proda je v celoti uspela. Pri kasnejšem črpanju termalne vode nismo opazili nikakih znakov cementa. Iz vrtine je tekla povsem čista voda. Poleg tega smo dosegli še to, da je imela termalna voda v nekaj minutah svojo maksimalno temperaturo 57 do 58° C. Zajetje smo končali 25. aprila 1958.



10. sl. Hidroizoterme dne 18. XII. 1957  
Fig. 10. Hydroisotherms on 18<sup>th</sup> of December 1957

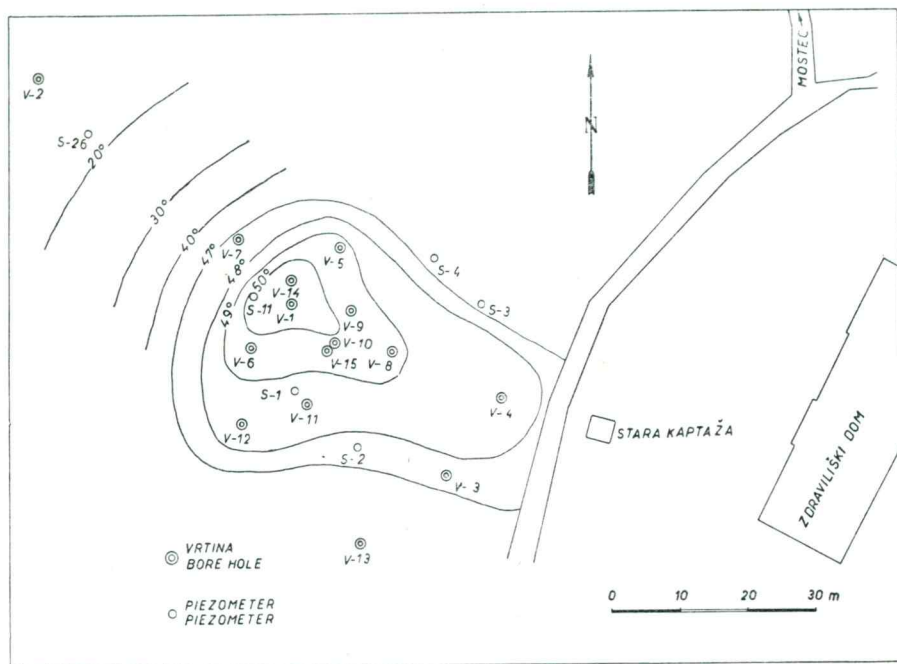
### Hidrološke razmere

Na osnovi opazovanj, meritev in črpalnih poizkusov smo že v začetku raziskovalnih del mogli ugotoviti, da znaša temperatura termalne vode 58° C in da so njene količine zelo velike. Za ugotovitev hidroloških razmer na vrelnem področju v Čateških toplicah, predvsem v zvezi z vplivom hladne podtalnice na termalno vodo v produ, smo izvedli:

1. dnevne meritve temperatur in višin vodostajev,
2. črpalne poizkuse.

Razmerje med okolišno hladno podtalnico in termalno vodo v produ smo ugotovili po podatkih vsakodnevni meritev temperature in nad-

morske višine vodostajev. Dnevne meritve so trajale neprekinjeno od 24. septembra 1957 do 25. januarja 1958. Za čas od 1. do 31. XII. 1957 so meritve vrtin V-4 in V-6 prikazane na hidrogramu, ki vsebuje podatke vodomerilne postaje Čatež in podatke o dnevni padavinah meteorološke postaje Zg. Lenart-Brežice (2. sl.). Iz hidrograma je razvidno, kakšen je vpliv padavin na višino vodostaja na Savi pri Čatežu, in posredni vpliv padavin preko podtalnice na termalno vodo. Padavine se odražajo na termalnem področju šele po nekaj dneh, če pada dež. Če



11. sl. Hidroizoterme dne 20. XII. 1957  
Fig. 11. Hydroisotherms on 20<sup>th</sup> of December 1957

zapade sneg, spremembe v višini vodostajev niso tako hitre, nastopajo polagoma s kopnenjem snega in trajajo dalj časa. Po dežju je vodostaj na Savi pri Čatežu dosegel maksimum po dveh dneh od začetka dežja. Vodostaji na termalnem področju pa so dosegli svoj maksimum dva dni kasneje. Vzporedno z naraščanjem vodostajev smo redno ugotovili padanje temperature.

Razmerje med dviganjem vodostajev in padanjem temperature ter odvisnost teh pojavov od padavin nam poleg hidrograma prikazujejo priložene skice hidroizohips in hidroizoterm ter podolžni in prečni preseki (slike 3—11). Za te skice in preseke smo vzeli dnevne podatke meritev za 13., 15., 18. in 20. december 1957. Najnižji vodostaji so bili

13. decembra, najvišji 18. decembra; 15. december prikazuje razmere na termalnem področju v času naraščanja vodostajev in padanja temperature, medtem ko kaže 20. december že stadij upadanja vodostajev in naraščanje temperature.

Pri tem je zanimiva ugotovitev, če primerjamo odnos vrtin V-3 in V-4 napram poteku hidroizoterm. Pri nizkih vodostajih, pri njihovem naraščanju in pri visokih vodostajih je bila temperatura v V-3 višja kot v V-4. V stadiju upadanja vodostajev pa je bila temperatura v vrtini V-4 višja kot v V-3. Do podobne ugotovitve nas privede tudi primerjava hidroizohips.

Iz navedenega moremo sklepati, da nastopi pri naraščanju vodostajev bočni pritisk s severa, t. j. od Save, in da pri tem potisne hladna podtalnica termalno vodo v produ proti jugu. Pri upadanju vodostajev pa je pritisk hladne podtalnice usmerjen proti severu. Dokaz za to so tudi stara zajetja termalne vode, ki so bila prvotno locirana v precejšnji oddaljenosti od stržena termalne vode in je v njih prav zaradi zgoraj opisanega pojava temperatura nihala v širokih mejah. Zadnje staro zajetje v produ pa je bilo locirano že v strženu termalne vode, zato so temperaturna nihanja neznatna.

Iz poteka hidroizohips, hidroizoterm in presekov moremo sklepati:

1. da teče podtalnica, oziroma termalna voda proti jugovzhodu,
2. da so vodostaji v centru termalnega področja najvišji in proti periferiji padajo. Iz tega vidimo, da je center termalnega področja na prostoru, ki ga omejuje najvišja hidroizohipsa, oziroma najvišja hidroizoterma.

Drugi del hidroloških opazovanj se nanaša na črpalne poizkuse. Dnevne meritve so nam dale vpogled v hidrološke razmere na termalnem področju v neizpremenjenem stanju, t. j. brez umetnih posegov. Črpalni poizkusi predstavljajo že poseg v termalno področje in se naravno ravno teže s tem poruši. Po važnosti so črpalni poizkusi pred navadnimi meritvami, ker smo z njimi ugotavljali, koliko termalne vode z maksimalno možno temperaturo moremo izkoriščati brez škodljivih posledic za termalni mehanizem. Črpalne poizkuse za ugotovitev maksimalne temperature smo izvedli na vseh vrtinah.

Po prvotnem načrtu naj bi zajeli termalno vodo v produ. V ta namen smo opravili najprej dva večja črpalna poizkusa, prvega 13. decembra pri nizkih in drugega 18. decembra 1957 pri visokih vodostajih. Oba poizkusa smo izvedli ob različnih vodostajih zato, da bi ugotovili, kako se obnaša termalna voda v obeh ekstremnih primerih. Oba črpalna poizkusa sta pokazala, da so tudi v produ količine termalne vode zadosti velike za vse predvidene potrebe. Nekoliko kočljivo je bilo vprašanje stabilnosti temperature. Trajalo je namreč najmanj eno uro, da se je temperatura povzpela do 57° C pri nizkih vodostajih, pri visokih vodostajih pa je bilo potrebno črpati dve uri, da se je temperatura povzpela do enake višine. Pri nadaljnjem črpanju je termalna voda obdržala svojo maksimalno temperaturo do konca črpalnih poizkusov. Med črpanjem smo opazovali vse ostale vrtine z namenom, da bi ugotovili morebitna

nihanja vodostajev in temperature. Vodostaj se je znižal le v vrtinah, ki so bile najbližje onim, iz katerih smo črpali termalno vodo, in še tukaj v zelo majhni meri, medtem ko se je temperatura celo dvignila.

Da bi morda le ugotovili, v katerem delu termalnega področja bo začela temperatura termalne vode padati, smo izvedli še tretji črpalni poizkus 31. januarja in 1. februarja 1958, ki je trajal nepretrgano 28 ur. Tudi pri tem poizkusu smo ugotovili v glavnem isto kakor pri prvem in drugem. Razlika je bila v tem, da se je temperatura v ostalih vrtinah dvignila še nekoliko više.

S temi črpalnimi poizkusi smo končali prvo fazo raziskovalnih del, ki so se nanašala na hidrološke razmere v produ, kjer je termalna voda pod vplivom okoliške podtalnice. Z globokim vrtanjem smo nato zadeli na direktni dotok termalne vode v globini 51,73 m. S tem smo dosegli precej ugodnejšo rešitev zajetja termalne vode. Z meritvami in črpalnimi poizkusi smo ugotovili, da je razpoka, razširjena v kaverno, ugodna za zajetje termalne vode, ki se je dvignila v vrtini do nadmorske višine 140,22 m. Nadmorska višina ustja vrtine je znašala 141,14 m. Pri črpanju okoli 20 l/sek se je gladina znižala na nadmorsko višino 139,00 do 139,29 m. Pri obeh črpalnih poizkusih 27. in 28. marca 1958 se je pri črpanju temperatura že po nekaj minutah dvignila do maksimuma in ostala na tej višini do konca črpanja.

Z dnevnimi meritvami smo ugotovili, da hladna podtalnica še vedno vpliva na termalno vodo v vrtini V-14. Kljub temu, da smo jo zajeli v globini 51,73 m, gladina termalne vode ni stalna. Take razmere kažejo, da tvorita termalna voda in hladna podtalnica enoten hidrološki mehanizem. Pritisk hladne podtalnice se prenaša v globino preko razpok, po katerih priteka termalna voda v prod. Spreminja se le višina gladine v vrtini V-14, medtem ko je temperatura konstantna. Ohladi se le zgornji del vodnega stebra, vendar naraste temperatura termalne vode pri črpanju dokaj hitro in ostane nato stabilna.

### **Zaključki**

Z geološkimi in hidrološkimi raziskavami nam je uspelo rešiti problem Čateških termalnih vrelcev. Iz novega zajetja je možno črpati do 30 l/sek termalne vode s temperaturo 57—58° C. Take količine termalne vode so zadostne za izvedbo celotnega programa povečanja zdravilišča, za zgraditev športnega bazena in zimskih toplih gred.

### **HYDROGEOLOGY OF THE ČATEŽ THERMAL SPRINGS**

The geologic exploration of the closer area of the thermal spring has been started after the completion of hydrologic investigations in the wider Čatež thermal springs area. The hydrologic investigations have shown the general trend of the ground water flow and thus they have limited roughly the area of the thermal springs. Three bore holes have been located with the aim, greater quantities of the thermal water with a constant temperature to be obtained. Each of them should reach the

depth of 70 ms. The program of the exploration works has been put down, because no data were available on the geologic feature of the thermal spring area except the general knowledge of the hydrology.

The Čatež thermal springs are located on the gravel plain some 300 ms S of the Sava river on the edge of the Krka—Brežice basin. The plain is bordered by the Sava, and Krka rivers in the north, and by Gorjanci mountains in the south.

### Geologic features

By means of bore holes a thickness of 7 to 10 ms was established in the Quarternary gravel. It lies on the Miocene sediments belonging to the Upper Tortonian. Sandy marls grading into sandy limestone with lithotamnia, conglomerate, and the true lithotamnia limestone have been distinguished according to their petrographic composition. No Tertiary bedrock has been found due to the fact, the greatest depth of the bore hole was 82 ms only. Tectonically the area belongs to the southern edge of the Krka-depression. The Sava fault forming the southern border of the depression is not important for the origin of the Čatež thermal springs. The thermal water ascends into the Quarternary gravel out off the Miocene beds along a fault trending N—S. The fault is shown by a crushed zone in the eastern part of the area explored by means of the bore holes. According to the data of the bore holes the greatest width of the zone amounts 30 ms. The western boundary of the crushed zone lies between the boreholes Nos. V-8, and V-13 on one side and the bore holes Nos. V-5, V-9, V-10, and V-11 on other side (Fig. 1.).

A displacement was found on the western border of the fault-zone. The dip of the fault-plane amounts  $70^{\circ}$  according to plenty of fissures. Notwithstanding with the fact the tectonic is very important for the ascension of the water out off the depth, the thermal water did not open its way into the Quarternary gravel along the fault zone, but in the fissures, trending perpendicularly to it. That is proved by the occurrence of the thermal water in the bore hole No. V-14, in which the thermal water has been tapped in a fissure widened into a cavern at the depth of 51,73 ms. The hydrologic observations have shown further, the main flow of the thermal water is coming into the gravel out off the Miocene sediments west of the fault plane.

The Tertiary sediments are interwoven by fissures and fault-planes dipping generally at an angle of  $70^{\circ}$  to  $80^{\circ}$ . The signs of the horizontal movements are traced in the fault planes also, especially in the fault zone. The fissures are filled up by calcite. No aragonite was found.

### The exploration and capture workings

As early as by the first bore hole we have found, the thickness of the gravel is less than we have foreseen. Therefore the bore hole has not been drilled to the depth of 70 ms, but it was stopped in the depth of 32,70 ms. as there was no sign of the thermal water presence in the

Miocene sediments to the depth mentioned. The shallow bore hole No. V-1 was followed by shallow bore holes Nos. V-2 and V-3.

By means of these bore holes we found the quantity of the water is sufficient as well as that the maximum temperature amounts 58° C. According to the data of the first three holes the original drilling program has been changed. The following boreholes should be located with the aim, to find the place, where the thermal water ascends into the Quarternary gravel out off the Miocene basis. Thus 12 bore holes have been drilled in total. They have shown, the fault divides the thermal spring area into two parts.

As we have expected, the thermal water will flow up along the fault plane out off the depth, we have determined its position by the drill holes. On the other side we have found the approximate surface of the gravel basis, and the hydrologic observations have confirmed the supposition, the thermal water flows out off the basis into the gravel west of the fault plane.

With the pumping test we have found the water is sufficient for the health resort demands forseen. The problem of the stable temperature of the thermal water was not solved satisfactorily. The initial temperature amounted 52° to 54° C at the low water level. It increased to a maximum temperature after one hour pumping. At the high water level the initial temperature was 48° to 50° C. The maximum was reached after two hours of pumping only. After this time it remained constant amounting 57° to 58° C till to the end of pumping test.

After the test the additional bore holes Nos. V-13, V-14, and V-15 have been drilled with the purpose to capture the thermal water in the Quarternary gravel. Meanwhile the decision was made to capture the thermal water in the basis of the gravel.

The hydrologic examinations have shown the centre of the thermal area lies some 10 ms west of the fault zone, therefore the bore hole No. V-14 was selected as the first deeper bore hole. Very soon below the gravel we have tapped the fissures with traces of the thermal water in this bore hole. The fissures were 3—5 cms wide and not closed. We have found a fissure extending to a cavern about 1,00 m wide with the water in the depth of 51,73 ms. By pumping 20 ls/sec. the water level has been lowered for 0,85 m only. The temperature of the thermal water raised up to the maximum of 57° to 58° after some minutes of pumping. Thereby the question of the stable temperature of the water was solved satisfactorily. Therefore we started the capture of the thermal water in the bore hole No. 14.

The seamless steel pipes with the outer diameter of 168,3 mms and the inner diameter of 154 mms have been sunk into the bore hole till to the depth of 52,75 ms. The lower part of the pipe has been perforated in such a way that the perforated surface was five times greater than the section of the pipe. The space between the pipe itself and the wall of the bore hole has been tighted first with the lead rings and later on by the injections.

### Hydrologic features

The influence of the cold ground water on the thermal water in the Quarternary gravel we have stated on the base of the measurements of the day temperature as well as by the pumping test. The measurements in the bore holes Nos. V-4, and V-6 are shown in the hydrogram for the period from the 1<sup>st</sup> to 31<sup>st</sup> of December 1957 compared with the data of the Čatež water station as well as with the daily reinfall of the meteorologic station Zg. Lenart-Brežice. (Fig. 2.)

The relation of the raising water levels to the lowering of the temperatures is shown by hydrogram, the sketches of hydroisohypses, and hydroisotherms with longitudinal, and transverse sections (Fig. 3—11). The daily measurements data for the sketches and sections have been elected those for 13<sup>th</sup>, 15<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup>, and 20<sup>th</sup> of December 1957. The lowest water level was on the 13<sup>th</sup> of December, the highest on 18<sup>th</sup> of December, the data for the 15<sup>th</sup> December are showing the relations in the thermal area in the time of the raising water levels and decreasing of the temperature, meanwhile the data for the 20<sup>th</sup> December are showing the state of lowering of the water levels and increasing of the temperature.

The comparing of the course of the hydroisotherms as regard the position of the bore holes Nos. V-3, and V-4. At the low water levels as well as their increasing, and water levels the temperature in the bore hole No. V-3 was higher than in the bore hole No. V-4. Just the opposite we can observe with the lowering of the water level. The comparing of the hydroisohypses has given similar results.

These facts show, the heart of the thermal water flow in the gravel oscillate at the increasing as well as the decreasing of the water levels. During the increasing of the water levels it swings towards south because of the ground water pressure from the Sava river, meanwhile at the decreasing of the water level it swings towards north. According to the course of the hydroisotherms, hydroisohypses as well as the sections of the hydroisohypses we can find the center of the thermal springs area as well as the trend of the ground water flow.

The second part of the hydrologic observations refers to the pumping tests. By pumping we have destroyed the natural equilibrium on the thermal arebut notwithstanding the pumping tests are of great practical use, as we have found by them the maximum temperature and the maximum quantities of the thermal water for the later exploitation. During the pumping we have observed the piezometers in the rest of bore holes, and measured the water quantities at the same time. We have found, the temperature even raised and the water levels lowered slightly in the nearest observation points only. In these tests we have pumped more than 20 l/s of the thermal water. We have made three pumping tests on different water levels. Thereby we have finished the hydrologic observations in the gravel and passed to the drilling.

As early as in the first bore hole No. V-14 we have hit the water bearing fissure in the depth of 51.73 m. By means of pumping we have

found the thermal water quantity, as well as the raising of the temperature up from 57° to 58° after some minutes of pumping.

The piezometric level in the bore hole was in the elevation of 140,22 ms above the sea level. In the time of pumping 20 ls/sec. it has been lowered on 139,00 to 139,29 ms. By the everyday measurements we have found the thermal water in the bore hole No. V-14 is still under indirect influence of the ground water in the gravel. The piezometric level in the borehole No. V-14 has been raised and lowered paralelly with the piezometric levels in other boreholes in the gravel. This indirect connection with the ground water in the gravel did not have any influence on the highth of the temperature. The thermal water was captured in the bore hole No. V-14 later on.

**Conclusion.** We have succede to solve the problem of the Čatež Thermal Springs with the geologic, and hydrologic investigations. Out off the well we can pump up to 30 ls/sec. of thermal water with constant temperature.

#### LITERATURA

Heritsch—Seidl, 1919, Das Erdbeben von Rann an der Save vom 29. Jänner 1917. Mitt. der Erdbeben Komm. d. Akad. d. Wiss. Neue Folge No. 55. Wien.

Moret, L., 1946, Les sources thermominérales. Hydrogéologie-géochimie — Biologie. Boul. St. Germain. Paris.

Pleničar—Ramovš, 1954, Geološko kartiranje severovzhodno od Brežic. Geologija, 2. knjiga. Ljubljana.

Tornquist, A., 1918, Das Erdbeben von Rann an der Save vom 29. Jänner 1917. Mitt. d. Erdbeben — Kommission d. Akad. d. Wiss., Neue Folge No. 52. Wien.

# Errata

| stran<br>Page | vrsta<br>Line | namesto<br>Instead of | pravilno<br>Correctly |
|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| 2             | 2             | Survey                | Survey                |
| 9             | 33            | tektonika             | tektonika.            |
| 9             | 40            | numulitic             | nummulitic            |
| 10            | 1             | numu-                 | nummu-                |

Zamenjaj pojasnili k 2. in 3. sl. na III. tab. v članku M. Drovenika.  
On Plate III in M. Drovenik's paper the text to Fig. 2 belongs to Fig. 3  
and vice versa.

|     |                                              |                     |                                                  |
|-----|----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------|
| 20  | 3                                            | doritov             | dioritov                                         |
| 29  | 16                                           | Cu                  | CuO                                              |
| 30  | 9                                            | as                  | is                                               |
| 32  | 1                                            | S, S, S             | S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> |
| 36  | 10                                           | Harpe, C.           | Harpe, Ph.                                       |
| 36  | 11                                           | Borda a Dax.        | Borda, IV, Dax.                                  |
| 40  | 7                                            | odpornemu materialu | odpornega materiala                              |
| 54  | 21                                           | analysis            | analyses                                         |
| 54  | 35                                           | (1913, 235)         | (1914, 235)                                      |
| 55  | 14                                           | minerat             | mineral                                          |
| 57  | 6                                            | elementarni,        | elementarni                                      |
| 61  | 17                                           | erschert            | erschwert                                        |
| 76  | 37                                           | sings               | signs                                            |
| 78  | 7                                            | reinfall            | rainfall                                         |
| 78  | 36                                           | arebut              | area but                                         |
| 78  | 47                                           | vearing             | bearing                                          |
| 87  | 19                                           | zur Vergleichen     | zum Vergleichen                                  |
| 91  | 49                                           | Mimikriri           | Mimikiri                                         |
| 110 | 12                                           | dolomite            | dolomitne                                        |
| 121 | 12                                           | 4.345.—             | 14.345.—                                         |
| 131 | 30                                           | keratorif           | keratofir                                        |
| 145 | Suma % a) 7                                  | 99,73               | 99,82                                            |
| 145 | Suma % b) 2                                  | 100,2               | 100,02                                           |
| 156 | % SiO <sub>2</sub> a) 1                      | 47,3                | 47,34                                            |
| 156 | % CO <sub>2</sub> a) 1                       | 015                 | 0,15                                             |
| 156 | % CO <sub>2</sub> brez H <sub>2</sub> O a) 3 | 0,10                | 0,15                                             |
| 156 | Suma % a) 6                                  | 100,72              | 100,73                                           |
| 158 | Suma b) 2                                    | 100,03              | 100,02                                           |
| 158 | Suma b) 4                                    | 99,88               | 99,98                                            |
| 158 | Pojasnilo k analizi 5                        | veliki vrh          | Veliki vrh                                       |
| 158 | Pojasnilo k analizi 5                        | OL-8                | CL—8                                             |
| 161 | 10                                           | Al <sub>2</sub> O   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   |
| 162 | 29                                           | zoizite             | zoisite                                          |
| 168 | 24                                           | stiliolitski        | stilolitski                                      |
| 169 | 10                                           | na vsebuje          | ne vsebuje                                       |
| 176 | 13                                           | more or less        | higher or lower                                  |
| 185 | 25                                           | vsebuje             | vsebujejo                                        |
| 217 | 8                                            | njeni razkrojeni    | njihovi razkrojeni                               |
| 228 | 24                                           | različ.ke           | različke                                         |
| 256 | 10                                           | thichness           | thickness                                        |
| 256 | 13                                           | caused of           | caused by                                        |
| 256 | 38                                           | frequent            | frequently                                       |
| 257 | 16                                           | öoids               | oöids                                            |
| 259 | 1                                            | those               | that                                             |