

Hydraulické parametry podmenilitového souvrství ždánické jednotky

Hydraulic parameters of Submenilite Formation of Ždánice Unit

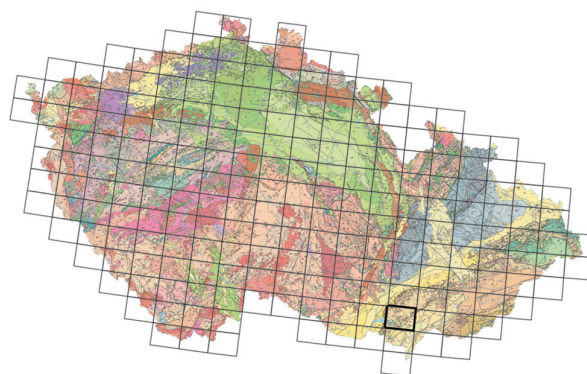
ONDŘEJ JANIČEK – TOMAŠ KUCHOVSKÝ

Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno; ondra.janicek1@email.cz

Please cite this article as: Janíček, O. – Kuchovský, T. (2023): Hydraulic parameters of Submenilite Formation of Ždánice Unit. – Geoscience Research Reports, 56, 2, 113–118. (in Czech)

Keywords: hydraulic conductivity, Submenilite Formation, hydraulic parameters, transmissivity, hydrogeology, Ždánice Unit, Carpathian Flysh Zone, pumping test, recovery test

Summary: This study aims to re-asses hydrodynamic tests of the Submenilite Unit of the Outer Carpathian Flysch Zone sediments, exposed at Přítlucká hora located near Rakvice village in South Moravian region, Czech Republic. We focused on four shallow, 6.0–7.6 m deep hydrogeological wells, drilled by Aqua Enviro s. r. o. company in 2005. The purpose of the drilling was a feasibility study for drainage of western part of Rakvice village. The sediments of the Submenilite Formation of the Ždánice unit that were drilled are dominated by compressed clays, claystones and siltstones, containing thin layers of sand and weathered sandstones. For the purpose of determining hydraulic parameters of underlying aquifer, the company conducted pumping and recovery tests on each of the wells. In



(34-21 Hustopeče)

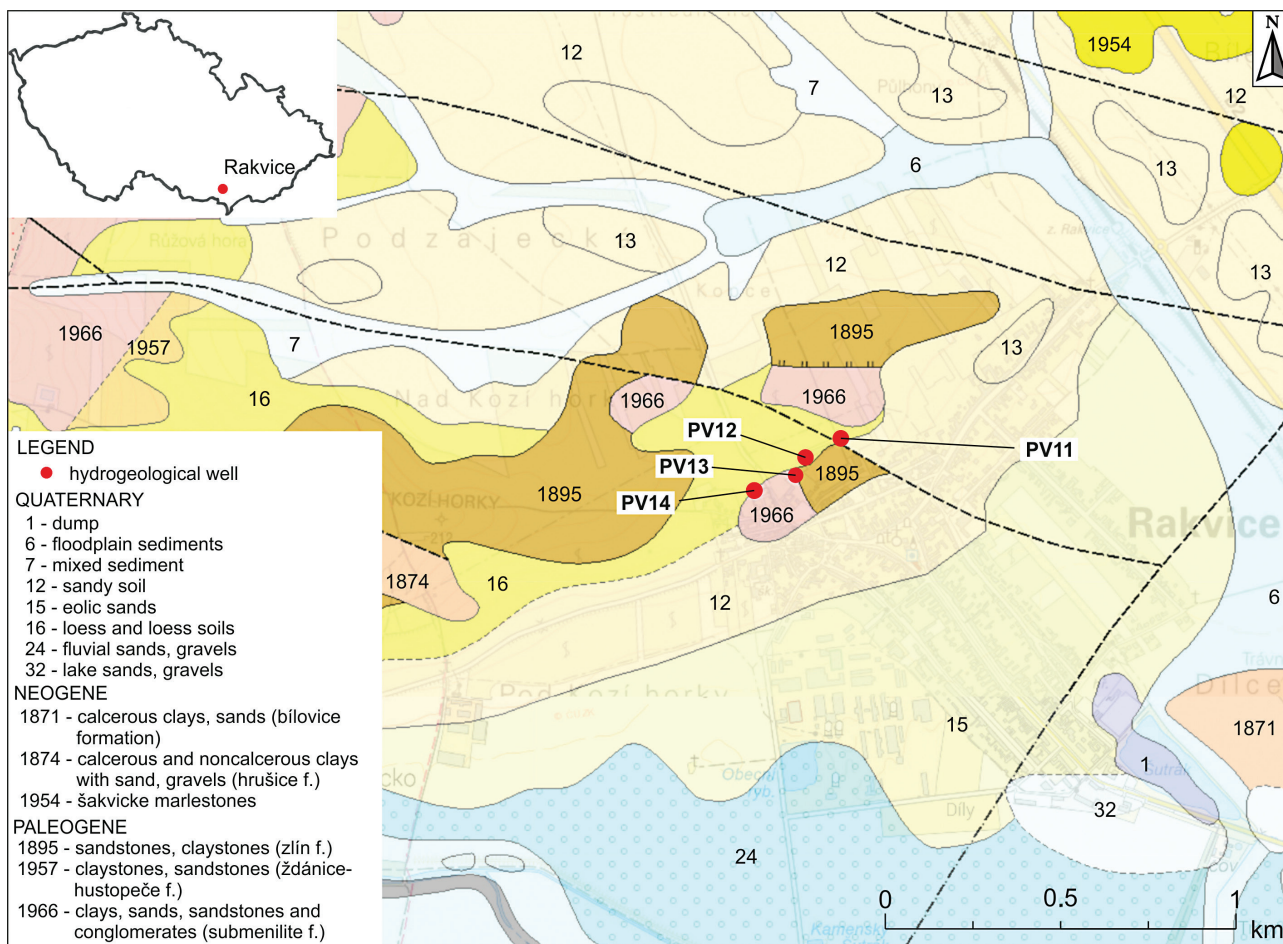
this work, we used Jacob's semilogarithmic method to interpret the measured groundwater level data. Hydraulic conductivity and transmissivity parameters were consequently calculated. The resulting transmissivity values range from 1.6×10^{-2} m²/d to 3.7×10^{-1} m²/d and hydraulic conductivity value ranges from 3.6×10^{-3} m/d to 1.0×10^{-1} m/d. The calculated index of transmissivity Y corresponds to 4.32–4.57 and index of conductivity Z ranges between 5.80 and 6.27. The values of index of transmissivity Y from this study are generally comparable with results presented by previous authors and demonstrate very low transmissivity of the rocks of this unit mostly built by non-permeable pelitic rocks.

Zájmovou oblastí je Přítlucká hora, nacházející se v prostoru mezi obcemi Rakvice, Přítluky a Zaječí. Jde o jednu z mála lokalit, kde jsou na velké ploše odkryty sedimenty podmenilitového souvrství. Toto souvrství je z hydrogeologického pohledu relativně málo prozkoumané a z výzkumného hlediska jsou tedy hydrogeologické vrty cenným zdrojem informací. Cílem této studie bylo přehodnotit provedené hydrodynamické zkoušky na vrtech provedených firmou Aqua Enviro, s. r. o. (Pilař 2005) a porovnat výslednou hydraulickou vodivost a transmisivitu podmenilitového souvrství s výsledky předešlých studií.

Lokalizace a charakteristika

Rakvice se nacházejí přibližně 40 km jižně od Brna a 22,8 km západně od Hodonína. Z regionálněgeologického pohledu jsou Rakvice situovány v regionu vnější skupiny příkrovů flyšového pásma, konkrétně leží na hranici ždánické jednotky a vídeňské pánve. Studovaná lokalita se nachází na východním úpatí Přítlucké hory na severozápadním okraji Rakvic (obr. 1).

Nejmladší geologické útvary na území zájmové lokality jsou rozlehlé pokryvy nezpevněných deluviálních písčitých hlín, vátých písků a fluválních a nivních uloženin starých říčních teras vodních toků Dyje a Trkmanky. Jedná se o uloženiny kvartérního stáří, zastoupené jemnozrnnými písky a štěrkopísky, disponujícími z hydrogeologického hlediska velmi příhodnými hydraulickými vlastnostmi. Hydraulická vodivost těchto sedimentů se pohybuje v rozmezí 12,0528–111,888 m/d. Naproti tomu starší sedimenty paleogénu v podloží jsou charakteristické svou velmi nízkou propustností a obecně horšími hydraulickými vlastnostmi. Kromě zmíněných sedimentů jsou na svazích po obvodu Přítlucké hory polohy spraší a sprašových hlín, které jsou na vrcholku elevace erodovány a jsou tak odkryty starší horniny neogénu vídeňské pánve (hrušecké souvrství) a paleogenních pískovců a jílovců zlínského souvrství. Neogén je ve studované oblasti zastoupen sedimenty vídeňské pánve, zejména zmíněným hrušeckým souvrstvím, ale také souvrstvím bílovickým, odkrytým na jv. okraji Rakvic. Obě souvrství jsou tvořena vápnitými a nevápnitými jíly, místy s polohami písků, pískovců a vápenců. Miocenní šakvické slínovce



Obr. 1. Geologická mapa okolí Rakvice s pozicí vyhloubených vrtů (ČGS 2023, upraveno).

Fig. 1. Geological map of the Rakvice study area with well position (ČGS 2023, modified).

lze nalézt na malých odkryvech v sv. rohu studované oblasti.

Podloží kvartérních a neogenních sedimentů tvoří sedimenty paleogénu flyšového pásma. Nejmladší zlínské souvrství (střední eocén – spodní oligocén) račanské jednotky zaujímá převážnou část Přítlucké hory a je odkryto na výchozech na vrcholu elevace. Tvoří jej střídající se polohy jílovců a pískovců. Mocnost zlínského souvrství může dosahovat až 2500 m. Ve studované oblasti dosahuje souvrství mocnosti maximálně prvních desítek metrů.

Podmenilitové souvrství

Podmenilitové souvrství (označované též jako němčické či frýdlantské) se nachází v podloží zmíněného zlínského souvrství a je zčásti překryto také kvartérními eolickými písky. Svým stářím spadá do období campan–eocén. Vystupuje na povrch terénu ve formě tří odkryvů na východním úpatí Přítlucké hory v Rakvicích a dále ve větších odkryvech v okolí Zaječí, kde tvoří převážnou část zmíněné elevace (obr. 2 – značka 1966). Hlavní charakteristikou souvrství je převaha pelitických hornin, zastoupených zpevněnými jíly, jílovcy a vzácněji prachovci, které v sobě ve formě lamin a vložek uzavírají jemné až hrubozrnné,

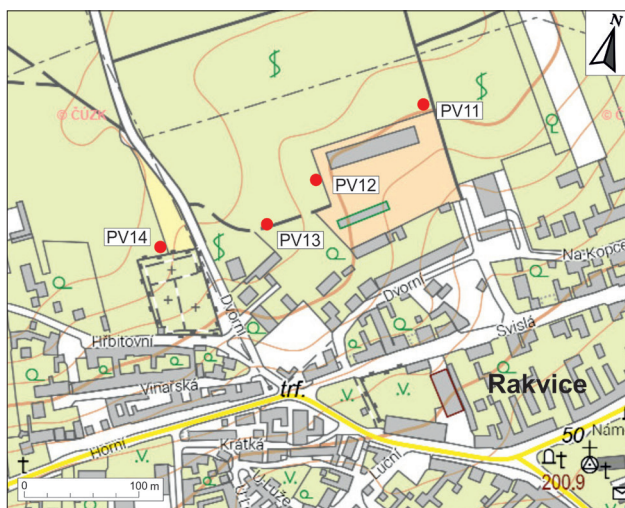
rozpadavé pískovce a nezpěvněné písky. Další výskyty podmenilitového souvrství lze sledovat podél okrajů ždánické a podslezské jednotky vnější skupiny příkrovů flyšového pásma. Mocnost podmenilitového souvrství se odhaduje na 300 m.

Proudění podzemních vod je v paleogenním pokryvu oblasti charakteristické svým mělkým oběhem, vázaným na přípoверхovou zónu zvětrávání a rozpuštění hornin. Cirkulace podzemních vod je značně omezena systémy mnoha nízkopropustných až nepropustných zlomů v psamitických a pelitických polohách. Nízká propustnost souboru menilitového a podmenilitového souvrství je dána jednak litologicky, tedy převahou pelitických sedimentů, jednak tektonickou konsolidací sedimentů v důsledku vlivu alpsko-karpatké orogeneze. Z pohledu litologie je proudění podzemních vod vázáno na polohy bohatší na psamitickou frakci a hladiny lze zastihnout mělce pod terénem (Krásný et al. 2012). Obecně je proudění podzemních vod pouze lokálního charakteru, omezeného rozvodnicemi povodí, a sedimenty flyšového pásma nabírají roli regionálního izolátoru (Kolářová 1981). Z hlediska vodohospodářského využití nedisponují podzemní vody příhodnými chemickými vlastnostmi. Chemismus podzemních vod lokality přesahuje noremní limity pro obsah síranů, chloridů, dusičnanů, manganu i železa (Malý 1970).

Průzkumné práce

Soubor čtyř vrtů pracovně označených PV11, PV12, PV13 a PV14 byl vyhlouben v Rakvicích Pilařem (2005) za účelem návrhu technického řešení drenáže západní části obce. Vrtů byly hloubeny v trase navrhovaného drenážního systému do podmenilitového souvrství do hloubky 6,0–7,6 m. Pozice hydrogeologických průzkumných vrtů v rámci Rakvic je zaznačena na obr. 2. Vrtů byly hloubeny pomocí vrtné soupravy HVS metodou jádrového vrtání bez výplachu s průměrem vrtání 175 a 133 mm. Použita byla i metoda nárazovotočivého vrtání pomocí spirálového vrtáku o průměru 133 mm. Pro výstroj vrtů byly instalovány PVC pažnice o průměru 110 mm a prostor mezi výstrojí a stěnou vrtu vyplněn obsypem frakce 8/16 mm. Vrtů byly zabezpečeny ochranným ocelovým záhlavím, zasazeným do betonové patky.

Svrchní část vrtu PV11 tvořily do hloubky 0,8 m kvartérní prachovité hlíny, pod nimiž byla na bázi vrtu zastížena poloha světle hnědošedých písků s proplásky hlinitého písku, které od hloubky 3,5 m vykazovaly výraznější kompakci a stmelení až do charakteru pískovce. V profilu vrtů PV12 a PV14 byly ve svrchní části zastíženy antropogenní uloženiny (stavební materiál, kamenité navážky) do hloubky max. 1,5 m. Část profilu vrtu PV12 pod navážkami tvořily do hloubky 6,5 m stejné polohy písků jako u vrtu PV11, na bázi vrtu v intervalu 6,5–7,0 m byly zastíženy polohy zvětralého jílovce. U vrtu PV13 antropogenní navážky zastíženy nebyly, namísto nich se do hloubky 1,4 m nacházely humózní a prachovité hlíny. Interval 1,4–4,4 opět tvořila stejná poloha písků jako u předchozích vrtů, pod nimi byla zastížena 0,3 m mocná poloha jemnozrného šedého pískovce. Jílovce tvořily



Obr. 2. Detail pozice průzkumných vrtů PV11–PV14.
Fig. 2. Detailed position of wells PV11–PV14.

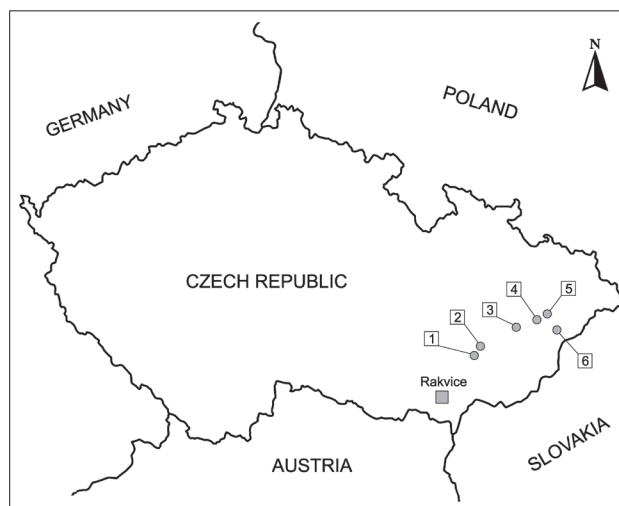
část profilu v hloubce 4,7–6,0 m, v jejich podloží pak byl do konečné hloubky 7,0 m zastížena šedohnědý písek s proplásky jílu. Vrt PV14 zastihl v prvních 1,5 m navážky stavebního materiálu. Polohy ulehlého hlinitého písku byly zaznamenány v hloubce 1,5–4,8 m, v jejich podloží byly do hloubky 5,4 m pozorovány polohy eluvia pískovců, pra-

chovců a jílovců o mocnostech 5–20 cm. Interval 5,4–6,0 m tvořil zvětralý tmavě šedý jílovec až prachovec, na bázi vrtu do finální hloubky 7,0 m se nacházel zvětralý, slabě stmelený pískovec.

Uskutečněné čerpací a stoupací zkoušky byly přesněji přehodnoceny a popsány autorem (Janíček 2021). Čerpací zkoušky byly provedeny s konstantním průtokem po dobu 5,5–13,5 min., přičemž nedošlo k ustálení hladin. Interval měření činil z počátku 30 s a postupně se v průběhu zkoušky snižoval. Čerpací zkoušky byly ukončeny předčasně z důvodu poklesu hladin ke koši čerpadla. Průtok Q činil u vrtů PV11 až PV13 0,083 l/s, u vrtu PV14 $Q = 0,064$ l/s. U vrtu PV11 byla ustálená hladina v hloubce 4,31 m p. t., u vrtu PV12 v hloubce 2,36 m p. t., u vrtu PV13 3,62 m p. t. a u vrtu PV14 v hloubce 2,46 m p. t.. Ke konci čerpacích zkoušek došlo k poklesu hladin o 2,532 m u vrtu PV11, 2,275 m u PV12, 2,230 m u PV13 a 3,040 m u PV14. Po čerpacích zkouškách ihned následovaly zkoušky stoupací, během kterých byl sledován nástup hladin na původní úroveň před čerpací zkouškou. Rozdíl mezi původní a konečnou úrovní hladiny činil max. 5,0 cm.

Předchozí studie

Hydrogeologické průzkumy v okolí Rakvic byly zaměřeny především na kvartérní uloženiny v údolích vodních toků, jejichž vlastnosti jsou z hlediska vodohospodářského využití nevhodnější. Průzkumy v jiných částech České republiky s odkryvy podmenilitového souvrství jsou velmi sporadické a ve většině případů neobsahují přesná kvantitativní data hydraulických parametrů. K vybraným studiím byl dodatečně dopočítán index transmisivity Y podle



Obr. 3. Lokalizace předchozích studií.
Fig. 3. Locations of previous studies.

Krásného et al. (2012). Pozice vrtů předchozích studií je uvedena na obr. 3.

Vrtnými pracemi bylo podmenilitové souvrství zastíženo vrtem Li-1 v Litenčicích při hydrogeologickém průzkumu Malým (1960). Účelem vrtu bylo zajistit zásobování střední školy vodou, a to zdrojem o vydatnosti min. 0,25 l/s.

Výsledek průzkumu byl negativní, vydatnost vrtu byla 0,05 l/s, se snížením hladiny o 4,3 m. Index transmisivity byl stanoven na $Y = 4,065$. Hajtmarová (1987) provedla hydrogeologický průzkum ve Zdislavicích, při kterém byly vyhloubeny dva vrty HV1 a HV2 o hloubce 22,5 a 28,5 m a provedeny čerpací zkoušky pro ověření vydatnosti. Čerpací zkoušky ověřily vydatnost vrtů v rozmezí 0,29–0,68 l/s při snížení 21,0 m u vrtu HV1 a 13,5 m u HV2. Pro vrt HV1 odpovídá hodnota $Y = 4,51$ a pro vrt HV2 $Y = 4,332$. Ze souboru vrtů provedených v horninách podmenilitového souvrství vyhodnotil Krásný et al. (1987) převládající třídy transmisivity IV–V. Průměrná hodnota transmisivity tohoto souboru činila $1,053 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ($0,9098 \text{ m}^2/\text{d}$). Velmi nízkou hydraulickou vodivost podmenilitového souvrství podslezské jednotky v okolí Ostravy v řádech 10^{-2} až 10^{-4} m/d , při odhadovaném indexu transmisivity $Y = 1–2$, uvádějí Tišnovská et al. (1975). Kurka (2014) provedl čerpací zkoušky na vrtu ČV-1 o hloubce 28,0 m, umístěném na elevaci v západní části Starého Jičina. Podle dostupných dat měl vrt necharakteristicky vysokou vydatnost a index transmisivity byl stanoven na $Y = 6,0$. Rozehnal (1971) provedl vyhodnocení čerpací zkoušky na vrtu st_JZD v Byškovcích, přičemž nedošlo k ustálení hladiny podzemní vody. Pro vrt odpovídá index transmisivity $Y = 5,13$.

Metodika

Pro studium hydraulických vlastností kolektorů je k dispozici široká škála metod. V praxi je k analýze dat čerpacích a stoupacích zkoušek nejčastěji užívána Jacobova semilogaritmickeá metoda. U čerpacích zkoušek spočívá princip

této metody ve vynesení naměřených hodnot hladin podzemní vody v průběhu čerpání ku logaritmu času t do grafu a proložení bodů v reprezentativním úseku poklesu hladiny přímkou tak, aby procházela přes jeden logaritmický cyklus času. Proložení jednoho logaritmického cyklu času je následně možné z grafu odečíst hodnoty snížení s_1 a s_2 , jejichž odečtením se stanovila úroveň zbytkového snížení hladiny Δs . U stoupacích zkoušek se naměřené hloubky hladin podzemní vody vynášely do grafu proti poměru celkového času trvání hydrodynamických zkoušek t ku času trvání zkoušky stoupací t' . Přímkou se následně proložily body v posledním úseku stoupání a určila se hodnota zbytkového snížení Δs . Transmisivita kolektoru byla vypočítána podle následujícího vzorce:

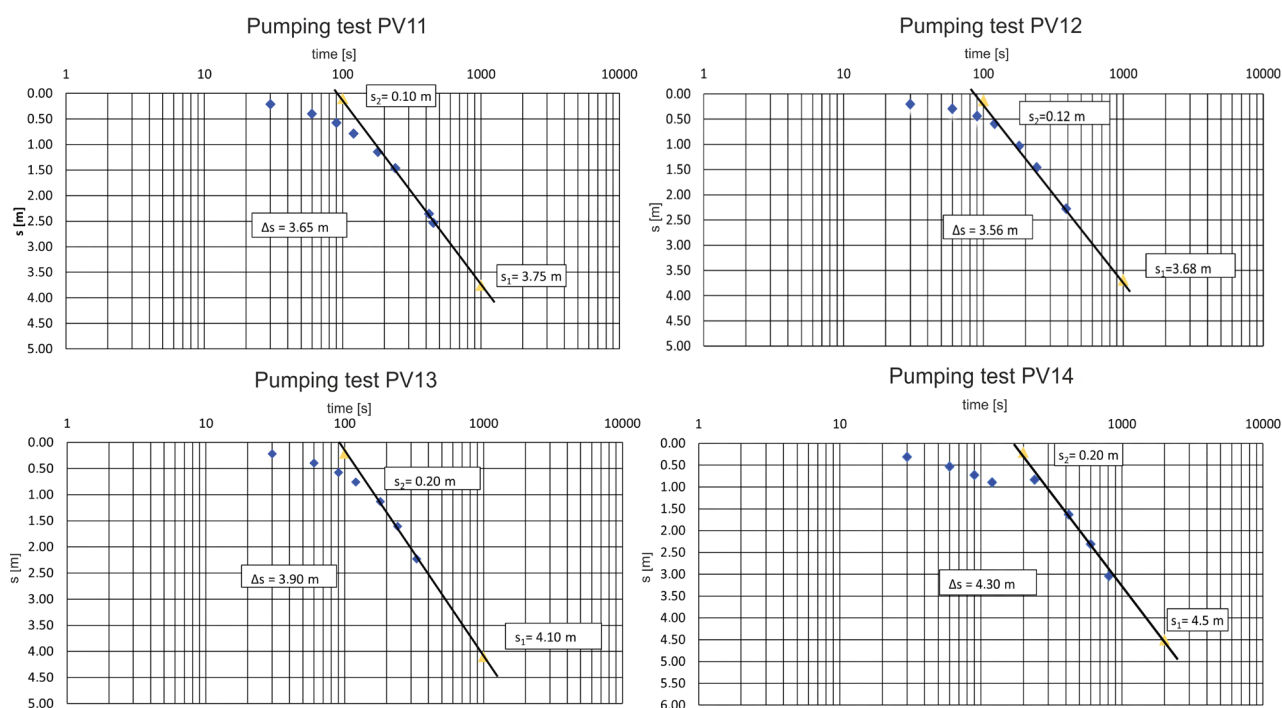
$$T = \frac{2,303Q}{4\pi\Delta s}$$

kde Q je průtok (čerpané množství), Δs je hodnota zbytkového snížení odečtená z grafu zkoušky pro daný vrt. Jako hodnotu průtoku Q se u vrtů PV11, PV12 a PV13 použila hodnota $Q = 0,083 \text{ l/s}$ a u vrtu PV14 $Q = 0,064 \text{ l/s}$. Výpočet hydraulické vodivosti byl proveden užitím vzorce:

$$k = \frac{T}{b}$$

kde T je transmisivita a b je mocnost zastižené části kolektoru.

Výsledné hodnoty hydraulických parametrů byly následně porovnány s výsledky předchozích studií na základě přepočtu transmisivity T na logaritmický index transmisivity Y , který je vhodnějším parametrem pro regionální



Obr. 4. Semilogaritmickeé grafy čerpacích zkoušek provedených na vrtech v Rakvicích (Janiček 2021).

Fig. 4. A semilog time-drawdown curve plots of pumped-tested wells at Rakvice site (Janiček 2021).

posouzení. Index transmisivity Y a index propustnosti Z byly stanoveny podle uvedených vztahů:

$$Y = \log(10^6 q)$$

$$Z = \log(10^6 q \cdot b)$$

kde q je specifická vydatnost vrtů, daná podílem snížení hladiny podzemní vody ve vrtu a vydatností vrtu, b = mocnost kolektoru.

Hydraulické parametry

Hydraulické parametry souboru vrtů z lokality Rakvice byly stanoveny vyhodnocením čerpacích a stoupacích zkoušek semilogaritmicnou metodou podle postupu uvedeného v metodické části příspěvku. Původní interpretace hydrodynamických zkoušek Pilařem (2005) měla nevhodné proložení záznamu hladin přímkou v logaritmickém cyklu času, čímž vzniklo podhodnocení hydraulických parametrů až o dva řády. Přehodnocené hodnoty parametru transmisivity byly z čerpacích zkoušek stanoveny v intervalu od $2,357 \cdot 10^{-1}$ do $3,692 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{d}$, ze stoupacích zkoušek v intervalu $1,648 \cdot 10^{-2}$ až $3,702 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{d}$. Průměrná hodnota transmisivity T z obou typů zkoušek činí $2,367 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{d}$ a odpovídá třídě transmisivity V – velmi nízká.

Hydraulická vodivost podloží byla z čerpacích zkoušek stanovena v intervalu $5,238 \cdot 10^{-2}$ až $1,026 \cdot 10^{-1} \text{ m/d}$, ze stoupacích zkoušek v intervalu $3,662 \cdot 10^{-3}$ až $1,028 \cdot 10^{-1} \text{ m/d}$. Průměrná hodnota hydraulické vodivosti byla stanovena na $6,121 \cdot 10^{-2} \text{ m/d}$ a spadá tak do třídy propustnosti

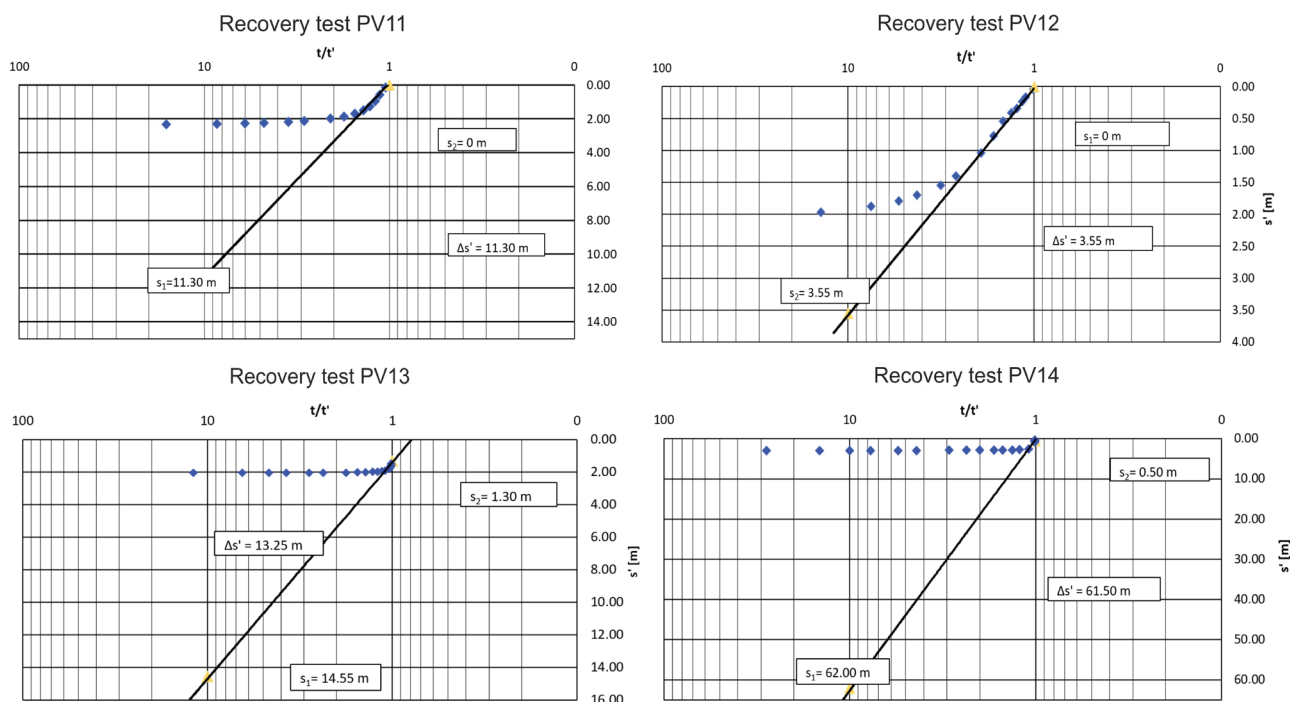
VI – slabá propustnost. Grafický záznam změn hladin při jednotlivých zkouškách je na obr. 4 a 5.

Na základě vydatnosti vrtů a snížení hladin byly pro studované vrty stanoveny index transmisivity Y a index propustnosti Z . Index transmisivity Y byl pro vrt PV11 stanoven na $Y = 4,51$, pro vrt PV12 na $Y = 4,56$, pro vrt PV13 na $Y = 4,57$ a u vrtu PV14 $Y = 4,32$. Index propustnosti Z byl pro vrt PV11 stanoven na $Z = 6,27$, pro vrt PV12 na $Z = 5,87$, pro vrt PV13 na $Z = 6,21$ a u vrtu PV14 $Z = 5,80$.

Diskuse

Předmětem studia příspěvku byly hydraulické parametry podmenilitového souvrství, konkrétně byly předmětem studia transmisivita a hydraulická vodivost souvrství. Z obecně známých charakteristik flyšového pásma a výsledků předchozích výzkumů vyplývá, že studovaná souvrství flyšového pásma jsou z vodohospodářského hlediska velmi neperspektivní a v regionálním měřítku se chovají jako izolátory. Hlavní příčinou absence většího množství hydrogeologických dat z podmenilitového souvrství je jeho malé plošné rozšíření oproti mladšímu ždánicko-hustopečskému souvrství v jeho nadloží, které je z hydrogeologického hlediska výrazně perspektivnější. Ždánicko-hustopečské souvrství disponuje vyšší propustností a transmisivitou třídy III až IV (Krásný et al. 1987) v důsledku vyššího obsahu poloh psamitů.

Ze zájmových vrtů byly indexy transmisivity Y stanoveny v rozmezí 4,32–4,57 a v porovnání se staršími studiemi, které udávají index transmisivity v intervalu $Y = 4,065$ – $4,51$, jsou výsledky této práce obdobné.



Obr. 5. Semilogaritmické grafy stoupacích zkoušek provedených na vrtech v Rakvicích (Janíček 2021).

Fig. 5. A semilog time-drawdown curve plots of recovery-tested wells at Rakvice site (Janíček 2021).

Výjimkami jsou vrty st_JZD a ČV-1 s $Y = 5,13-6,00$, u kterých pravděpodobně nedošlo k ustálení hladin, a výsledné indexy transmisivity jsou proto výrazně vyšší. Index propustnosti Z byl stanoven v intervalu $5,80-6,27$. Hodnoty indexu propustnosti Z jsou relativně vysoké a naznačují vyšší propustnost přípovrchové zóny zvětrávání. V důsledku absence srovnávacích dat nebylo možné posoudit regionální variabilitu propustnosti souvrství.

Závěr

Cílem příspěvku bylo stanovení transmisivity a hydraulické vodivosti podmenilitového souvrství na základě přehodnocení hydrodynamických zkoušek na souboru čtyř průzkumných vrtů v severozápadní části obce Rakvice. Součástí této studie bylo i shrnutí dosavadních znalostí o hydraulických vlastnostech podmenilitového souvrství a srovnání hydraulických parametrů této studie s výsledky dalších publikací. K interpretaci dat z provedených hydrodynamických zkoušek byla použita Jacobova semilogaritmická metoda, pomocí které se získaly hodnoty zbytkového snížení Δs , potřebné k výpočtu hydraulických parametrů transmisivity a hydraulické vodivosti. Rovněž byl stanoven index transmisivity Y a index propustnosti Z . Podmenilitové souvrství je z převážné části tvořeno velmi nepropustnými až nepropustnými pelitickými horninami, které zaujímají roli regionálního izolátoru. Z hydrogeologického hlediska se jedná o málo studovanou jednotku a kvantitativní data charakterizující hydraulické parametry jsou sporadická. Průměrná transmisivita podmenilitového souvrství byla na základě přehodnocení hydrodynamických zkoušek stanovena na $2,367 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{d}$ a dle klasifikace Krásného et al. (2012) odpovídá třídě transmisivity V – velmi nízká. Výsledná průměrná hydraulická vodivost souvrství byla ze studovaných vrtů stanovena na $6,121 \cdot 10^{-2} \text{ m/d}$, odpovídá třídě VI – slabá propustnost, podle Jetela (1982). Index transmisivity Y byl v rozmezí $4,32-4,57$ a index propustnosti Z v intervalu $5,80-6,27$.

Předchozí výzkumy až na jedinou výjimku uvádějí hodnoty indexu transmisivity Y podmenilitového souvrství srovnatelné s výsledky této studie, není tedy pozorován žádný regionálně významný rozdíl v hydraulických vlastnostech souvrství.

Poděkování. Autoři děkují Mgr. Leoši Pilařovi z firmy Aqua Enviro, s. r. o., za poskytnutí archivních dat z průzkumu na lokalitě Rakvice a recenzentům RNDr. Josefu V. Datlovi, Ph.D., a prof. RNDr. Tomáši Pačesovi, DrSc., za podnětné připomínky, které vedly ke zkvalitnění původního textu.

Literatura

- ADÁMEK, J. – DVOŘÁK, J. – KALVODA, J. (1980): Příspěvek ke geologické stavbě a naftově geologickému hodnocení nikolčicko-kurdějovského hřbetu. – Zem. Plyn Nafta 25, 441–474.
- Geologická mapa 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [on-line]. – Čes. geol. služba. Praha [cit. 2023-10-20]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>.
- HAJTMAROVÁ, L. (1987): Hydrogeologický průzkum pro JZD Zdounky, farma Zdislavice, okres Kroměříž. – Agroprojekt. Praha.
- JANIČEK, O. (2021): Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek pro určení hydraulických parametrů kolektoru na lokalitě Rakvice. – MS bakalář. práce, Přír. fak. Masaryk. univ. Brno.
- JETEL, J. (1982): Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. – 246 str. Ústř. úst. geol., Academia. Praha.
- KOLÁŘOVÁ, M. (1981): Hydrogeologická kritéria prospekce uhlovodíků v oblasti karpatské předhlubně a flyšového pásma čs. části Západních Karpat. – Sbor. geol. Věd, lož. Geol. Mineral. 22, 89–157.
- KRÁSNÝ, J. – CÍSLEROVÁ, M. – ČURDA, S. – DATEL, J. V. – DVOŘÁK, J. – GRMELA, A. – HRKAL, Z. – KRÍŽ, H. – MARŠÁLEK, H. – ŠANTRŮČEK, J. – ŠILÁŘ, J. (2012): Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. – Čes. geol. úst. Praha.
- KRÁSNÝ, J. – KULLMAN, E. – VRÁNA, K. – DOSTÁL, I. – KNĚŽEK, M. – KOURÍMOVÁ, J. – PROCHÁZKOVÁ, J. – SUKOVITÁ, D. – ŠUBA, J. – TREFNÁ, E. (1987): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000, list 34 Znojmo. – Ústř. úst. geol. Praha.
- KURKA, K. (2014): Vlčnov, hydrogeologická zpráva o provedení průzkumného vrtu ČV-1 na pozemkové parcele č. 526/94, k. ú. Vlčnov u Starého Jičina. – Mgr. Kamil Kurka, HGO. Opava.
- MALÝ, J. (1960): Litenčice – hydrogeologický průzkum. – Geol. průzk. Brno.
- MALÝ, J. (1970): Závěrečný hydrogeologický posudek pro lisovnu vína JZD Rakvice. – Agroprojekt. Brno.
- PILAŘ, L. (2005): Hydrogeologický a stavebně geologický průzkum pro návrh technického řešení odvodnění západní části obce, II. etapa. – Aqua Enviro. Brno.
- ROZEHNAL, T. (1971): Vyhodnocení čerpací zkoušky – Býškovice, okres Přerov. – Geol. průzk. Ostrava.
- TIŠNOVSKÁ, V. – HUFOVÁ, E. – TREFNÁ, E. – HOŠEK, A. – SOBKOVÁ, I. – ARABASZ, L. – KOŠOVÁ, A. – GALGÁNEK, J. – PIŠL, P. – TICHÁČKOVÁ, M. (1975): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000, list 15 Ostrava. – Geol. průzk. Ostrava.