

Hidrogeološki odnosi u području Ozaljskog polja

Ivan ČAKARUN, Vinko MRAZ i Željko BABIĆ

Geološki zavod, Sachsova 2, p. p. 283 YU — 41000 Zagreb

Za potrebe izgradnje vodoenergetske stepenice Brodarci na Kupi i Dobri, izvršeno je detaljno istraživanje naslaga u Ozaljskom polju. Istraživanjima dokazano je postojanje visokopropusnog kvartarnog šljunčano-pjeskovitog vodonosnika, koji je prostorno ograničen nepropusnim naslagama pliocena i paleozoika.

UVOD

Na području donjeg toka Kupe, nizvodno od Ozaljske klisure već niz godina provode se istraživanja litoloških karakteristika naslage te odnosa podzemne i površinske vode na prostoru Ozaljskog polja. Istražni radovi izvede se za potrebe izgradnje akumulacije vodoenergetske stepenice (VES) Brodarci na Kupi i Dobri, odvodnje Ozaljskog polja i odbrane od brdskih voda sa zapadnog područja.

Prvi cjelovit prikaz geološke, morfološke i hidrografske slike područja Kupe od izvorišta do utoka u Savu dao je Poljak (1949), Herak (1957) obrađuje geologiju i hidrogeologiju Kupe od izvorišta do Oslja. Za područje nizvodno od Oslja predlaže detaljna istraživanja u svrhu izrade manjih uspora, koji jedino dolaze u obzir zbog morfologije terena. Bojanić & Ivičić (1971) izvršili su geološku i hidrogeološku obradu pregrade Brodarci. Isti autori (1973) u okviru regionalnih hidrogeoloških istraživanja sliva Kupe indicirali su postojanje kvartarnog šljunčanog vodonosnika u Ozaljskom polju.

Tijekom 1979. godine započeta su detaljna istraživanja šireg područja akumulacije VEB Brodarci. Tada je glavnina istraživanja provedena duž trasa projektiranih nasipa uz Kupu i Dobru, a manja na širem prostoru. U nastavku 1985. godine istraživanja su skoncentrirana duž drenažnih kanala na lijevoj i desnoj obali Kupe u Ozaljskom polju.

U 1979. godini provedena je geološka obrada šireg prostora, plitko i dublje istražno bušenje, geoelektrično sondiranje i refrakcijska seizmička mjerenja. Geološke radove te dio plićeg i dubljeg istražnog bušenja sa opremom bušotina za opažanje izveo je Geološki zavod, geomehaničko istražno bušenje duž trasa nasipa uz Kupu i Dobru Građevinski institut, a geofizičke radove Geofizika, Zagreb. Istražne radove tijekom 1985. godine proveo je Geološki zavod i Geoexpert OOUR u sastavu R. O. Geotehnika.

Uz autore na terenskim radovima učestvovali su: S. Davidović, F. Dukarić, I. Galović, T. Kolander, J. Kolarić i S. Marković, te im se i ovom prilikom zahvaljujemo.

LITOLOŠKI ODNOSI

Provedenim istražnim radovima na prostoru Ozaljskog polja utvrđeno je da najplići dio izgrađuju kvartarne naslage. Debljina im postepeno raste idući nizvodno, međutim na krajnjem južnom dijelu polja ponovo opada. Prosječna je oko 6 m, maksimalna ne prelazi 10 m. Prema sastavu kvartarne naslage vertikalno su podijeljene na površinski pokrivač i šljunčani vodonosni horizont.

Površinski pokrivač

Površinski pokrivač izgrađuju pretežno sitnozrne naslage: glina, organska glina i prah niske do visoke plastičnosti te treset i sitnozrni pijesak sa prahom. Mjestimice prisutan je i krupnozrniji nanos, pijesak i šljunak sa prahom i glinom. Za čitav prostor karakteristično je da glina dolazi u površinskom dijelu, dublje slijedi prah a pijesak i šljunak sa prahom i glinom čine prelazni sloj prema šljunčano-pjeskovitom vodonosniku.

U centralnom dijelu Ozaljskog polja na desnoj obali Kupe, debljina pokrivača je najmanja i kreće se od 0,3 do maksimalno 3 m, prosječna je do 2 m. Tu su zastupljeni zaglinjeni pijesak i šljunak. Idući prema zapadu, odnosno rubu polja debljina se povećava do preko 5 m i u pokrivaču sve više prevladava glina, organska glina i treset. Također i prema Kupi debljina mu raste. Na lijevoj obali rijeke situacija je slična. U središnjem dijelu polja površinski pokrivač je najtanji. Idući prema zapadu, odnosno Kupi i prema istoku tj. rubu polja, debljina mu je od 2 do preko 5 m. Uz Dobru, uzvodno, debljina pokrivača je do 4 m, opada idući nizvodno i ispod 1 m.

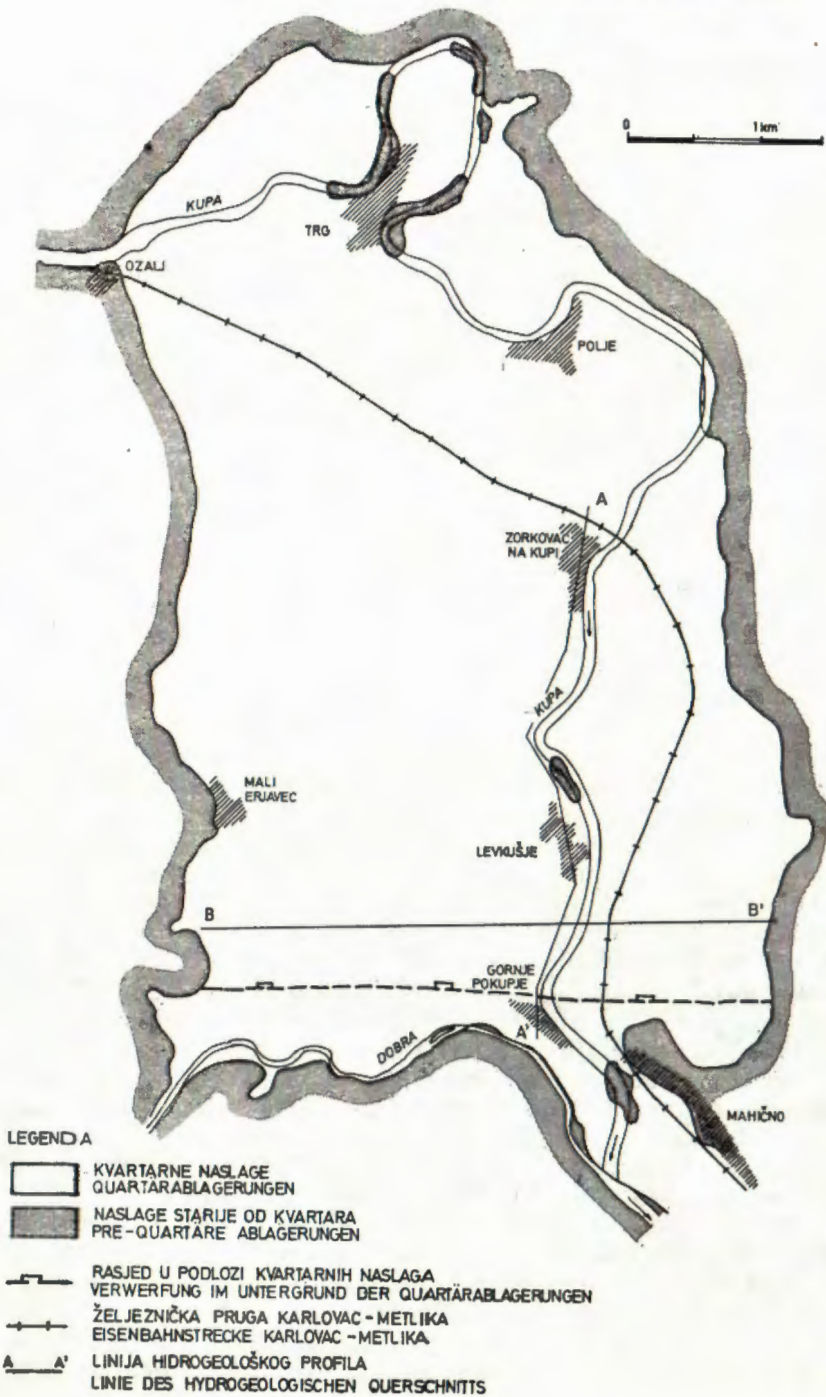
Prema podacima iz granulometrijskih krivulja, utvrđeno je da je propusnost gline i praha slaba, a prašinstog pijeska te šljunka i pijeska sa prahom i glinom bolja. Koeficijenti filtracije su od $k = 1,2 \cdot 10^{-6} - 3,5 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Šljunčani vodonosni horizont

Vodonosni horizont izgrađuje slabo do dobro sortirani šljunak sa pjeskom. Valutice veličine do 60 mm uglavnom su dobro zaobljene. Veći komadi (60—150 mm) su izduženi i slabije zaobljeni. Propusnost ovih šljunčanopjeskovitih naslaga je visoka, jer su koeficijenti filtracije u granicama $k = 6,2 \cdot 10^{-3} - 4,4 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Na uzvodnom dijelu Ozaljskog polja, sjeverno od željezničke pruge, šljunčane naslage dokazane su samo mjestimice. Tu često, direktno na podinskim naslagama naliježe površinski pokrivač. Uzrok ovome je viši hipsometrijski položaj ovog dijela polja. Uslijed višeg hipsometrijskog položaja, vršeno je izravnavanje terena duž profila, pa je Kupa za visokih vodostaja erodirala bokove i korito, te premještala i odlagala vučeni

PREGLEDNA KARTA OZALJSKOG POLJA
ÜBERSICHTSKARTE VON OZALJSKO POLJE



nanos nizvodno. Na ovom uzvodnom prostoru šljunčano-pjeskovite naslage sačuvane su samo lokalno, u udubljenjima koja su nastala erozijom mekih podinskih naslaga.

Nizvodno od željezničke pruge Karlovac—Metlika, na lijevoj i na desnoj obali Kupe, dokazano je postojanje uglavnom kontinuiranog šljunčano-pjeskovitog horizonta. Samo lokalno, vrlo rijetko, horizont izostaje. Idući od željezničke pruge nizvodno do rasjeda kod Gornjeg Pokuplja, debljina šljunčanih naslaga postepeno raste od 0,5—4 m, prosječna je oko 2,0 m. Debljine 2—4 m, u zoni širine oko 1 km, prisutne su uz korito Kupe od Zorkovca na sjeveru do rasjeda na jugu. Prema rubovima polja debljina horizonta opada, ne prelazi 2 m. Iznimno, debljine veće od 4 m dokazane su uz rasjed u uskom pojasu, pružanja istok—zapad. Ovo zadebljanje šljunčanih naslaga posljedica je izdizanja glinenih škriljavaca na južnom krilu rasjeda te zadržavanja krupnozrnog nanosa uzvodno od formirane stepenice u podlozi. Nizvodno od rasjeda horizont se stanjuje na svega 1 m, mjestimice i izostaje.

Naslage podine

Naslage podine dokazane su dubljim piezometrijskim i istražnim bušotinama. Također izdanci ovih naslaga prisutni su mjestimice i u koritu Kupe i Dobre. Uzvodno od rasjeda u podini je meki, glinovito pjeskoviti lapor pliocena, rhomboidea naslage. Nizvodno dolaze paleozojski glineni škriljavci i slijede sve do ispod pregradnog profila VES Brodarci.

HIDROGEOLOŠKI ODNOSI

Visoko propusni vodonosnik Ozaljskog polja prostorno je ograničen i u vertikalnom i u horizontalnom razrezu nepropusnim naslagama paleozoika i pliocena. Kupa je korito duboko usjekla u kvartarnim naslagama te je voda u rijeci u neposrednoj hidrauličkoj vezi sa podzemnom vodom u šljunčanom horizontu. Na dubinsku eroziju ukazuju mjestimice prisutni izdanci lapora u koritu. Tu gdje su utvrđeni izdanci nepropusnih lapora a iznad njih slijede šljunci javlja se procjeđivanje vode iz vodonosnika. U neposrednom okolišu Kupe i Dobre podzemna voda u horizontu je slobodne površine. S udaljavanjem od korita voda je pod pritiskom.

Analizom podataka mjerenja razine vode u vodonosniku, te njihovom korelacijom sa vodostajima Kupe i Dobre, dokazano je da je glavni smjer toka podzemne vode prema ovim rijekama. Na većoj udaljenosti od vodotoka podzemno otjecanje je usporeno i otežano zbog blagog nagiba terena i male debljine šljunčanog horizonta, pa je nivo podzemne vode blizu površine terena i polje je močvarno. Uslijed toga u zaleđu Kupe formirani su vodotoci. Također, zbog visokih vodostaja u podzemlju tu je iskopan i niz kanala u svrhu odvodnje polja. Prirodno formirani vodotoci ili izvedeni kanali dijagonalni su ili paralelni koritu Kupe.

Iz utvrđenog stanja i kretanja podzemnih voda slijedi da se danas prihranjivanje šljunčanog vodonosnika Ozaljskog polja vrši uglavnom procjeđivanjem oborinskih voda kroz površinski slabo do bolje propusne pokrovne naslage. Također, na obnavljanje utječu i pritoke koje dotiču u

polje sa zapadnog brežuljkastog i brdovitog područja. U obalnom pojasu nivo podzemne vode iznimno poraste kod visokih vodostaja Kupe i Dobre. Međutim, rijeke nemaju značajnijeg utjecaja na prihranjivanje horizonta uslijed kratkog trajanja visokog vodnog vala.

ZAKLJUČAK

S ciljem definiranja utjecaja uspora Kupe i Dobre na zaobalje izgradnjom vodno-energetske stepenice Brodarci, detaljno su istražene naslage na prostoru Ozaljskog polja. Istraživanjima utvrđeno je da kvartarni nanos seže do maksimalne dubine 10 m. U podlozi slijede naslage pliocena i paleozoika.

Kvartarne naslage u plićem dijelu izgrađuju slabo do bolje propusni glinovito-pjeskoviti i prašinasto-pjeskoviti nanosi, debljine 0,3—8 m, prosječne 3—4 m. Dublje slijedi visoko propusni šljunčano-pjeskoviti vodonosnik sa vrijednostima koeficijenta filtracije $k = 10^{-3} - 10^{-5}$ m/s. Na cijelom prostoru Ozaljskog polja ovaj horizont nije prisutan. Samo lokalno, sačuvan je u uzvodnom dijelu polja, sjeverno od željezničke pruge Karlovac—Metlika. Nizvodno od željezničke pruge prisutan je kontinuirani šljunčani horizont. Najveće debljine šljunčanih naslaga, do 5 m, dokazane su uz rasjed kod Gornjeg Pokuplja. Uzvodno debljina opada, kreće se od 1—4 m, prosječna je do 2 m. Podlogu kvartarnih naslaga čine nepropusni, mekani glinovito-pjeskoviti lapori pliocena, te čvrsti glineni škripljavci paleozoika. Strukturni odnosi u podinskim naslagama ukazuju na značajnu tektonsku aktivnost, koja je uvjetovala spuštanje centralnog dijela polja te omogućila odlaganje krupnozrnog šljunčano-pjeskovitog nanosa u nastalu plitku depresiju.

Kako je visoko propusni šljunčano-pjeskoviti vodonosnik prostorno ograničen nepropusnim naslagama pliocena i paleozoika u vertikalnom i horizontalnom razrezu, podzemno otjecanje prisutno je samo prema Kupi i Dobri. Također korito Kupe, kao glavni dren podzemlja, duboko je usječeno u kvartarnim naslagama, te je voda u rijeci u neposrednoj hidrauličkoj vezi sa podzemnom vodom vodonosnika.

Budući da Kupa i Dobra predstavljaju drenove podzemne vode iz vodonosnika, stalni radni uspon akumulacije vodnoenergetske stepenice Brodarci na koti 114,5 m n. m. izazvat će porast vode u podzemlju i zamočvarenje Ozaljskog polja. Zbog toga potrebno je drenažnim kanalima, paralelnim sa Kupom i Dobrom sniziti nivo podzemne vode.

Primljeno: 22. 12. 1985.

LITERATURA

- Bojanić, L. & Ivičić, D. (1971): Pregrada Brodarci na Kupi. Geološki istražni radovi. Arhiv Geološkog zavoda br. 5092.
- Bojanić, L. & Ivičić, D. (1973): Regionalna hidrogeološka istraživanja područja sliva Kupe. Arhiv Geološkog zavoda br. 5275.
- Čakarun, I. (1977): Izvještaj o prospektorskom bušenju u blizini pregradnog profila HE Brodarci. Arhiv Geološkog zavoda br. 6/78.

- Cakarun, I., Babić, Z., Marković, S. & Dukarić, F. (1979): Geološke, inženjerskogeološke i hidrogeološke karakteristike bazena VES Brodarci. Arhiv Geološkog zavoda br. 7343.
- Herak, M. (1957): Geologija i hidrogeologija područja Kupe od izvorišta do Ozlja. Arhiv Geološkog zavoda br. 2910.
- Herak, M. & Bahun, S. (1968): Hidrogeološka studija rijeke Kupe. Arhiv Geološkog zavoda br. 4576.
- Poljak, J. (1949): Geomorfološki i hidrografski podaci sliva rijeke Kupe. Arhiv Geološkog zavoda br. 1696.

Hydrogeologische Verhältnisse im Gebiet von Ozaljsko polje

I. Cakarun, V. Mraz und Z. Babić

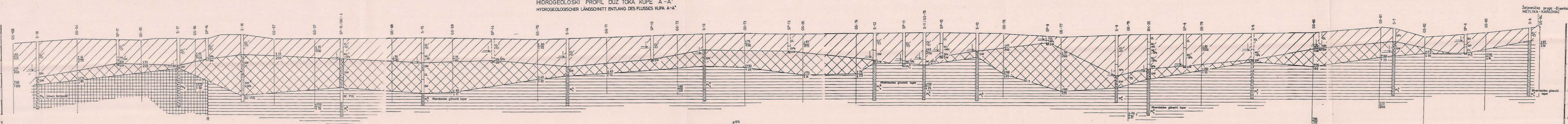
Zwecks Feststellung des Einflusses der geplanten Erhöhung der Wasseroberfläche von der Flüsse Kupa und Dobra auf ihre Ufergebiete, hervorgerufen durch den Bau der hydroenergetischen Anlage Brodarci, sind die Ablagerungen im Raume von Ozaljsko Polje eingehend untersucht worden. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass Quartärschüttungen eine Mächtigkeit von maximal 10 m erreichen. In ihrem Liegenden finden sich pliozäne und paläozoische Ablagerungen. Der obere, oberflächliche Teil der Quartärablagerungen ist durch schlecht oder etwas besser durchlässige tonig-sandige und staubig-sandige Schüttungen dargestellt, deren Mächtigkeit zwischen 0,3 und 8 m variiert, im Durchschnitt 3–4 m beträgt. Darunter, in tieferen Lagen, folgt der gut durchlässige Grundwasserleiter, gebaut aus Kies und Grobsand, mit dem Filtrationskoeffizient im Wert von $K = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/s. Diese Schicht ist jedoch nicht im gesamten Gebiet des Ozaljsko Polje entwickelt. Im oberen Teil des Ozaljsko Polje, nördlich der Eisenbahnstrecke Karlovac—Metlika, ist der Grundwasserleiter nur stellenweise erhalten. Im unteren Teil dagegen, entlang den Kupa Flusses hinab, ist er im Wesentlichen kontinuierlich entwickelt, nur stellenweise fehlend. Die größten Mächtigkeiten der Kiesschichten, bis 5 m, sind entlang der Verwerfung bei Gornje Pokuplje festgestellt worden.

Entlang des Kupa Flusses hinauf sinkt die Mächtigkeit, zwischen 1 und 4 m schwankend, durchschnittlich auf etwa 2 m. Im Liegenden der Quartärablagerungen finden sich undurchlässige, weiche, tonig-sandige pliozäne Mergel und feste paläozoische Tonschiefer. Die Strukturverhältnisse in diesen Ablagerungen, d. h. im Liegenden des Quartärs, weisen auf eine erhebliche Tektonik hin, die Senkung des zentralen Teiles des Ozaljsko Polje verursacht und das Ablagern der grobkörnigen, kiesig-sandigen Schüttungen in die dadurch entstandene flache Depression ermöglicht hat.

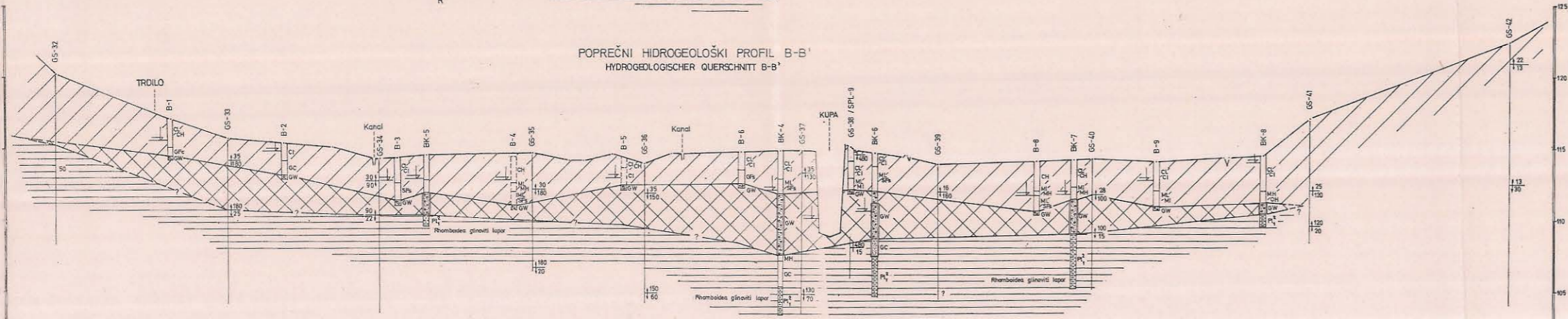
Da der gut durchlässige kiesig-sandige Grundwasserleiter sowohl im vertikalen als auch im horizontalen Schnitt durch undurchlässige pliozäne und paläozoische Ablagerungen begrenzt ist, ist die unterirdische Entwässerung nur in Richtung der Flüsse Kupa und Dobra möglich. Dazu trägt auch die Tatsache bei, dass der Flussbett von Kupa — der Hauptentwässerer für den gesamten Untergrund — tief in die Quartärablagerungen eingeschnitten ist, wodurch sich das Wasser im Fluss in unmittelbarer hydraulischer Verbindung mit dem unterirdischen Wasser des Grundwasserleiters befindet.

Da die Flüsse Kupa und Dobra die Entwässerer für das unterirdische Wasser aus dem Grundwasserleiter darstellen, wird die geplante, permanente erhöhte Wasseroberfläche im Stausee der hydroenergetischen Anlage Brodarci, 145 m über NN, zur Erhöhung des Grundwassers und zur Versumpfung von Ozaljsko Polje führen. Deshalb ist es notwendig, durch die den Flüssen Kupa und Dobra parallel laufende Entwässerungskanäle die Grundwasseroberfläche zu senken.

HIDROGEOLOŠKI PROFIL DUŽ TOKA KUPE A-A'
HYDROGEOLOGISCHER LÄNGSSCHNITT ENTLANG DES FLUSSES KUPE A-A'



POPREČNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL B-B'
HYDROGEOLOGISCHER QUERSCHNITT B-B'



- LEGENDA**
- Povećani pokrivač šljunčano-pjeskovitog horizonta (CL, CI, CH, OI, OH, ML, MI, MH, SH, SC, OS, O) **(SC)**
Oberflächliche Deckschichten im Hainbuchen- und Kirschen-standigen Schichten
 - Šljunčano-pjeskoviti vodostni horizont **(GW, GU i SW)**
Kiesig-sandiger Grundwasserleiter
 - Naslage podine: Glinovita pjesoviti tvari **(P1?)**
Glineni šljunčaci (P2?)
Schichten des Liegendes: tonig-sandige Mergel (Tonschiefer) (Bergsteinkummulum)
 - Istražna bušotina
Untersuchungsbohrung
 - Geoelektrična sonda sa vrijednosima prividnih specifičnih otpora
Geoelektrische Sonde mit angegebenen Werten von scheinbaren spezifischen Widerständen
 - Granica između različitih hidrogeoloških sredina
Grenze zwischen unterschiedlichen hydrogeologischen Einheiten
 - Razjed
Verwerfung
 - Nivo podzemne vode
Grundwasseroberfläche
 - Interval upadnje filtera kod piezometrijskih bušotina
Lage des Filters bei piezometrischen Bohrungen