

UDK 556.32/.334(497.12)=863

## Hidrogeološke razmere na Ptujskem polju

### Hydrogeology of the Ptuj field

Ljubo Žlebnič

Geološki zavod Ljubljana, Dimičeva 14, 61000 Ljubljana

#### Kratka vsebina

Ptujsko polje je ravnina, ki se razprostira med Dravo, Slovenskimi goricami ter Ptujem in Ormožem. Zasuto je s prepustnim kvartarnim dravskim prodom, ki je debel od 4–22 m. Podlago proda sestavljajo neprepustne ali zelo slabo prepustne terciarne plasti, konglomerat, zbiti pesek, glina in lapor. V kvartarnem prodru se nahaja podtalna voda, ki se pretaka od zahoda proti vzhodu približno vzporedno s tokom Drave. Napaja se v glavnem iz poniklih padavin, delno tudi iz Drave. Izliva se v Zvirenčine pod visoko prodno teraso v Muretincih, Forminu in Osluševcih in tudi nazaj v Dravo. Podtalno vodo izkoriščajo v skrajnem vzhodnem delu pri Mihovcih za ormoški vodovod. Hidroelektrarna Formin le malenkostno vpliva na podtalno vodo, kajti pri njeni gradnji so bili opravljeni vsi potrebni ukrepi, da bi bila v kar največji možni meri zavarovana.

#### Abstract

Ptuj field is the plain stretching between Drava river, Slovenske gorice hills and the towns of Ptuj and Ormož. The field is filled with Quaternary gravel deposits with thickness varying from 4 to 22 meters. The Tertiary base of the Quaternary gravel deposits consists of conglomerate sand, clay and marl, with very low permeability. The underground water flows through the gravel deposits in the east direction, parallel to the Drava river. It is recharging from the precipitations and partly from the Drava river and discharging to numerous springs called Zvirenčine on foot of the high Quaternary gravel terrace. The Ormož town is supplied with drinking water from the wells on the eastern part of Ptuj field Quaternary gravel aquifer. The spillway water channel of the Formin hydroelectric power plant affected the underground water in a very low extent because all necessary interventions were made for the underground water protection.

#### Uvod in pregled dosedanjih raziskav

Ptujsko polje je bilo že pred pričetkom podrobnejših geoloških in hidrogeoloških raziskav v letih 1984–86 dokaj dobro raziskano in sicer v zvezi z načrtovanjem hidroelektrarne Formin (v prvotno HE Srednja Drava – 2. stopnja) in v zvezi z gradnjo črpališča za ormoški vodovod (Nosan, 1961; Žlebnič, 1981; Kralj, 1984).

Za potrebe projektiranja HE Srednja Drava – 2. stopnja oz. HE Formin so bile od

leta 1959 naprej izvrtane številne strukturne, geomehanske in piezometrične vrtine, in to na mestih predvidenih pregrad v Budini, Zabovcih in Markovcih, vzdolž predvidenega dovodnega in odvodnega kanala ter na mestih predvidenih strojnic v Mali vasi in Forminu. Izvrtanih je bilo prek 250 vrtin globine 10–50 m. V okviru študije o vplivu gradnje HE Formin na podtalno vodo Ptujskega polja je bilo izvrtanih preko 70 strukturnih piezometriških vrtin v več profilih sever–jug preko polja, vzdolž obrambnih nasipov akumulacijskega jezera in vzdolž celotnega odvodnega kanala elektrarne (Žlebnič, 1966, Rismal, 1973; Žlebnič, 1974; Božovič, 1975).

Leta 1965 so začele Dravske elektrarne z rednimi opazovanji gladin podtalne vode v omenjenih vrtinah in dodatno še v nekaterih vaških vodnjakih. Z opazovalno mrežo vrtin in vaških vodnjakov je bilo tako enakomerno prekrito celotno Ptujsko polje in prek tega je bilo mogoče izdelati zelo podrobne karte gladin podtalne vode na polju za različno stanje vode (Drobne et al., 1969). Celotna opazovalna mreža Dravskih elektrarn je obsegala 177 opazovalnih objektov. Do leta 1978 so opravljali meritve gladin podtalnice en- do dva-krat mesečno. Od leta 1984 naprej so opazovalno mrežo Dravskih elektrarn močno skrčili, opazovanja na tej skrčeni mreži pa nadaljujejo.

### Morfološki opis

Ptujsko polje se razprostira na levem bregu Drave od Ptujja proti vzhodu do Velike Nedelje oziroma Ormoža; na severu ga omejuje gričevje Slovenskih goric, na jugu pa reka Drava. Ima obliko zelo raztegnjenega trikotnika s površino približno 90 km<sup>2</sup>. Ozemlje sestavlja geografsko in morfološko enoto. Površje polja je položno nagnjeno od zahoda proti vzhodu. Sestavljajo ga pleistocenske in holocenske prodne naplavine. V dolini Pesnice pri Dornavi in Pacinju so prekrte z 2–4 m debelo plastjo rjave peščene gline.

Površje polja sestavljata v morfološkem pogledu dve dravski terasi. Večji del polja zajema visoka terasa, vzdolž Drave pa se razprostira nizka terasa. Ježa visoke terase poteka v smeri severozahod–jugovzhod od Rogožnice preko Brstja, Spuhlje, Zabovcev, Markovcev do Nove vasi, od tam naprej pa v smeri jugozahod–severovzhod preko Stojncev, Muretincev, Formina, Cvetkovcev in Trgovišča do Mihovcev. V zahodnem delu polja je ježa terase visoka 7–8 m, v osrednjem delu 4,5 m in v vzhodnem delu 2–3 m. V osrednjem in vzhodnem delu polja izvirajo pod ježo visoke terase tri studenčnice: Muretinska, Forminska in Osluševska Zvirenčina.

Nizka dravska terasa, ki je bila pred gradnjo hidroelektrarne izpostavljena poplavam, je v zahodnem delu na območju Ptujja, Budine in Spuhlje široka 1,0–1,5 km. Med Zabovci in Novo vasjo in Forminom je široka 1,5 km. Vzhodno od Formina se nizka terasa razširi na 2,5–4 km in zavzema večji del polja.

Z dograditvijo hidroelektrarne Formin je bilo Ptujsko polje presekano z 8,5 dolgim dovodnim kanalom med Markovci in Forminom ter 8 km dolgim odvodnim kanalom med Forminom in Ormožem.

### Hidrografski opis

Glavni vodotok na našem območju je reka Drava. Teče po južnem robu polja od Ptujja do Ormoža. Med Markovci in Ptujem je z dograditvijo HE Formin nastalo

Ptujsko jezero; dolgo okrog 5 km in široko največ 1,2 km. Vzdolž jezerskih bregov so zgrajeni bočni nasipi in vzdolžni drenažni kanali za odvajanje preniklih voda iz jezera. Voda v jezeru in v dovodnem kanalu je na koti ok. 220 m, v odvodnem kanalu pa na koti ok. 191 m. Vzdolž 8 km dolgega odvodnega kanala je bila na obeh bregovih v dolžini 6 km zgrajena neprepustna diafragma za zavarovanje podtalnice v vzhodnem delu Ptujkega polja.

Reka Drava ima izrazito fluvio-glacialni režim pretoka. Dolgoletna opazovanja kažejo za VP Ptuj naslednje karakteristične pretoke:

nizki pretok $nQ_n$	70,3 m <sup>3</sup> /s
srednji pretok $Q_n$	301 m <sup>3</sup> /s
visoki pretok $Q_v$	1937 m <sup>3</sup> /s
verjetnostni konični pretok	2363 m <sup>3</sup> /s

Z dograditvijo hidroelektrarne Formin je režim pretoka po strugi Drave in energetskih kanalih mogoče nadzorovati. Po dovodnem kanalu elektrarne je mogoče prevajati 450 m<sup>3</sup>/s vode, preko jezua v Markovcih pa 4200 m<sup>3</sup>/s vode, kar je skoraj dvakrat več, kot znašajo najvišji pretoki. Ob nizkih vodah se po stari strugi Drave pretaka le 5–10 m<sup>3</sup>/s vode, od izliva Dravinje naprej pa nekoliko več.

S severa priteče na Ptujsko polje pri Dornavi reka Pesnica, ki nato teče po sredini polja vse do izliva v Dravo pri Ormožu. Opazovanja kažejo naslednje karakteristične pretoke za VP Zamušani:

nizki pretok $nQ_n$	0,23 m <sup>3</sup> /s
srednji pretok $Q_s$	5,02 m <sup>3</sup> /s
visoki pretok $Q_v$	87,9 m <sup>3</sup> /s

S severa pritečeta v Pesnico iz Slovenskih goric dva manjša pritoka, Podgorski potok in Sejanski potok; njuni pretoki pa niso merjeni.

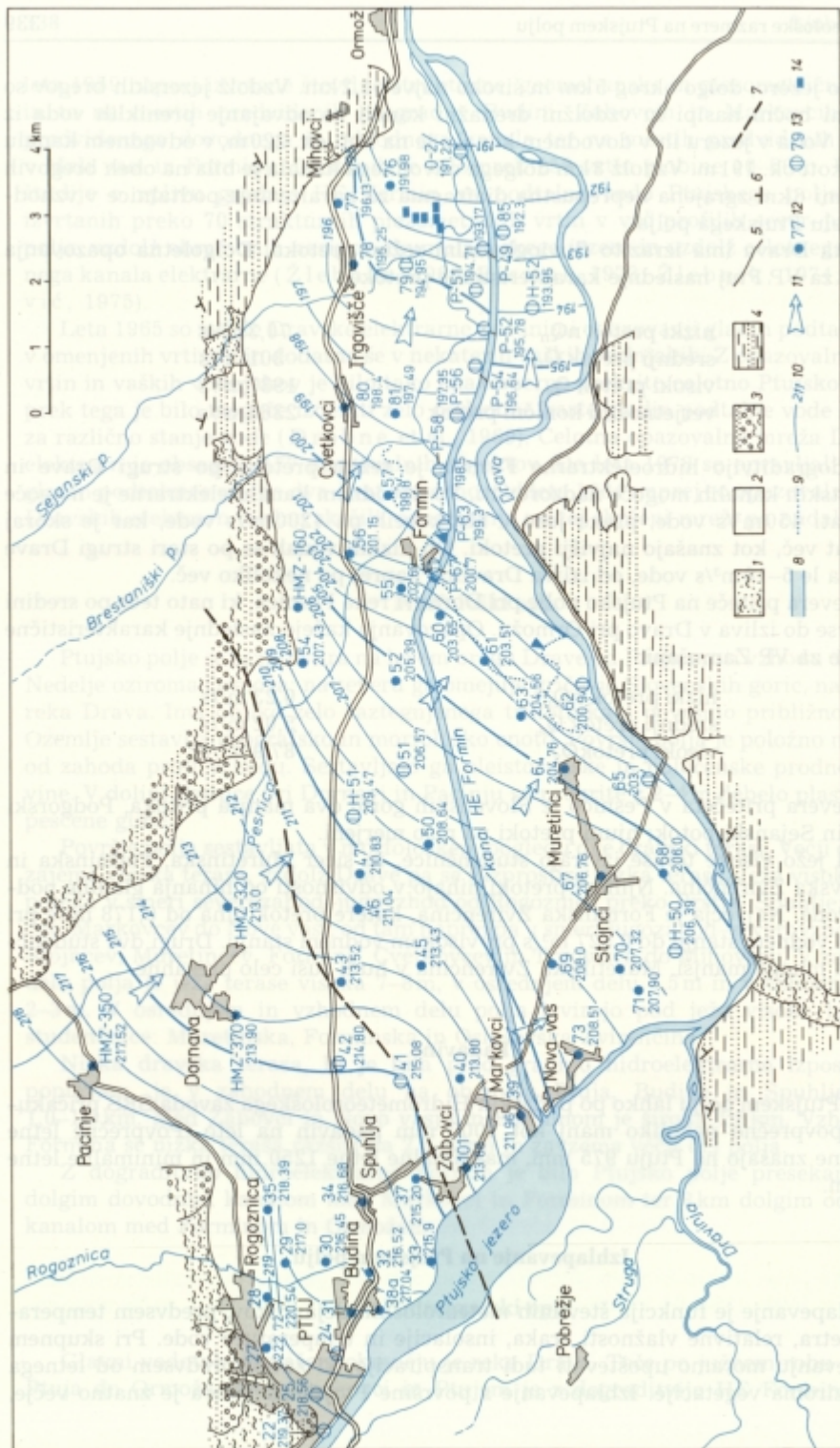
Pod ježo visoke terase izvirajo studenčnice, in sicer Muretinska, Forminska in Osluševska Zvirenčina. Njihovi pretoki nihajo v odvisnosti od nihanja gladine podtalne vode. Največja je Forminska Zvirenčina, katere pretok niha od 0,178 m<sup>3</sup>/s pri nizkem vodnem stanju do 0,327 m<sup>3</sup>/s pri visokem vodnem stanju. Drugi dve studenčnici sta mnogo manjši. Muretinska Zvirenčina v hudi suši celo presahne.

### Padavine

Na Ptujskem polju lahko po podatkih Hidrometeorološkega zavoda SRS pričakujemo, povprečno nekoliko manj kot 1000 mm padavin na leto. Povprečne letne padavine znašajo na Ptuj 975 mm, maksimalne letne 1250 mm in minimalne letne 750 mm.

### Izhlepevanje na Ptujskem polju

Izhlepevanje je funkcija številnih meteoroloških dejavnikov, predvsem temperature, vetra, relativne vlažnosti zraka, insolacije in temperature vode. Pri skupnem izhlepevanju moramo upoštevati tudi transpiracijo, ki zavisi predvsem od letnega časa oziroma vegetacije. Izhlepevanje s površine Ptujkega jezera je znatno večje,



Sl. 1. Pregledna hidrogeološka karta Ptujkega polja  
 Fig. 1. General hydrogeologic map of the Ptuj Field

vendar na bilanco podtalne vode Ptujskega polja nima večjega vpliva. Na Ptujskem polju ni lizimetske postaje; zato so vrednosti evapotranspiracije le ocenjene, in to na podlagi izkustvenih obrazcev. Nedavno je bila zgrajena lizimetska postaja pri črpališču v Bohovi na Dravskem polju, vendar podatki meritev še niso obdelani. Po izkustveni enačbi L. Turca znaša evapotranspiracija pri minimalnih letnih padavinah 478 mm/leto, pri maksimalnih letnih padavinah pa 546 mm/leto. Na ravninskem delu Ptujskega polja ni površinskega odtoka, zato se vsa preostala padavinska voda precedi v podtalno vodo in jo s tem napaja; pri minimalnih letnih padavinah 750 mm se precedi v podtalno vodo povprečno 272 mm/leto padavin, pri maksimalnih letnih padavinah 1250 mm pa 704 mm/leto. Površina ravninskega dela Ptujskega polja je 90 km<sup>2</sup> (90 000 000 m<sup>2</sup>); pri minimalnih letnih padavinah se precedi v podtalno vodo 24 480 000 m<sup>3</sup> padavinske vode (povprečno 0,78 m<sup>3</sup>/s), pri maksimalnih pa 63 360 000 m<sup>3</sup> padavinske vode (povprečno 2,0 m<sup>3</sup>/s).

$$E = \frac{P}{0,9 + P^2/L^2}$$

E = evapotranspiracija v mm/leto

P = letne padavine v mm

L = 300 + 25 T + 0,05 T<sup>3</sup>

T = povprečna letna temperatura zraka v °C

### Pregledni geološki opis

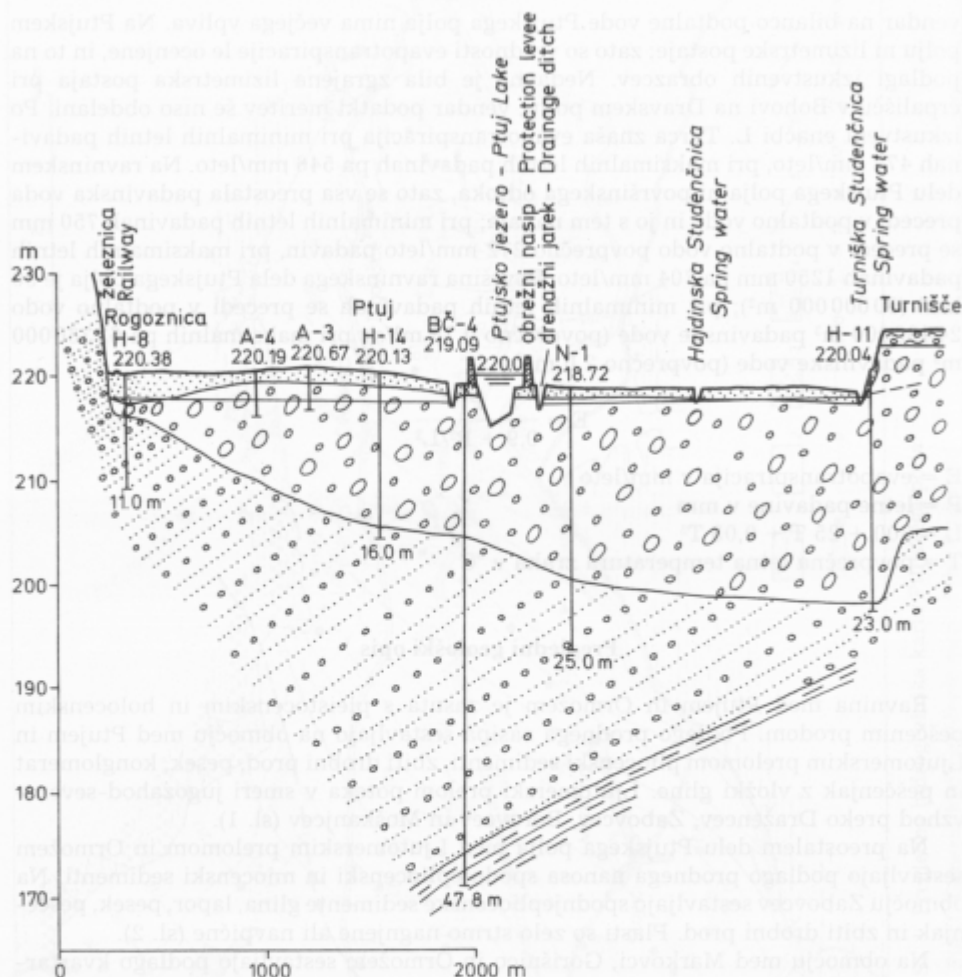
Ravnina med Ptujem in Ormožem je zasuta s pleistocenskim in holocenskim peščenim prodrom. Podlago prodnega zasipa sestavljajo na območju med Ptujem in Ljutomerskim prelomom pliocenski sedimenti, zbiti drobni prod, pesek, konglomerat in peščenjak z vložki gline. Ljutomerski prelom poteka v smeri jugozahod-severozvohod preko Dražencev, Zabovcev, Borovcev in Moškanjcev (sl. 1).

Na preostalem delu Ptujskega polja med Ljutomerskim prelomom in Ormožem sestavljajo podlago prodnega nanosa spodnjepliocenski in miocenski sedimenti. Na območju Zabovcev sestavljajo spodnjepliocenske sedimente glina, lapor, pesek, peščenjak in zbiti drobni prod. Plasti so zelo strmo nagnjene ali navpične (sl. 2).

Na območju med Markovci, Gorišnico in Ormožem sestavljajo podlago kvartarnega prodnega nanosa miocenske plasti, od spodnjepanonskih do tortonskih. Prevladujeta lapor in peščeni lapor z vložki zbitega peska. Plasti so pri Markovcih zelo

1 glinaste in prodne naplavine potokov – holocen; 2 prodne naplavine Drave – holocen in pleistocen; 3 prod, pesek in glina – pliocen; 4 lapor, peščenjak, delno konglomerat – miocen; 5 geološka meja; 6 vpad plasti; 7 verjeten potek ljutomerskega preloma; 8 kanal hidroelektrarne; 9 studenčnice (Zvirenčine); 10 hidroizohipse dne 7.–8. 11. 1985; 11 smer toka podtalne vode; 12 vaški vodnjak z oznako; 13 piezometrična vrtnina z oznako; 14 vodnjaki v črpališču Ormož

1 Clay and gravel deposits of brooks – Holocene; 2 Gravel deposits of the Drava river – Holocene and Pleistocene; 3 Gravel, sand and clay – Pliocene; 4 Marl, sandstone, partly conglomerate – Miocene; 5 Geologic boundary; 6 Strike and dip of strata; 7 Ljutomer fault (supposed); 8 Spillway of the hydroelectric power plant; 9 Spring water (Zvirenčine); 10 Ground water contour lines of low waters on November 7 and 8, 1985; 11 Ground water flow direction; 12 Village well with sign; 13 Observation well with sign; 14 Wells in the water supply station Ormož

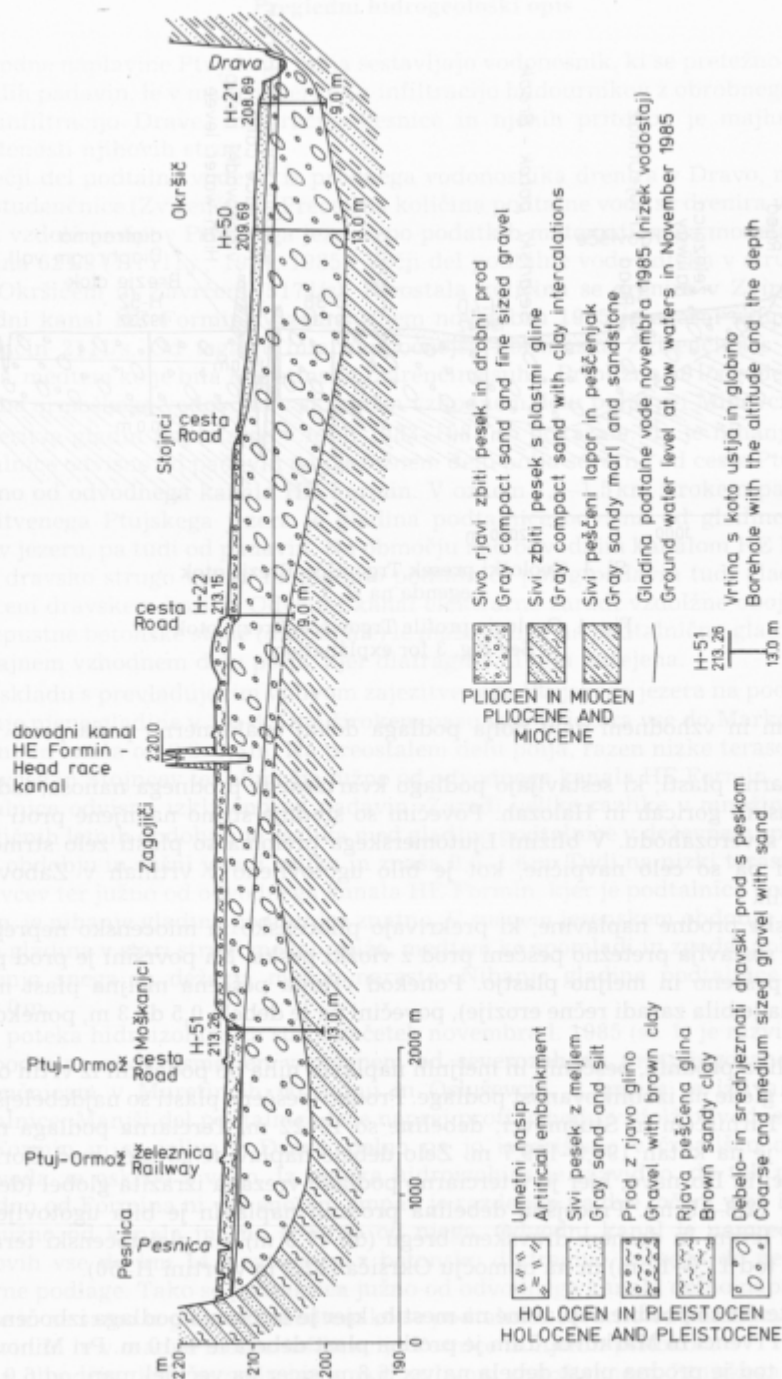


Sl. 2. Geološki presek Rogoznica-Ptuj-Turnišče  
Legenda na sl. 3

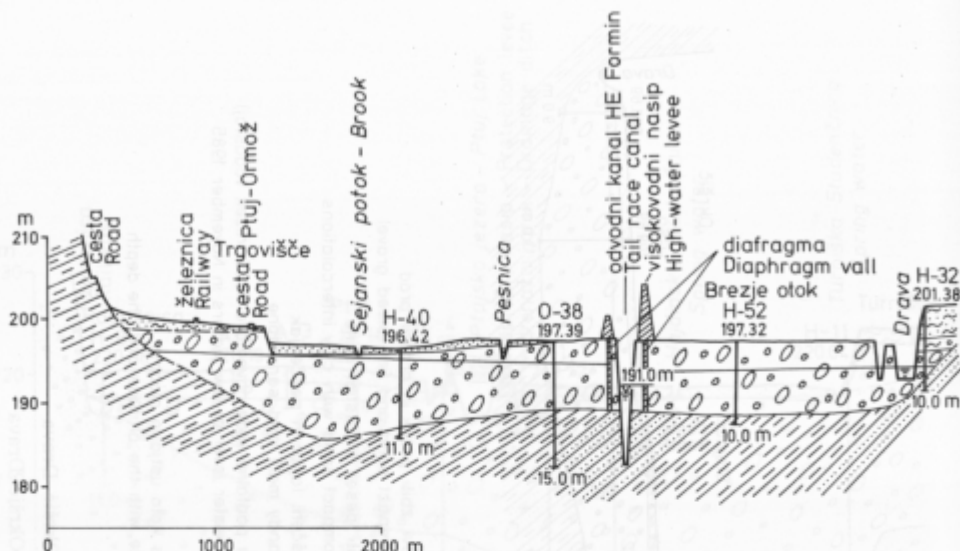
Fig. 2. Geologic profile Rogoznica-Ptuj-Turnišče  
See Fig. 3 for explanation

strmo nagnjene v smeri proti severu oziroma severozahodu ( $55^\circ$ ), medtem ko so na ostalem območju položno nagnjene v isti smeri (sl. 3, 4).

Po podatkih iz številnih vrtin, izvrtanih na Ptujem polju, površina terciarnih plasti pod prodnim zasipom ni ravna, ampak močno valovita. Iz podatkov izvlečenih vrtinskih jeder je razvidno, da je na Ptujem polju v reliefu terciarne podlage več izrazitih globokih vdolbin. Med Budino in Šturmovci je v podlagi okrog 10 m globoka kotanja. Prav tako je v podlago zarezana okrog 5 m globoka kotanja na območju Okršiča južno od Stojncev ter med Dornavo in Forminom. Med Markovci, Zagojiči in Borovci je neprepustna podlaga 5–10 m dvignjena in sestavlja nekakšno polico. Na



Sl. 3. Geološki presek Moškanjci-Stojinci-Okršič-Drava  
Fig. 3. Geologic profile Moškanjci-Stojinci-Okršič-Drava



Sl. 4. Geološki presek Trgovišče-Brezje otok  
Legenda na sl. 3

Fig. 4. Geologic profile Trgovišče-Brezje otok  
See Fig. 3 for explanation

osrednjem in vzhodnem delu polja podlaga dokaj enakomerno pada proti jugovzhodu.

Terciarne plasti, ki sestavljajo podlago kvartarnega prodnega nanosa, izdajajo v Slovenskih goricah in Halozah. Povečini so srednje strmo nagnjene proti severu oziroma severozahodu. V bližini Ljutomerskega preloma so plasti zelo strmo nagnjene ali pa so celo navpične, kot je bilo ugotovljeno v vrtinah v Zabovcih in Markovcih.

Dravske prodne naplavine, ki prekrivajo pliocensko in miocensko neprepustno podlago, sestavlja pretežno peščen prod z vložki peska. Na površini je prod prekrit s tenko peščeno in meljno plastjo. Ponekod vrhnja peščena meljna plast manjka (odnešena je bila zaradi rečne erozije), povečini pa je debela 0,5 do 3 m, ponekod celo več.

Debelina prodnih, peščenih in meljnih naplavin niha po podatkih iz vrtin od 4 do 22 m pač glede na izoblikovanost podlage. Prodno-peščene plasti so najdebelejše med Budino, Turniščem in Šturmovci; debeline so 15–22 m. Terciarna podlaga na tem območju je na kotah 197,9–199,7 m. Zelo debele naplavine so tudi med Gorišnico, Moškanjci in Dornavo, kjer je v terciarno podlago vrezana izrazita globel (debelina proda je 12,8–15 m). Precejšnja debelina prodnih naplavin je bila ugotovljena na Ptujju na levem in desnem dravskem bregu (do 17,3 m), na pleistocenski terasi pri Forminu (od 11,3–12 m) in na območju Okršiča (12,2 m v vrtini H-50).

Zelo tenke so prodne naplavine na mestih, kjer je terciarna podlaga izbočena-med Borovci, Prvenci in Markovci. Tam je prodna plast debela le 4–10 m. Pri Mihovcih in južno od tod je prodna plast debela največ 6,8 m, sicer pa večidel manj od 6,0 m.



### Pregledni hidrogeološki opis

Prodne naplavine Ptujskega polja sestavljajo vodonosnik, ki se pretežno napaja iz poniklih padavin, le v manjši meri pa z infiltracijo hudournikov z obrobnega gričevja in z infiltracijo Drave. Infiltracija Pesnice in njenih pritokov je majhna zaradi zablatenosti njihovih strug.

Večji del podtalne vode se iz prodnega vodonosnika drenira v Dravo, manjši del pa v studenčnice (Zvirenčine). Precejšna količina podtalne vode se drenira v drenažni kanal vzdolž nasipov Ptujskega jezera; po podatkih matematičnega modela znaša ta količina 62 l/s (Brilly, 1984, 1985). Večji del podtalne vode odteka v strugo Drave med Okršičem in Zavrcem (517 l/s). Preostala količina se drenira v Zvirenčine ali odvodni kanal HE Formin. V zelo sušnem novembru 1985 je znašal skupni pretok Zvirenčin 211 l/s. Od tega je bila najmočnejša Forminska Zvirenčina s pretokom 197 l/s, medtem ko je bila Muretinska Zvirenčina suha. Približno 50 l/s vode črpajo za potrebe ormoškega vodovoda v skrajnem vzhodnem delu polja pri Mihovcih.

Meritve gladin podtalnice v letih 1983–1985 so pokazale, da je nihanje gladine podtalnice odvisno od padavin na pretežnem delu polja severno od ceste Ptuj-Borl in severno od odvodnega kanala HE Formin. V ozkem 1,0–1,5 km širokem pasu vzdolž zaježitenega Ptujskega jezera je gladina podtalnice odvisna od gladine zaježene vode v jezeru, pa tudi od padavin. Na območju nad odvodnim kanalom HE Formin in staro dravsko strugo vpliva na gladino podtalnice poleg padavin tudi gladina vode v starem dravskem koritu. Odvodni kanal elektrarne zaradi vzdolžne obojestranske neprepustne betonske stene (diafragme) le malo vpliva na podtalnično gladino, razen v skrajnem vzhodnem delu polja, kjer diafragma ni bila narejena.

V skladu s prevladujočim vplivom zaježitenega Ptujskega jezera na podtalnico je nihanje njene gladine v 1,0–1,5 km širokem pasu vzdolž jezera vse do Markovcev zelo majhno in znaša od 0,2–0,6 m. Na preostalem delu polja, razen nizke terase južno od Bukovcev in Stojncev ter območja južno od odvodnega kanala HE Formin, je nihanje podtalnice odvisno izključno od padavin. Zaradi velike razlike v množini padavin v različnih letnih obdobjih je razlika med gladino podtalnice v deževnem spomladanskem obdobju in sušni jeseni velika in znaša 0,6–1,6 m. Tudi na nizki terasi južno od Bukovcev ter južno od odvodnega kanala HE Formin, kjer je podtalnica pod vplivom Drave, je nihanje gladine podtalnice znatno. V sušnem jesenskem obdobju se namreč rečna gladina v stari strugi močno zniža, medtem ko spomladi in zgodaj poleti zaradi topljenja snega in deževja močno naraste. Nihanje gladine podtalnice znaša tu 0,8–1,0 m.

Iz poteka hidroizohips za sušni začetek novembra l. 1985 (sl. 1) je razvidno, da je tok podtalne vode usmerjen v glavnem od severozahoda proti jugozahodu, proti studenčnicam v Muretincih, Forminu in Osluševcih, v katere se izliva velik del podtalnice. Manjši del podtalnice teče naprej proti vzhodu vzdolž odvodnega kanala HE Formin in se izliva v Dravo, delno pa jo izkoriščajo v črpališču ormoškega vodovoda za oskrbo z vodo. Iz poteka hidroizohips je razvidno, da tok podtalnice vzhodno od Formina ni več enoten, ampak je razdeljen na dve ločeni veji, in sicer na eno južno od kanala in eno severno od njega. Odvodni kanal je namreč na obeh bregovih vse do km 14,0 zatesnjen z betonsko diafragmo, ki sega do neprepustne laporne podlage. Tako se podtalnica južno od odvodnega kanala delno napaja tudi iz Drave in ne samo iz padavin, medtem ko se podtalnica severno od kanala napaja le iz padavin in le v manjši meri z infiltracijo Pesnice in njenih pritokov.

Na območju, kjer je podtalnica pod vplivom zaježitenega Ptujskega jezera, je

njena gladina zelo položno nagnjena proti jugovzhodu; strmec gladine je 1,14%. Na osrednjem delu polja, do območja studenčnic (Zvirenčin) pri Muretincih in Forminu, je strmec gladine nekoliko večji; znaša od 1,66 do 2,5%. Na območju studenčnic, tj. na robu visoke terase, pa je strmec izredno velik, saj znaša 4%. Vzhodno od Male vasi, Formina in Osluševcev je gladina podtalnice v glavnem nagnjena proti vzhodu, njen strmec pa je znatno manjši kot na območju studenčnic, saj doseže največ 1,2%. Na vplivnem območju ormoškega vodovoda pri Mihovcih je strmec zaradi vpliva črpanja podtalne vode povečan na 2%.

Gladina podtalne vode je na večjem delu Ptujkega polja sorazmerno plitvo pod površino. V odvisnosti od vodnega stanja se pa spreminja in to za 0,2–1,6 m. Najplitvejša je na nizki terasi vzdolž Ptujkega jezera ter na nizki terasi vzdolž Drave med Novo vasjo in Mihovci, kjer je bila pri zelo nizkem vodnem stanju jeseni 1985 v globini 1,9 do največ 3,6 m. Pri visokem vodnem stanju se gladina dvigne za 0,2–1 m. Na visoki terasi je gladina pri nizkem vodnem stanju v osrednjem delu polja, v globini 3,6–10 m, v vzhodnem delu polja pa v globini 2,8–8,3 m. Pri visokem vodnem stanju je gladina za 0,6–1,6 m višja. V dolini Pesnice severno od Dornave je gladina podtalnice plitvo pod površino. Na nizki terasi v vzhodnem delu polja je pri nizkem vodnem stanju gladina v globini 2,1–2,5 m in naraste pri visokem vodnem stanju za 0,8–1 m.

Za pravilno oceno izdatnosti zajetij pitne vode v prodnih vodonosnih plasteh so najvažnejši podatki o debelini vodonosne prodne plasti in njeni prepustnosti. Debelina vodonosne plasti se nekoliko spreminja glede na nihanje gladine podtalnice. Na Ptujkem polju je bila ugotovljena najmanjša debelina vodonosnika na območju med Borovci, Prvenci in Markovci (0,5–2,5 m), kjer je neprepustna podlaga močno izbočena v obliki polkrožnega hrpta. Le-ta predstavlja nekakšno podzemno razvodnico, ki deli tok podtalne vode Ptujkega polja na dva dela. En del toka je usmerjen od Brstja in Spuhlje proti Markovcem, Novi vasi in Okršiču, drugi del pa odtoka iz doline Pesnice (od Pacinja in Dornave) preko Moškanjcev proti vzhodnemu robu polja, kjer je črpališče ormoškega vodovoda.

Na območjih vzdolž glavnih smeri pretakanja podtalne vode je vodonosna prodna plast dokaj debela. Tako je vzdolž toka podtalne vode od Budine preko Spuhlje, Zabovcev, Markovcev, Nove vasi do Okršiča vodonosna prodna plast debela 5–12 m. Najdebelejša je v Budini (do 12 m), nato pa se v smeri proti jugovzhodu tanjša (v Spuhlji ok. 10 m, v Zabovcih ok. 7 m, v Markovcih in Novi vasi ok. 5 m ter na Okršiču ok. 9 m).

Na območju vzdolž toka podtalne vode, ki teče po Pesniški dolini, je vodonosna prodna plast debela 7–10 m. Najdebelejša je v Dornavi (ok. 10 m), nato pa se proti jugovzhodu tanjša (v Moškanjcih je debela ok. 8,5 m, v Cunkovcih ok. 7 m, v Forminu ok. 7 m). V vzhodnem delu polja je vodonosna prodna plast povečini tenka, saj niha njena debelina od 4–6 m, le redko doseže 7,5–8 m. Na območju ormoškega vodovoda je debela le 3,5–5,5 m.

Vodonosna prodna plast na Ptujkem polju je močno prepustna. Njena prepustnost je bila preiskana s črpalnimi in nalivalnimi poskusi v vrtinah na Ptujju ter na levem in desnem dravskem bregu med Ptujem in Zabovci. Nadalje je bila prepustnost proda preiskana v vrtinah pri Markovcih in Šturmovcih, v vrtini vzhodno od Formina in v več vrtinah na območju črpališča ormoškega vodovoda. Črpalni poskusi, ki so bili opravljeni v vrtinah, so pokazali, da je vrednost koeficienta prepustnosti najpogosteje  $2,3 \cdot 10^{-3}$ – $3,5 \cdot 10^{-3}$  m/s. V posameznih primerih so bile ugotovljene tudi znatno manjše vrednosti, do  $4,9 \cdot 10^{-4}$  m/s. Pri Forminu pa so bile ugotovljene dokaj visoke

Tabela 1. Podatki o pretokih Zvirenčin v letu 1985  
 Table 1. The discharge of the Zvirenčine springs in the year 1985

Datum Date	Pretok Q m <sup>3</sup> /s Discharge Q m <sup>3</sup> /s			Skupaj Total
	Muretinska Zvirenčina	Forminska Zvirenčina	Osluševska Zvirenčina	
23.5.1985	0,090	0,327	0,025	0,442
8.8.1985	0,069	0,178	0,018	0,265
7.11.1985	suha dry	0,197	0,014	0,211

vrednosti koeficienta prepustnosti, celo do  $4,6 \cdot 10^{-2}$  m/s. Visoke vrednosti koeficienta prepustnosti  $k$  (nad  $3 \cdot 10^{-3}$  m/s) so bile ugotovljene v vrtnah na Ptujju, znatno manjše pa v Zabovcih, Markovcih in na območju črpališča vodovoda Ormož pri Mihovcih. Prepustnost prodnih naplavin v osrednjem delu Ptujskega polja ni znana, sklepamo pa, da je podobna kot na drugih delih polja.

#### Bilanca podtalne vode na Ptujskem polju

Omenili smo že, da je pri minimalnih letnih padavinah 750 mm infiltracija v podtalnico Ptujskega polja 272 mm/leto, kar je povprečno 780 l/s na celotnem polju. V matematičnem modelu toka podtalnice je bila privzeta infiltracija 20 mm/mesec, tj. 240 mm/leto oziroma na celotnem ravninskem delu polja 733 l/s. Pri ponovnem umerjanju modela l. 1985 so bili upoštevani vsi na novo pridobljeni podatki o gladini podtalne vode, globini neprepustne podlage in pretokih studenčnic. Za umerjanje modela je bila uporabljena podtalnična gladina, ki je bila izmerjena 3. 10. 1984 (srednje vodno stanje). Iz podatkov modela in na osnovi tega izdelane vodne bilance je razvidno, da znaša dotok padavinske vode v podtalnico v malo namočenem letu (infiltracija 20 mm/mesec) 733 l/s, v skrajno sušnem obdobju leta (infiltracija 5 mm/mesec) pa le 183 l/s. Za dotok hudourniških voda z obrobja je bilo predvideno 72 l/s. Pretok studenčnic (Zvirenčin) bi se po podatkih modela pri tej skrajno nizki infiltraciji padavin zmanjšal na 25 l/s. Tako nizek pretok Zvirenčin doslej še ni bil izmerjen. Infiltracija rečne vode iz Drave med Markovci in kolenom Drave pri Okršiču bi znašala 341 l/s, med Zavrčem in Lovrenčanom pa 251 l/s. Skupno napajanje podtalnice Ptujskega polja bi znašalo po podatkih modela v skrajni suši (pri mesečni infiltraciji padavin le 5 mm), 328 l/s. Pri povprečni mesečni infiltraciji padavin v podtalnico v višini 20 mm (v slabo namočenem letu) pa bi znašalo napajanje podtalnice povprečno 805 l/s. Od vse te količine podtalnice je izkoriščeno le 50 l/s vode za oskrbo Ormoža z vodo iz črpališča pri Mihovcih. Ves preostali del podtalne vode odteka v Dravo in studenčnice. Največji del podtalne vode se drenira v Dravo med Okršičem in Zavrčem ter ob sotočju z odvodnim kanalom elektrarne; v skrajno sušnem obdobju pri mesečni infiltraciji padavin 5 mm odteka na tem območju v Dravo 259 l/s, pri mesečni infiltraciji padavin 20 mm pa 353 l/s. V Zvirenčine odteka po podatkih matematičnega modela v skrajno sušnem obdobju pri mesečni infiltraciji 5 mm le 25 l/s vode.

Meritve pretokov Zvirenčin v zelo suhi jeseni 1985 kažejo, da je odtok podtalnice v studenčnice večji, kot kaže matematični model. V letu 1985 so bili izmerjeni pretoki Zvirenčin, ki jih prikazuje tabela 1.

Na koncu zelo sušne jeseni 1985, dne 7. 11. 1985, je bil izmerjen skupni pretok studenčnic 211 l/s, medtem ko naj bi znašal po podatkih matematičnega modela dotok podtalnice v studenčnice v tako suhem obdobju (oktobra 1985 je bilo 3 mm padavin) le 25 l/s. Iz tega sledi, da matematični model ni dobro umerjen in da ga bo treba izpopolniti na osnovi dodatno dobljenih zanesljivejših podatkov. Predvsem ni zanesljivih podatkov o infiltraciji padavin in velikosti evapotranspiracije; v modelu privzeta infiltracija 5 mm/mesec za sušno obdobje je očitno prenizka. Skupni pretok podtalnice na Ptujskem polju, ki znaša po podatkih modela v najbolj sušnem obdobju 328 l/s, je torej prenizko izvrednoten in je tudi v takih skrajnih razmerah večji.

### Možnosti zajetja podtalne vode na Ptujskem polju

Na osnovi podatkov matematičnega modela ter podatkov o debelini vodonosne prodne plasti, njeni prepustnosti in oceni pretokov podtalne vode sklepamo, da sta najugodnejši mesti za zajetje podtalne vode na območju Okršiča južno od Bukovcev in zaselka Brezje-otok. Tam bi bilo mogoče črpati večje količine podtalne vode. Zmogljivost črpališč, ki bi jih zgradili, pa je v prvi vrsti odvisna od zablatenosti dravske struge, kajti pri močnejšem črpanju vode se infiltracija dravske vode močno poveča, seveda če struga ni zablatena. V tem primeru izdatnost črpališča ne bi bila večja, kot je sedanji pretok podtalnice: na območju Okršiča 34 l/s in na območju Brezje-otok 25 l/s, oboje pri skrajni suši. Za povečanje izdatnosti črpališča bi bilo v tem primeru potrebno umetno bogatenje podtalnice iz Drave.

Strukturna vrtina H-50 v Okršiču je pokazala, da je vodonosna prodna plast debela 8,93 m (v sušnem avgustu 1985). Območje Okršiča je nenaseljeno in delno pogozdeno in torej tudi zato ugodno za gradnjo črpališča. Da bi bilo mogoče zanesljiveje oceniti izdatnost vodnjakov, s katerimi bi zajeli podtalno vodo, smo v bližini vrtine H-50 (9,3 m daleč) izvrtali črpalno vrtino notranjega premera 15,5 cm do globine 12,5 m. Neprepustna laporna podlaga je bila ugotovljena v globini 12,5 m. Gladina podtalne vode je bila 14. 8. 1985 v globini 3,27 m pod ustjem vrtine. V vrtini smo od 14. do 17. avgusta 1985 opravili črpalni poskus z dvema količinama in sicer s 4,8 l/s in 6,7 l/s. Pri prvem črpanju je padla vodna gladina v črpalni vrtini za 1,32 m, v bližnji vrtini H-50 pa za 0,36 m; pri drugem črpanju je padla vodna gladina v črpalni vrtini za 2,27 m, v vrtini H-50 pa za 0,53 m. Vrednost koeficienta prepustnosti, izračunana po Jacobovi enačbi, znaša  $9,37 \cdot 10^{-3}$ – $9,94 \cdot 10^{-3}$  m/s.

$$T = \frac{0,183, Q}{s'}$$

T = koeficient prevodnosti prodnega vodonosnika ( $m^2/s$ )

k = koeficient prepustnosti ( $m/s$ )  $\left( k = \frac{T}{H} \right)$

Q = črpana količina vode ( $m^3/s$ )

s' = popravljeno znižanje glavin v opazovalni vrtini v času 1 log deкаде

$$\left( s' = s - \frac{s^2}{H} \right)$$

$s$  = izmerjeno znižanje gladine v opazovalni vrtini v času 1 log dekade

$H$  = naravna debelina vodonosne prodne plasti (vodonosnika)

Izračunana vrednost koeficienta  $k$  je sorazmerno velika glede na znatno znižanje gladine v črpalni in opazovalni vrtini med črpanjem. Zato smo izračunali vrednost koeficienta prepustnosti  $k$  tudi po Dupuitovi in Thiemovi enačbi za stacionarno pretakanje podtalne vode. Pri tem smo v enačbo vnesli podatke znižanja gladin pri črpanju  $Q = 4,81/s$ , ko se je gladina v črpalni in opazovalni vrtini povsem ustalila. Po Dupuitovi enačbi je vrednost

$$k = \frac{Q \cdot \ln \frac{a}{r}}{(H^2 - h^2)} = 6,56 \cdot 10^{-4} m/s$$

$h$  = debelina vodonosne prodne plasti med črpanjem (m)

$a$  = razdalja do Drave

$r$  = polmer črpalne vrtine

Iz podatkov poskusnega črpanja ter znanih podatkov o vrednosti koeficienta  $k$  in debelini vodonosne plasti  $H$  smo izračunali zmogljivost vodnjaka, ki bi ga izkopali na mestu vrtine H-50. Le-ta je v glavnem odvisna od največje dopustne hitrosti odtekanja podtalne vode v vodnjak.

Če upoštevamo Sichardtove in Dupuitove kriterije je največja teoretična izdatnost vodnjaka pri nizkem vodnem stanju le 11 l/s. Za črpanje 34 l/s podtalne vode na tem območju (pretok 34 l/s podtalnice skozi to območje kažejo podatki matematičnega modela), bi bilo potrebno izkopati 3 vodnjake, globine 12–13 m in v medsebojni razdalji 100–200 m. Vodnjake bi bilo potrebno razporediti s smeri sever–jug.

Za določitev najugodnejše lokacije črpališča na območju Okršiča bodo potrebne še dodatne raziskave, predvsem 3–4 strukturne vrtine in nato na najugodnejšem mestu še poskusni vodnjak.

Druga ugodna lokacija črpališča podtalne vode je med odvodnim kanalom HE Formin in staro dravsko strugo pri naselju Brezje-otok in zahodno od tam. Območje je nenaseljeno. Vodonosna prodna plast je sicer tanjša, debela je 6,5 m, vendar je njena prepustnost dobra. Iz umerjanja matematičnega modela je razvidno, da je vrednost koeficienta prepustnosti  $k = 8 \cdot 10^{-3} m/s$ . Če upoštevamo, da je na bližnjem črpališču ormoškega vodovoda pri Mihovcih vodonosna prodna plast debela le 3,5–5,5 m in da tam črpajo iz šestih vodnjakov ok. 50 l/s vode, potem upravičeno sklepamo, da bo na tem območju mogoče zajeti vsaj 25 l/s vode, kolikor znaša po podatkih matematičnega modela naravna infiltracija Drave. Za zajetje te vode bi bilo potrebno izkopati 2–3 vodnjake, globoke 10 m. Z umetnim bogatenjem podtalnice iz dovodnega kanala elektrarne bi bilo mogoče zmogljivost črpališča močno povečati, če ne bi bilo z intenzivnejšim črpanjem mogoče povečati infiltracije dravske vode iz stare struge.

Zaenkrat je to območje še premalo raziskano, da bi lahko natančneje opredelili

najugodnejše mesto za gradnjo črpališča. Če se bodo pokazale potrebe za razširitev ormoškega vodovoda, bi bila gradnja novega črpališča na tej lokaciji ena od možnih variant. Seveda bi bilo potrebno pred odločitvijo o gradnji črpališča območje podrobneje raziskati.

### Vpliv gradnje HE Formin na podtalno vodo

Vsi objekti hidroelektrarne Formin so postavljeni na Ptujskem polju. Zajezitveni bazen je na obeh bregovih obdan z nasipi, ki so na notranji (vodni) strani asfaltirani, na zunanji strani pa potekata vzdolž obeh nasipov drenažna kanala. V jezeru je gladina vode višja od površja terena zunaj nasipov, zato se kljub asfaltni oblogi preceja skozi nasipe nekaj vode, ki jo odvajata drenažna kanala vzdolž obeh nasipov. V začetku se je pretakalo po vsakem od obeh drenažnih kanalov  $2\text{ m}^3/\text{s}$  vode, nato pa se je z zablatenjem jezera dotok vode zmanjšal. V drenažne kanale pa se niso izcejale le vode iz jezera, ampak tudi podtalna voda iz dela Ptujskega polja med Ptujem in Markovci. Po vsem sodeč sta bila drenažna kanala preplitvo izkopana in nista mogla zajeti vse precejajoče se vode iz jezera. Ta je odtekala pod dnom kanala proti Markovcem in zajezila odtok podtalne vode s Ptujskega polja proti drenažnemu kanalu. Kot posledica se je posebno pri visokem vodnem stanju močneje dvignila gladina podtalne vode v Budini in Spuhlji in preplavila kleti nekaterih hiš (Žlebnik & Brilly, 1980). V zvezi s tem je potekal dolgoletni sodni spor med lastniki hiš in Elektrogospodarstvom, ki je bil nazadnje rešen s plačilom odškodnine lastnikom hiš. Izdelava dodatnih drenaž na tem območju bi bila namreč izredno draga.

Od pregrade v Markovcih, ki je zgrajena na neprepustnem miocenskem laporju, poteka dovodni kanal do Formina. Dovodni kanal je asfaltiran in neprepusten ter na tem delu polja ne vpliva na podtalno vodo.

Strojnica v Forminu je zgrajena na neprepustnem miocenskem laporju. Od strojnice poteka odvodni kanal do Ormoža. Kanal je v začetnem delu od Formina pa skoraj do vasi Brezje-otok izkopan globoko v miocenski lapor, pri čemer je bila presekana 5–10 m debela plast zgoraj ležečega kvartarnega proda. V produ je podtalna voda, s katero se še sedaj oskrbujejo mnoge vasi v vzhodnem delu Ptujskega polja. Če ne bi bila vzdolž kanala napravljena zaščitna tesnilna stena, bi se v tem delu polja močno znižala gladina podtalne vode, vsi vaški vodnjaki pa bi se posušili. Z izvedbo te vzdolžne tesnilne stene na obeh straneh kanala se je na tem območju ohranila prvotna gladina podtalne vode (glej sl. 4), kar kažejo meritve gladin podtalne vode po l. 1978, ko je elektrarna začela obratovati. Nekoliko se je znižala gladina podtalne vode med odvodnim kanalom in staro dravsko strugo, kajti zaradi neprepustne tesnilne stene vzdolž kanala je ta odrezana od podtalnice Ptujskega polja. Na tem območju se podtalna voda napaja skoraj izključno z infiltracijo dravske vode iz stare rečne struge.

Podtalna voda na Ptujskem polju je dokaj onesnažena zaradi intenzivnega kmetijstva, ogroženo je tudi črpališče za ormoški vodovod. Da bi si zagotovili rezervni vodni vir za primer, če bi prišlo do močnejšega onesnaženja podtalnice, so v novejšem času usmerili raziskave prav na območje med odvodnim kanalom in Dravo, kjer je podtalna voda ločena od druge podtalnice na Ptujskem polju. To območje ni močneje naseljeno in intenzivno obdelano, zato je podtalna voda verjetno primerna za pitno vodo; a to bodo pokazale še nadaljnje raziskave.

### Kakovost podtalne vode na Ptujskem polju

Za pregled kakovosti podtalnice in vode iz potokov, ki pritečejo na Ptujsko polje iz Slovenskih goric, smo izbrali deset odzemnih mest, ki smo jih enakomerno razporedili po polju. Vzorce vode smo odvzeli za kemično in bakteriološko analizo avgusta in novembra leta 1985 na naslednjih mestih:

- vertina H-50 Okršič,
- vertina H-51 Moškanjci,
- vertina H-52 Brezje-otok,
- vodnjak št. 37, Spuhlja 68,
- vodnjak HMZ-370, Dornava 132,
- izvir Forminske Zvirenčine pri Mali vasi,
- vodnjak št. 6 v črpališču Ormož,
- Sejanski potok pri Trgovišču,
- Pesnica pri jezu v Zamušanih in
- Podgorski potok v Cvetkovcih.

Odvzete vzorce so analizirali na Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor (1986). Rezultati analiz vzorcev vode, ki so bili odvzeti avgusta in novembra, se med seboj razlikujejo. Voda iz vodnjaka št. 6 v ormoškem vodovodu je bila pri obeh odvzemih kemično in bakteriološko primerna. Tudi voda iz črpalne vrtine HČ-50 na Okršiču je bila pri prvem odvzemu bakteriološko in kemično primerna, pri drugem pa je bila malenkostno previsoka vsebnost nitritov. Tudi voda iz vrtine H-52 pri zaselku Brezje-otok je bila pri drugem odvzemu v glavnem primerna, le vsebnost nitritov je bila nekoliko večja, kot dopušča pravilnik. Voda iz vrtine H-51 v Moškanjcih ima preveč nitratov, nitritov pa tudi herbicidov. Voda iz vodnjaka v Spuhlji št. 68 je bila prvič kemično primerna, drugič pa je vsebovala preveč amoniaka in nitritov. Tudi v vodnjaku v Dornavi št. 132 je bila kemično neprimerna zaradi previsoke vsebnosti nitritov.

Od površinskih voda je najkvalitetnejša studenčnica v Mali vasi, medtem ko je voda Pesnice, Podgorskega in Sejanskega potoka zelo obremenjena z organskimi snovmi; v vzorcih, ki so bili odvzeti avgusta, pa je bila ugotovljena tudi prisotnost herbicidov.

Podatki kemičnih analiz podtalne vode kažejo na močno onesnaženost, ki izvira iz uporabe umetnih gnojil in pesticidov v kmetijstvu. Zato je podtalna voda na večjem delu Ptujskega polja neprimerna za pitno vodo. Izjema so le nenaseljeni in pogozdeni predeli pri Okršiču in vasi Brezje-otok. Tam bi bilo mogoče za oskrbo s pitno vodo zajeti znatne količine kakovostne podtalne vode.

### Literatura

- Božović, M. 1975, Hidrogeologija akumulacijskega bazena srednje Drave 2. stopnja (diplomska naloga), Arhiv Univerze EK v Ljubljani.
- Brilly, M. 1984, Matematični model za simulacijo toka podtalnice Ptujskega polja. Arhiv Fakultete za gradbeništvo Univerze v Ljubljani.
- Brilly, M. 1985, Matematični model za simulacijo toka podtalnice Ptujskega polja 2. faza. Arhiv Fakultete za gradbeništvo Univerze v Ljubljani.
- Drobne, F., Novak, D. & Babič, Ž. 1970, Regionalna hidrogeološka študija porečja zgornje Drave in Mure. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani.
- Kralj, P. 1984, Poročilo o črpalnem poizkusu na novo zgrajenem vodnjaku V-6/84 na območju črpališča v Ormožu. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani.

Nosan, A. 1961, Poročilo o rezultatih hidrogeoloških raziskovalnih del za vodovod Ormož. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani.

Rismal, M. 1973, Študija vplivov HE SD<sub>2</sub> na podtalnico Ptujskega polja. Arhiv Zavoda za urbanizem Maribor.

Žlebnič, L. 1966, Poročilo o hidrogeoloških razmerah na Ptujskem polju. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani.

Žlebnič, L. 1974, Geološko poročilo h projektu HE Srednja Drava 2. stopnja. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani.

Žlebnič, L. & Brilly, M. 1980, Poročilo o možnosti znižanja gladine podtalne vode v zaledju HE Formin v Budini. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani.

Žlebnič, L. 1981, Poročilo o hidrogeoloških raziskavah dodatnega vira pitne vode na širšem območju obstoječega črpališča v Ormožu. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani.

Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, 1986, Poročilo o rezultatih preiskav vzorcev površinskih in talnih vod na Ptujskem polju - 1985. Arhiv Zavoda za zdravstveno varstvo Maribor.