

INGEBORG KRÍŽOVÁ

REŽIM PODZEMNÍ VODY V ÚDOLÍ ODRY MEZI MANKOVICEMI, SUCHDOLEM, JESENÍKEM A BERNARTICEMI NAD ODROU

I. Křížová: *Groundwater regime in the Odra river valley between Mankovice, Suchdol, Jeseník and Bernartice nad Odrou.* — Sborník ČSGS 86:4:266—281 (1981). — The authoress submits some results of long-term observation and of hydrological investigation of quaternary fluvial sediments of given region (North-Eastern Moravia, the Czech Socialist Republic). This region has relatively a large storage of shallow groundwaters. The main results are mentioned in the English summary.

Úvod

Od roku 1964 je věnována zvýšená pozornost území mezi Mankovicemi, Suchdolem, Jeseníkem a Bernarticemi nad Odrou, které je tvořeno převážně fluvialními sedimenty řeky Odry. Uskutečnilo se zde několik hydrogeologických průzkumů, jejichž cílem bylo vyhledání nových zdrojů vody pro zásobování Nového Jičína, popřípadě i některých dalších obcí. Kromě toho se prováděl v této oblasti v letech 1968—1971 rozsáhlý regionální hydrogeologický průzkum, jehož účelem bylo vyhodnocení zásad podzemních vod v převážné části Oderské brány (V. Štefan 1972). Výsledky těchto hydrogeologických průzkumů byly celkem příznivé, neboť prokázaly, že údolní niva Odry, zvláště pak vyšší štěrková akumulace mezi Suchdolem a Mankovicemi (obr. 1), se vyznačuje poměrně velkými zásobami průlinových podzemních vod.

Přesné vyhodnocení zdrojů podzemních vod vyžaduje znalost jejich režimu, neboť jímáné množství vody se mění v závislosti na přirozeném kolísání hladiny podzemní vody, resp. její piezometrické úrovně nebo vydatnosti pramenů. V příslušné části údolí Odry je řada objektů (vrtů a domovních studní), v nichž se provádělo pozorování hladiny podzemní vody. Jde především o mělké pozorovací vrty, které byly vyhloubeny v rámci přípravných prací pro vybudování plavebního kanálu Odry — Dunaj a několik nových objektů základní pozorovací sítě Českého hydrometeorologického ústavu (obr. 1). Výsledky těchto pozorování umožňují lepší poznání režimu podzemní vody v této oblasti a přesnější stanovení jejího využitelného množství.

Výsledky pozorování hladiny podzemní vody z některých objektů, zejména tzv. hydrologických profilů byly již dříve částečně zpracovány (I. Křížová 1961, M. Kotoučková 1961, V. Štefan 1972), avšak nebyly dosud uveřejněny. V tomto příspěvku jsou obsaženy výsledky statistického zpracování pozorování podzemních vod z vybraných starších objektů za dvacetiletí 1952—1971 a nových vrtů za ob-

dobí 1965—1971. Pozornost je zaměřena na ty charakteristiky režimu podzemních vod, které mají praktický význam, především z hlediska stanovení využitelného množství těchto vod.

Přehled geologických a hydrogeologických poměrů

Studovaná oblast náleží k oderské části Moravské brány, která tvoří výraznou sníženinu mezi Českou vsočinou a Západními Karpaty a je vyplněna mocnými souvrstvími terciérních a kvartérních sedimentů. Nejstaršími horninami jsou zde kulmské břidlice a drobové břidlice; dále droby a slepence, které budují Nízký Jeseník a současně tvoří i podloží třetihorních sedimentů. Hlavní výplň Moravské brány jsou spodnotortonské uloženiny vněkarpatské neogenní předhlubně, především vápnité jíly. Jde převážně o zelenavé až modravě šedé, jemně písčité jíly prokládané tenkými polohami vápnitých, středně až jemně zrnitých, slídnatých písků. Ojedinele převládají písky nad jíly (J. Tyráček 1961).

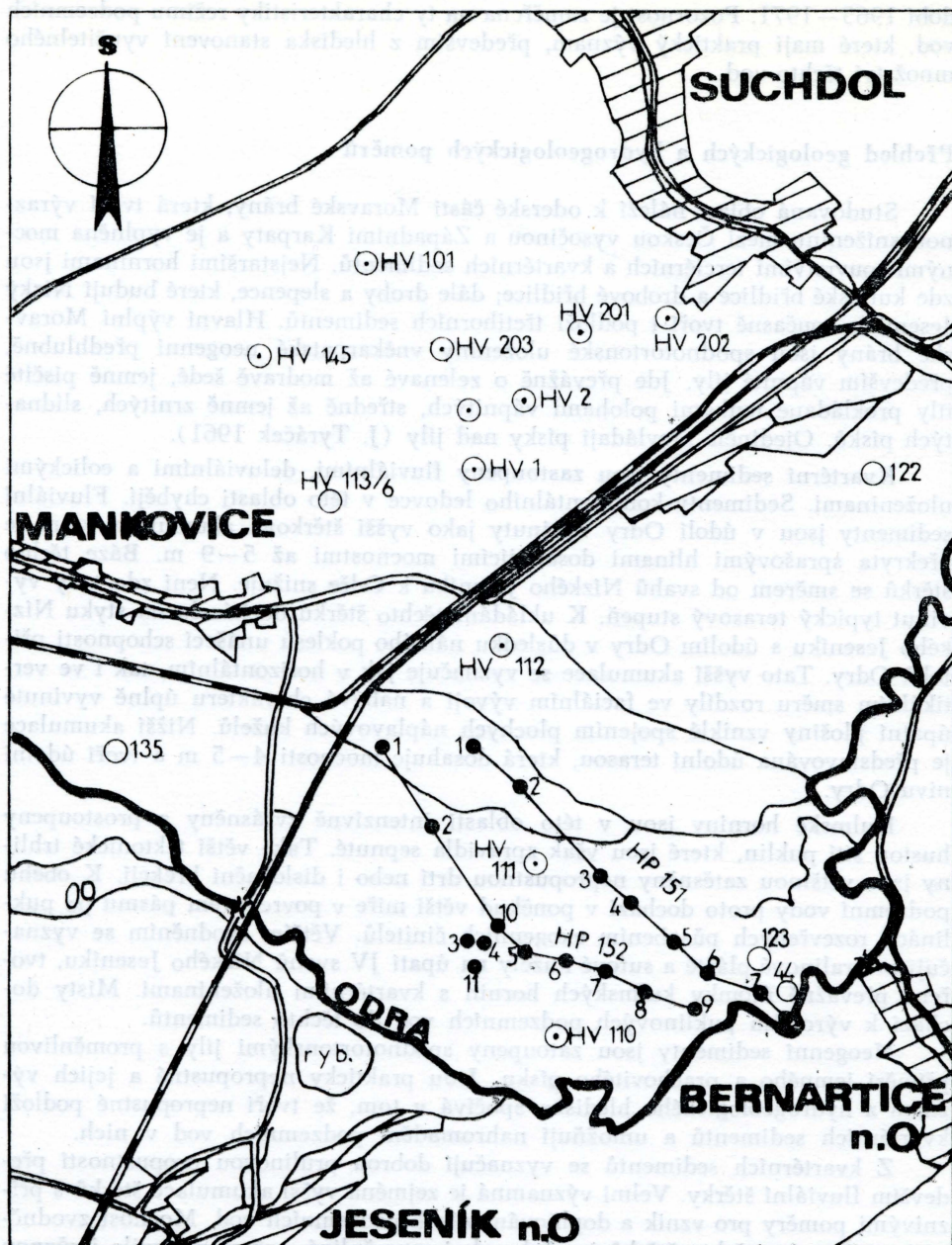
Kvartérní sedimenty jsou zastoupeny fluviálními, deluviálními a eolickými uloženinami. Sedimenty kontinentálního ledovce v této oblasti chybějí. Fluviální sedimenty jsou v údolí Odry vyvinuty jako vyšší šterková akumulace, která je překryta sprašovými hlínami dosahujícími mocnostmi až 5—9 m. Báze těchto šterků se směrem od svahů Nízkého Jeseníku k Odře snižuje. Není zde tedy vyvinut typický terasový stupeň. K ukládání těchto šterků docházelo na styku Nízkého Jeseníku s údolím Odry v důsledku náhlého poklesu unášecí schopnosti přítoků Odry. Tato vyšší akumulace se vyznačuje jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru rozdíly ve faciálním vývoji a nabývá charakteru úplně vyvinuté úpatní plošiny vzniklé spojením plochých náplavových kuželů. Nižší akumulace je představována údolní terasou, která dosahuje mocnosti 4—5 m a tvoří údolní nivu Odry.

Kulmské horniny jsou v této oblasti intenzivně zvrásněny a prostoupeny hustou sítí puklin, které jsou však zpravidla sepnuté. Také větší tektonické trhliny jsou většinou zatěsněny nepropustnou drtí nebo i dislokační brekcií. K oběhu podzemní vody proto dochází v poněkud větší míře v povrchovém pásmu po puklinách rozevřených působením exogenních činitelů. Větším zvodněním se vyznačují zvětralinové pláště a suťové kužely na úpatí JV svahů Nízkého Jeseníku, tvořené převážně úlomky kulmských hornin s kvartérními uloženinami. Místy dochází k výronům puklinových podzemních vod do těchto sedimentů.

Neogenní sedimenty jsou zatoupeny spodnotortonskými jíly s proměnlivou příměsí jemného a prachovitého písku. Jsou prakticky nepropustné a jejich význam z hydrogeologického hlediska spočívá v tom, že tvoří nepropustné podloží kvartérních sedimentů a umožňují nahromadění podzemních vod v nich.

Z kvartérních sedimentů se vyznačují dobrou průlinovou propustností především fluviální šterky. Velmi významná je zejména vyšší akumulace šterků s příznivými poměry pro vznik a doplňování zásob podzemních vod. Mocnost zvodnění i propustnost těchto šterků je však velmi proměnlivá, což se projevilo i různou specifickou vydatností hydrogeologických vrtů (V. Štefan 1972). Na základě výsledků čerpacích zkoušek byl vypočítán součinitel filtrace pohybující se kolem hodnoty $k = 0,8 - 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$, což nasvědčuje tomu, že zvodněné fluviální sedimenty jsou dobře propustné.

Šterky údolní nivy Odry jsou na rozdíl od vyšších poloh šterků více zahliněné a tím i méně propustné, i když jejich petrografické složení je velmi proměnlivé. Jsou překryty špatně propustnými náplavovými hlínami, jejich mocnost se



1. Situace pozorovacích a jímacích vrtů. 1 — širokoprofilové pozorovací vrty, 2 — jímací hydrogeologické vrty, 3 — úzkoprofilové pozorovací vrty hydrologických profilů HP 151 a HP 152.

pohybuje od 1 do 4 m a které se uplínají jako dobrá krycí vrstva. Vyšší terasové štěrky jsou překryty vrstvou sprašových hlín, která dosahuje mocnosti 2–9 m. Jde o eolické sedimenty poměrně špatně propustné, které však přesto umožňují infiltraci vody ze spadlých srážek do štěrků v jejich podloží.

Zásoby podzemní vody v tomto území se doplňují jednak infiltrací vody ze srážek, zejména na svazích Nízkého Jeseníku a méně již ve vlastním údolí Odry a jednak povrchovými vodami z této řeky, především za vyšších vodních stavů, kdy dochází k rozlivům vody z koryta toku do údolní nivy.

Pozorování podzemních vod

V údolí Odry mezi Bernarticemi, Mankovicemi a Suchdolem nad Odrou se nachází poměrně velký počet pozorovacích objektů státní pozorovací sítě podzemních vod. Především jsou to dva hydrologické profily HP 151 a HP 152. První profil tvoří celkem 8 mělkých úzkoprofilových vrtů a druhý 12 těchto vrtů (obr. 1), které byly vyhloubeny ve čtyřicátých letech při přípravných pracích prováděných pro navrhovaný plavební kanál Odry — Dunaj. Původně k těmto profilům náležely i 2 domovní studny. Pozorování se v těchto vrtech provádí již od června 1951.

Úzkoprofilové vrty hydrologických profilů během doby zestárlý a některé z nich musely být vyřazeny, neboť nezaručovaly dobré výsledky pozorování. Proto se začala od roku 1959 budovat nová tzv. základní pozorovací síť, kterou tvoří širokoprofilové vrty (obr. 1). Ve studovaném území byly v letech 1959–1964 vyhloubeny 4 takové vrty (obr. 1). Pozorování v těchto vrtech bylo zahájeno v roce 1960 (vrt 44) nebo 1964 (vrt 122 a 123), resp. až v roce 1966 (vrt 135).

Kromě toho je v této oblasti dalších 10 vrtů (HV 101, HV 110–113, HV 113/6, HV 145, HV 201–203), které byly vyhloubeny při hydrologických průzkumech. V těchto vrtech se však provádělo pouze krátkodobé pozorování hladin podzemní vody, a to po dobu hydrologického roku 1971.

Účelem pozorování podzemních vod je především poznání jejich režimu, tj. časových i prostorových kvantitativních i kvalitativních změn, které se projevují kolísáním hladin podzemních vod i vydatností pramenů, jakož i změnami fyzikálních a chemických vlastností těchto vod. Pozorování se provádí měřením hloubek hladin ve vrtech, popřípadě i domovních studnách, vydatností pramenů a analýzami odebíraných vzorků vody.

Výsledky těchto pozorování se zpracovávají s použitím metod matematické statistiky, čímž se získávají různé charakteristiky režimu podzemních vod. V nejednodušších případech se toto zpracování omezuje na stanovení průměrných a extrémních hodnot, popřípadě zjištění rozkvy hladin podzemních vod, což však není vždy dostačující. Vzhledem k tomu, že pozorováním se získají četné kvantitativní údaje, které je možno považovat za prvky statistického souboru, lze při jejich zpracovávání použít obvyklé metody matematické statistiky. Tyto metody vhodně upravil a poprvé u nás použil při zpracování výsledků pozorování podzemních vod R. Netopil (1959).

V tomto případě je věnována pozornost pouze zpracování výsledků pozorování hladin podzemní vody, které jsou z hlediska stanovení využitelného množství podzemní vody nejdůležitější a kromě toho jak sledování vydatností pramenů, tak i změn kvalitativních vlastností podzemní vody (např. teploty a chemického složení) se zde neprovádělo.

Ke zpracování bylo vybráno 6 význačných vrtů, které je možno považovat z hlediska režimu podzemní vody v této oblasti za charakteristické. Jde především

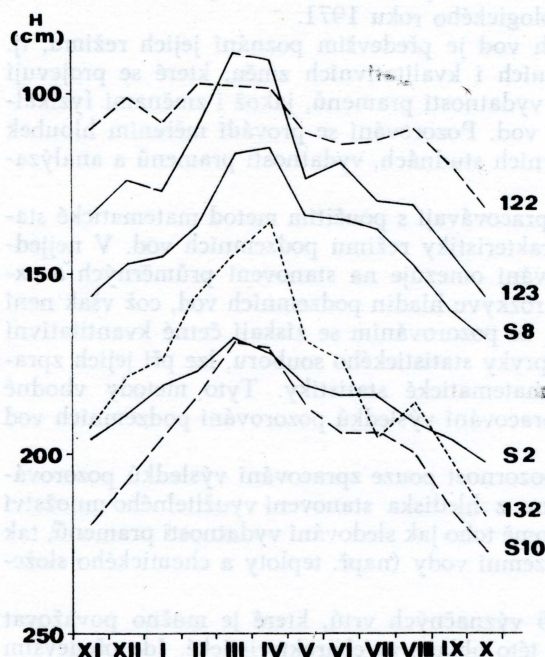
o 3 vrtý (S 2, S 8 a S 10) hydrologického pozorovacího profilu HP 152 Mankovice — Bernartice a 3 vrtý základní pozorovací sítě (122, 123 a 135). Základní popisné údaje těchto vybraných vrtů jsou v tabulce 1.

Tab. 1. Základní údaje vybraných pozorovacích vrtů

Označení pozorovacího objektu	Výška odměrného bodu (m n. m.)	Hloubka vrtu (m)	Pozorování prováděno	
			od	do
Mankovice 135	260,74	7,40	20. 5. 1964	dosud
HP Mankovice—Bernartice S 2	257,18	4,00	26. 6. 1951	dosud
HP Mankovice—Bernartice S 8	255,52	4,20	26. 6. 1951	dosud
HP Mankovice—Bernartice S 10	257,30	5,55	26. 6. 1951	dosud
Bernartice n. O. 123	254,76	7,30	13. 5. 1964	dosud
Suchdol n. O. 122	251,94	7,40	13. 5. 1964	dosud

Průměrné měsíční a roční stavy hladin podzemních vod

Po doplnění a opravě pozorovacích řad týdenních stavů hladin podzemních vod z vybraných vrtů se mohlo přistoupit k jejich zpracování. Nejprve byly vypočítány průměrné měsíční stavy hladin podzemních vod, které náleží k nejjednodušším charakteristikám režimu. Stanoví se jako aritmetické průměry ze 4 nebo 5 týdenních hodnot zaznamenaných v každém měsíci, neboť pozorování podzemních vod se provádělo v týdenních intervalech. Podobně i roční průměrné hodnoty jsou nejčastěji prostým aritmetickým průměrem z 52, resp. 53 týdenních stavů. Tímto způsobem byly vypočítány měsíční i roční průměry za jednotlivé hydrologické roky a z nich pak dlouhodobé průměry za celé dvacetileté, popřípadě sedmi-leté období (tab. 2).



2. Průběh průměrných měsíčních stavů hladin podzemních vod ve vybraných pozorovacích vrtech.

Tab. 2. Průměrné měsíční a roční stavy hladin podzemních vod ve vybraných pozorovacích objektech za období 1952—1971 (a) nebo 1965—1971 (b)

Označení pozorovacího objektu	Období		Průměrné měsíční stavy hladiny podzemní vody										Průměrný roční stav		
			XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX	X
Mankovice 135	b	cm m n.m.	193 258,81	179 258,95	174 259,00	156 259,18	145 259,29	136 259,38	169 259,05	174 259,00	196 258,78	186 258,88	202 258,72	218 258,56	179 258,95
HP 152 Mankovice S 2	a	cm m n.m.	196 255,22	189 255,29	181 255,37	177 255,41	168 255,50	172 255,46	181 255,37	184 255,34	184 255,34	192 255,26	196 255,22	203 255,15	186 255,32
HP 152 Mankovice S 8	a	cm m n.m.	156 253,96	147 254,05	145 254,07	136 254,16	117 254,35	110 254,42	134 254,18	135 254,17	138 254,14	148 254,04	160 253,92	168 253,84	141 254,11
HP 152 Mankovice S 10	a	cm m n.m.	220 254,10	207 254,23	195 254,35	184 254,24	169 254,61	171 254,59	187 254,43	194 254,36	194 254,36	200 254,30	215 254,15	227 254,03	197 254,33
Bernartice n. Odrou 44	b	cm m n.m.	189 253,57	181 253,65	183 253,63	161 253,85	131 254,15	134 254,12	189 254,57	177 253,69	195 253,51	176 253,70	208 253,38	222 253,24	179 253,69
Bernartice n. Odrou 123	b	cm m n.m.	134 253,42	124 253,52	127 253,49	109 253,67	89 253,87	91 253,85	124 253,52	119 253,57	130 253,46	131 253,45	144 253,32	157 253,19	124 253,52
Suchdol n. Odrou 122	b	cm m n.m.	110 250,84	101 250,93	108 250,86	97 250,97	98 250,96	99 250,95	111 250,83	114 250,80	113 250,81	110 250,84	120 250,74	132 250,62	107 250,87

Průběh dlouhodobých průměrných měsíčních stavů hladin podzemních vod (obr. 4) umožňuje poznat hlavní rysy kolísání těchto hladin ve studovaném území a zjistit, kdy zpravidla dochází k doplňování zásob podzemních vod. Z grafu (obr. 2) i z tabulky (tab. 2) je patrné, že nejnižší průměrné stavy hladin podzemních vod připadají na podzimní měsíce, nejčastěji na říjen. Poměrně nízké průměrné měsíční stavy trvají ještě v listopadu, prosinci, popřípadě i v lednu. Od února počínaje se v důsledku tání sněhové pokrývky začínají zásoby podzemních vod doplňovat, což se projevuje i vzestupem hladin. Nejintenzivnější je tento vzestup v březnu a dubnu, kdy jsou průměrné měsíční stavy hladin nejvyšší.

Na základě průměrných ročních stavů hladiny podzemní vody je možno klasifikovat jednotlivé hydrologické roky z hlediska jejich vodnosti (vlhkosti). Řada průměrných ročních hodnot se přitom zpracuje metodami matematické statistiky a vypracuje se empirická nebo teoretická čára jejich překročení. V tomto případě byla vypočítána teoretická čára překročení průměrných ročních stavů hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu S 10 hydrologického profilu HP 152 za období 1953–1971, jako Pearsonova křivka III. typu (obr. 3). Parametry této křivky jsou dlouhodobý průměrný roční stav hladiny podzemní vody $H_a = 1.97$ m (tab. 2), dále součinitel variace $C_v = 0,10$, který byl vypočítán ze vzorce:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}},$$

kde K_i = poměr průměrného ročního stavu k dlouhodobému průměru, n = počet roků zpracované řady.

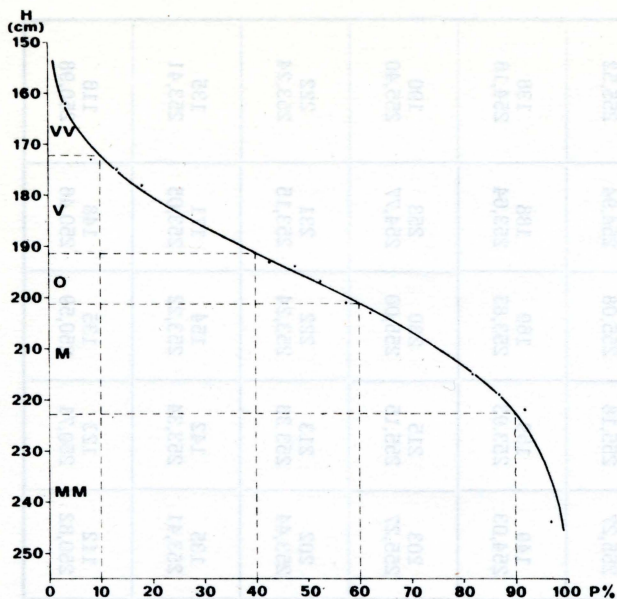
Míra asymetrie (C_s) byla zvolena podle vztahu v hydrologii běžně používaného, tj. $C_s = 2 C_v$.

Nadprůměrnost nebo podprůměrnost jednotlivých hydrologických roků podle relativní četnosti jejich průměrných stavů hladiny podzemní vody lze vyjádřit na základě pětičlenné stupnice upravené podle původního návrhu R. Netopila (1959) a uvedené v tabulce 3.

Tab. 3. Stupnice pro klasifikaci roků podle průměrných ročních stavů hladiny podzemní vody

Překročení (%)	Označení roku	Průměrný roční stav hladiny podzemní vody	Symbolické označení
pod 11	mimořádně vodný	mimořádně vysoký	VV
11–40	vodný	vysoký	V
41–60	průměrně vodný	průměrný	O
61–90	suchý	nízký	M
nad 90	mimořádně suchý	mimořádně nízký	MM

Podle této klasifikace byl ve zpracovaném období 1952–1971 1 hydrologický rok mimořádně vodný (1968), 1 rok mimořádně suchý (1954); dále 7 roků vodných (1953, 1957, 1958, 1965, 1966, 1967 a 1969), 4 roky průměrně vodné (1955, 1956, 1959 a 1960) a konečně 7 roků suchých (1952, 1961, 1962, 1963, 1964, 1970 a 1971).



3. Teoretická čára překročení ročních průměrných stavů hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu S 10 hydrologického profilu HP 152 za období 1953–1971.

Překročení týdenních stavů hladin podzemních vod

K základní hodnotám, které se získají statistickým zpracováním výsledků dlouhodobých pozorování podzemních vod, náleží i tzv. charakteristické úrovně. Tyto význačné hodnoty jsou důležité především z hlediska hodnocení výškové polohy jednotlivých stavů hladin podzemních vod. Ve srovnání s průměrnými hodnotami se vyznačují některými přednostmi, především tím, že umožňují lepší posouzení výjimečnosti výskytu týdenních stavů hladin podzemních vod.

Metody stanovení těchto charakteristických úrovní hladin podzemních vod vypracoval R. Netopil (1959). Jde v podstatě o aplikaci běžných metod matematické statistiky na zpracování výsledků pozorování podzemních vod. Statistický soubor základních údajů, tj. např. týdenních stavů hladiny podzemní vody, se při tom nejprve rozdělí do tříd (intervalů) o stejném rozsahu a výsledky se zaznamenají do tabulek četností. Na základě těchto tabulek se ze vzorce (2) vypočítají první charakteristické úrovně, které jsou označovány jako nejčastěji se vyskytující nebo modální:

$$\hat{H} = L + h \frac{d_1}{d_1 + d_2},$$

kde \hat{H} = nejčastěji se vyskytující úroveň hladiny podzemní vody, L = počátek modálního intervalu, h = rozsah intervalu, d_1 = četnost intervalu následujícího za modálním, d_2 = četnost intervalu předcházejícího modálnímu.

Zjištěné kumulativní četnosti se vynesou v pravoúhlé síti souřadnic na dolní meze zvolených intervalů a proložením takto získaných bodů plynulou křivkou se vytvoří empirická čára překročení. Z této čáry překročení se získají ostatní charakteristické úrovně. Jde o stavy hladiny podzemní vody překročené průměrně za příslušné období po určitý počet dní v roce, který se rovněž může vyjádřit v procentech z celkové doby trvání pozorování.

Tab. 4. Překročení týdenních stavů hladin podzemních vod ve vybraných pozorovacích objektech za období 1952—1971 (a)
nebo 1965—1971 (b)

Označení pozorovacího objektu	Období	Stav hladiny podzemní vody překročené průměrně po dobu										Σ H
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		
		procent dní v roce										
Mankovice 135	b	121 259,53	144 259,30	156 259,18	169 259,06	179 258,96	191 258,84	203 259,71	215 258,59	231 258,43	172 259,03	
MP 152 Mankovice S 2	a	153 255,35	161 255,57	167 255,51	174 255,44	182 255,36	191 255,27	200 255,18	210 255,08	224 254,94	166 255,52	
HP 152 Mankovice S 8	a	92 254,60	113 254,39	124 254,28	132 254,20	141 254,11	149 254,03	159 253,93	169 253,83	188 253,64	136 254,16	
HP 152 Mankovice S 10	a	147 255,83	164 255,66	174 255,56	183 255,47	193 253,37	203 255,27	215 255,15	230 255,00	253 254,77	190 255,40	
Bernartice n. Odrou 44	b	96 254,50	143 254,03	163 253,83	181 253,65	194 253,52	202 253,44	213 253,33	222 253,24	231 253,15	222 253,24	
Bernartice n. Odrou 123	b	69 254,07	98 253,78	111 253,65	120 253,56	128 253,48	135 253,41	142 253,34	154 253,22	171 253,05	135 253,41	
Suchdol n. Odrou 122	b	76 251,18	85 251,09	92 251,02	99 250,95	106 250,88	112 250,82	123 250,71	135 250,59	148 250,46	116 250,98	

Tímto způsobem byly vypracovány čáry překročení týdenních stavů hladin podzemních vod z vybraných vrtů hydrologického profilu HP 152 za období 1952—1971 a objektů základní pozorovací sítě za období 1965—1971. Příkladem je čára překročení týdenních stavů hladiny z pozorovací sondy S 10 profilu HP 152 na obr. 4. Z těchto součtových čar byly získány charakteristické úrovně překročené průměrně za příslušné období po dobu n procent dní v roce, které jsou v tab. 4. V tabulce jsou tyto úrovně uváděny jednak v relativních hloubkách a jednak v absolutních nadmořských výškách. Tabulka je kromě toho doplněna ještě o hodnoty úrovně nejčastěji se vyskytující (H), které byly vypočítány ze vzorce (2).

Při posuzování jednotlivých stavů hladin podzemních vod podle pravděpodobnosti překročení a určování jejich výjimečnosti se používá podle R. Netopila (1959) pětičlenná klasifikační stupnice (tab. 5).

Tab. 5. Stupnice pro klasifikaci výjimečnosti výskytu stavů hladin podzemních vod

Překročení (%)	Označení charakteristické úrovně hladiny podzemní vody	
pod 11	mimořádně vysoká	MV
11—40	vysoká	V
41—60	průměrná	O
61—90	nízká	N
nad 90	mimořádně nízká	MN

Pro praktické hodnocení jsou důležité především mimořádně vysoké a nízké úrovně, neboť období, kdy hladina podzemní vody vystoupí nad úroveň překročenou 10 % a zvláště pak poklesne pod úroveň překročenou 90 %, jsou velmi významná z hlediska jímání podzemní vody pro vodohospodářské účely. Jde především o suchá období, kdy se delší dobu zásoby podzemní vody téměř nedoplňují a jímatelné množství vody je nízké. Proto je třeba při posuzování režimu podzemních vod věnovat těmto obdobím pozornost.

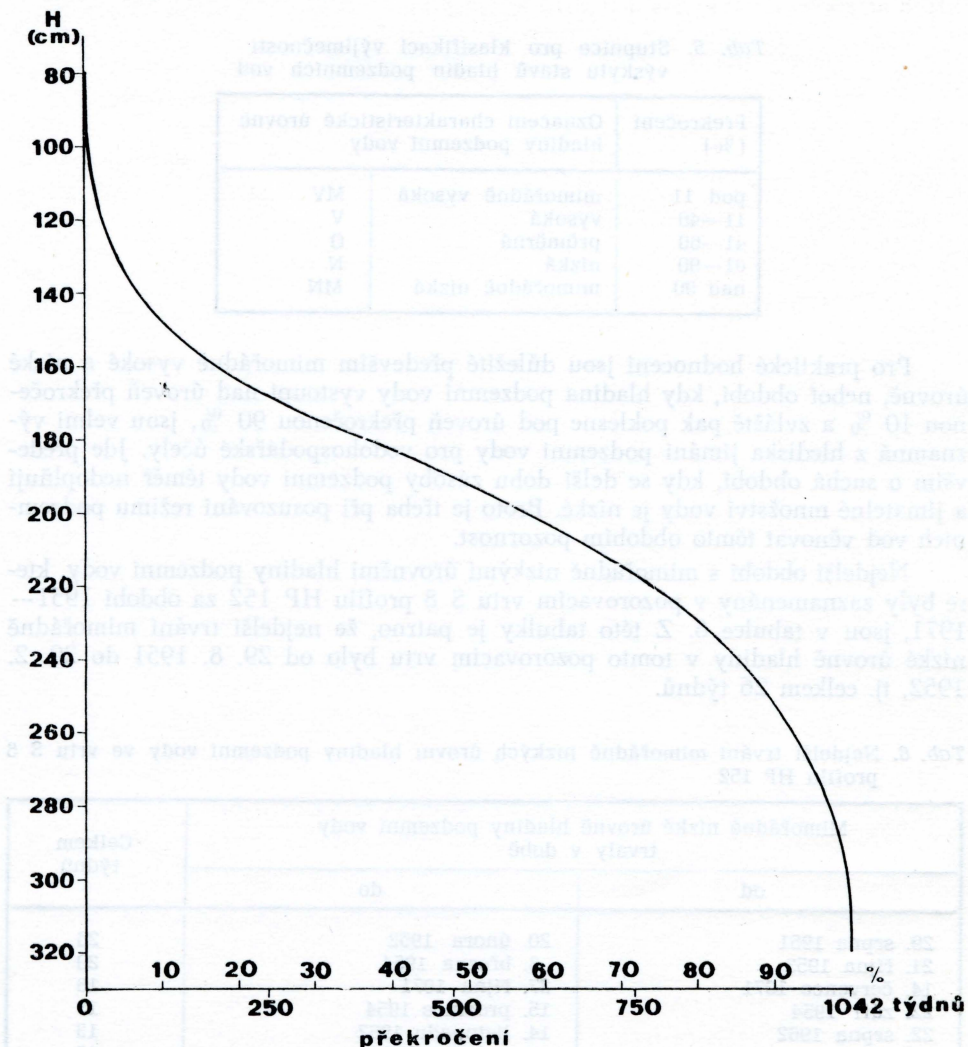
Nejdelší období s mimořádně nízkými úrovněmi hladiny podzemní vody, které byly zaznamenány v pozorovacím vrtu S 8 profilu HP 152 za období 1951—1971, jsou v tabulce 6. Z této tabulky je patrné, že nejdelší trvání mimořádně nízké úrovně hladiny v tomto pozorovacím vrtu bylo od 29. 8. 1951 do 20. 2. 1952, tj. celkem 26 týdnů.

Tab. 6. Nejdelší trvání mimořádně nízkých úrovní hladiny podzemní vody ve vrtu S 8 profilu HP 152

Mimořádně nízké úrovně hladiny podzemní vody trvaly v době		Celkem týdnů
od	do	
29. srpna 1951	20. února 1952	26
21. října 1953	3. března 1954	20
14. července 1971	27. října 1971	16
22. září 1954	15. prosince 1954	13
22. srpna 1962	14. listopadu 1962	13
22. října 1969	7. ledna 1970	12

V další tabulce (tab. 7) jsou uvedena nejdelší období, kdy hladina podzemní vody vystoupila ve zmíněném vrtu S 8 nad dolní mez označující mimořádně vysoké úrovně. Na rozdíl od mimořádně nízkých úrovní trvale tyto mimořádně vysoké úrovně podstatně kratší dobu, neboť její nejdelší trvání bylo zaznamenáno v době od 13. března do 17. dubna 1963, tj. pouze 6 týdnů.

Výskyt mimořádně vysokých úrovní hladin mělké podzemní vody v údolní nivě časově odpovídá maximálním průtokům v řece Odře, které bývají ve stejné době, tj. v jarním období, kdy v důsledku tání sněhové pokrývky a dešťových srážek dochází k vzestupu vodních stavů. Podobně i v případě mimořádně nízkých úrovní hladin podzemní vody je možno pozorovat shodu s výskytem nízkých vodních stavů v řece Odře koncem letního a během podzimního období, popřípadě i v zimních měsících. Rozdíl je však v tom, že při malých průtocích vody dochází k výronům podzemní vody do koryta řeky Odry.



4. Empirická čára překročení týdenních stavů hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu S 10 hydrologického profilu HP 152 za období 1952—1971.

Tab. 7. Nejdelší trvání mimořádně vysokých úrovní hladiny podzemní vody ve vrtu S 8 profilu HP 152

Mimořádně vysoké úrovně hladiny podzemní vody trvaly v době		celkem týdnů
od	do	
13. března 1963	17. dubna 1963	6
19. března 1969	16. dubna 1969	5
2. dubna 1958	23. dubna 1958	4
16. května 1962	6. června 1962	4
1. dubna 1970	22. dubna 1970	4

Extrémní stavy a rozkolísanost hladiny podzemní vody

K význačným charakteristikám režimu podzemních vod náleží i extrémní stavy, tj. nejvyšší a nejnižší hloubka hladiny podzemní vody buďto za celé pozorovací období (absolutní mezní stavy), nebo za kratší časový úsek, zpravidla jeden rok a její rozkolísanost. Extrémní stavy ukazují na to, jak vysoko asi může hladina vystoupit, popřípadě poklesnout, kdežto míra její rozkolísanosti vyjadřuje změny mocnosti zvodněné vrstvy.

Při týdenních intervalech pozorování hladiny podzemní vody se mohou zaznamenat extrémní stavy lišit od skutečných, neboť zvláště maximální úrovně trvají někdy poměrně krátkou dobu a nemusí se tedy vyskytovat právě v době, kdy se provádí měření hloubky hladiny vody v objektu. Největší rozdíly mezi zjištěnými a skutečnými extrémními stavy hladin se vyskytují právě v pozorovacích objektech v údolních nivách a nízkých terasách, kde se projevuje vliv povrchových toků.

Absolutně nejnižší a nejvyšší stavy hladin podzemních vod zjištěné ve vybraných pozorovacích objektech jsou v tabulce 8.

Tab. 8. Absolutní nejvyšší a nejnižší stavy hladin podzemních vod ve vybraných pozorovacích objektech

Pozorovací objekt	Nejvyšší stav hladiny podzemní vody			Nejnižší stav hladiny podzemní vody		
	Datum	cm	m n. m.	Datum	cm	m n. m.
Mankovice 135	31. 3. 1965	10	260,64	17. 12. 1969	290	257,84
HP 152 S 2	24. 3. 1965	65	256,53	27. 12. 1961	259	254,59
HP 152 S 8	12. 6. 1968	0	255,52	7. 11. 1962	235	253,17
HP 152 S 10	24. 3. 1965	63	256,67	14. 11. 1962	305	254,25
Bernartice n. O. 44	17.—24. 3. 1965	0	255,46	10. 12. 1969	247	252,99
Bernartice n. O. 123	17.—24. 3. 1965	0	254,76	31. 12. 1969	210	252,66
Suchdol n. O. 122	12. 8. 1970	15	251,79	13. 10. 1971	175	250,19

Z tabulky je patrné, že absolutně nejnižší stavy se vyskytovaly výlučně v podzemních nebo zimních měsících, kdežto nejvyšší stavy byly jak v jarních, tak i v letních měsících. Podobně i v jednotlivých rocích minimální stavy připadají ve směr na podzimní a zimní období a maximální stavy nejčastěji na jarní a méně často i na letní měsíce.

Rozdíl mezi nejvyšším stavem hladiny podzemní vody, tj. rozkvy, není sice přímo mírou variability, avšak v praxi je často používán pro poměrně snadný způsob stanovení při přibližném hodnocení rozkolísanosti hladiny podzemní vody. Vzhledem k tomu, že velikost tohoto rozkvy variacních rozpětí je určena pouze mezními hodnotami, které se vyskytují poměrně vzácně a jejichž zjištění nemusí být vždy zcela spolehlivé, zejména u minimálních stavů, navrhl R. Netopil (1964), aby se místo extrémních stavů používaly hodnoty překročené krajními 10 %. V tomto případě se pak míra rozkolísanosti vyjadřuje jako rozdíl mezi $H_{10\%}$ a $H_{90\%}$ nebo se vypočítá ze vzorce:

$$r = \frac{H_{10\%} - H_{90\%}}{H} \cdot 100, \quad (3)$$

kde r = míra rozkolísanosti,

kder

$H_{10\%}$ = úroveň hladiny překročená po dobu 10 % dní v roce,

$H_{90\%}$ = úroveň hladiny překročená po dobu 90 % dní v roce,

H = průměrná mocnost zvodněné vrstvy.

Jednotlivé míry rozkolísanosti hladiny podzemní vody ve vybraných pozorovacích objektech jsou v tabulce 9. Při vzájemném srovnání jednotlivých ukazatelů rozkolísanosti hladiny lze zjistit, že není mezi nimi podstatný rozdíl. Je-li rozkvy hladiny podzemní vody v některém objektu poměrně velký, pak i ostatní míry ukazují na značnou rozkolísanost hladiny.

Tab. 9. Charakteristiky rozkolísanosti hladiny podzemní vody ve vybraných pozorovacích objektech

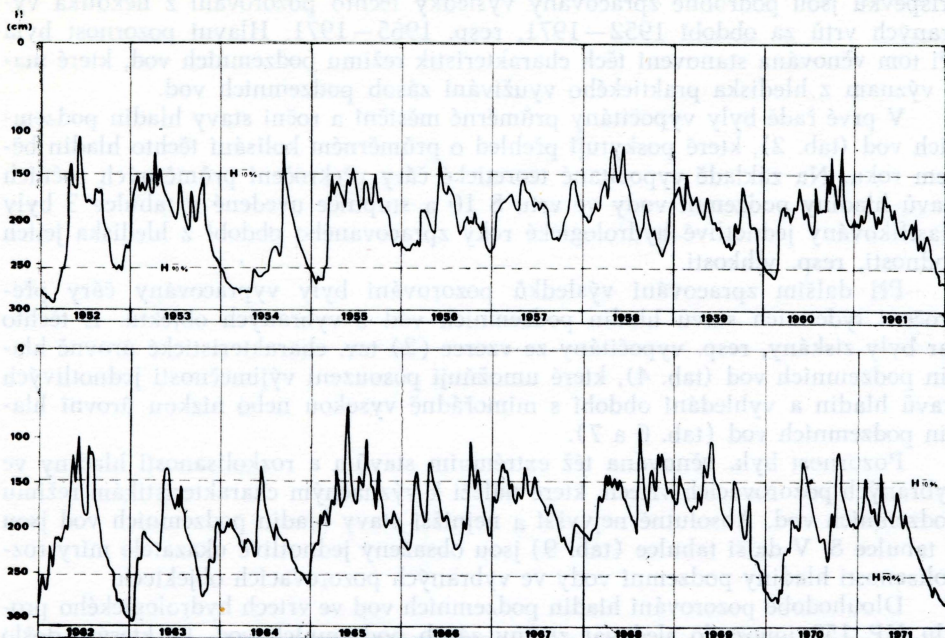
Pozorovací objekt	Průměrná mocnost zvodněné vrstvy [m]	Rozkvy [m]	Rozdíl mezi $H_{10\%}$ a $H_{90\%}$ [m]	r [%]
Mankovice 135	2,91	2,80	1,10	37,8
HP 152 S 2	4,44	1,94	0,71	16,0
HP 152 S 8	5,29	2,35	0,96	18,1
HP 152 S 10	4,93	2,42	1,06	21,5
Bernartice n. O. 44	4,07	2,47	1,35	33,2
Bernartice n. O. 123	4,63	2,10	1,02	22,0
Suchdol n. O. 122	4,02	1,60	0,72	17,9

Dlouhodobé změny hladiny podzemní vody

Zásoby podzemní vody v určitém území kolísají v závislosti na vlivu klimatických prvků a činitelů, zejména srážek, ale i na zásazích člověka, a to jak během roku, tak i delšího časového období, což se projevuje změnami výškové polohy hladiny. Časový průběh těchto změn je možno nejlépe sledovat z čar průběhu hladiny, které se vypracují na základě sledování hladiny v pozorovacích objektech. Nejčastěji se používá čar týdenních stavů hladiny podzemní vody, neboť dlouhodobá pozorování se provádějí vesměs v týdenních intervalech.

Na základě výsledků pozorování byla vypracována čára týdenních stavů hladiny podzemní vody ve vrtu S 10 hydrologického profilu HP 152, a to za období 1952–1971 (obr. 5). V grafu jsou pro srovnání vyznačeny i některé významné charakteristické úrovně hladiny, které byly získány statistickým zpracováním tý-

denních stavů hladiny z tohoto objektu. Jde o dolní hranici označující mimořádně vysoké úrovně ($H_{16\%}$) a dále pak úroveň překročenou 90 % dní v roce ($H_{90\%}$), čili horní mez mimořádně nízkých úrovní.



5. Průběh týdenních stavů hladiny podzemní vody v pozorovacím vrtu S 10 hydrologického profilu HP 152 za období 1952—1971.

Z průběhu týdenních stavů hladiny podzemní vody v pozorovacím objektu S 10 je patrné, že zásoby mělkých podzemních vod v kvartérních fluvialních uloženinách řeky Odry se doplňují převážně při tání sněhové pokrývky a ze spadlých srážek v jarních měsících, kdy také hladiny podzemní vody dosahují zpravidla nejvyšších ročních stavů. Další doplňování zásob, které je možno pozorovat v letních měsících, je vesměs nižší než na jaře. Výjimkou jsou některé roky (1954, 1966 a 1968), kdy v důsledku malého množství srážek v zimním i jarním období nebylo zvýšení hladin na jaře tak výrazné a zásoby podzemních vod se ve větší míře doplňovaly až během letního období.

V podzimních měsících se většinou zásoby podzemních vod postupně zmenšují. Pokles pokračuje zpravidla i v zimním období, kdy se nejčastěji vyskytují i minimální roční stavy hladin podzemních vod. V některých rocích (1952, 1957, 1958 a 1963) byly nejnížší stavy hladin zaznamenány koncem letního nebo počátkem podzimního období, kdežto během druhé poloviny podzimního období a v zimních měsících se již zásoby podzemních vod postupně doplňovaly.

Závěr

V údolí řeky Odry mezi Mankovicemi, Suchdolem a Bernarticemi nad Odrou byly zjištěny poměrně velké zásoby mělkých podzemních vod v kvartérních fluvialních sedimentech. Podzemní voda je v tomto území již jímána pro zásobo-

vání Nového Jičína a celkové zhodnocení jeho poměrů bylo předmětem několika hydrogeologických průzkumů, zejména v letech 1968—1971. Kromě toho se v této oblasti provádí dlouhodobá pozorování podzemních vod ve 24 vrtech. V tomto příspěvku jsou podrobně zpracovány výsledky těchto pozorování z několika vybraných vrtů za období 1952—1971, resp. 1965—1971. Hlavní pozornost byla při tom věnována stanovení těch charakteristik režimu podzemních vod, které mají význam z hlediska praktického využívání zásob podzemních vod.

V první řadě byly vypočítány průměrné měsíční a roční stavy hladin podzemních vod (tab. 2), které poskytují přehled o průměrném kolísání těchto hladin během roku. Na základě vypočítané teoretické čáry překročení průměrných ročních stavů hladiny podzemní vody ve vrtu S 10 a stupnice uvedené v tabulce 3 byly klasifikovány jednotlivé hydrologické roky zpracovaného období z hlediska jejich vodnosti, resp. vlhkosti.

Při dalším zpracování výsledků pozorování byly vypracovány čáry překročení týdenních stavů hladin podzemních vod z vybraných objektů. Z těchto čar byly získány, resp. vypočítány ze vzorce (2) tzv. charakteristické úrovně hladin podzemních vod (tab. 4), které umožňují posouzení výjimečnosti jednotlivých stavů hladin a vyhledání období s mimořádně vysokou nebo nízkou úrovní hladin podzemních vod (tab. 6 a 7).

Pozornost byla věnována též extrémním stavům a rozkolísanosti hladiny ve vybraných pozorovacích vrtech, které náleží k význačným charakteristikám režimu podzemních vod. Absolutně nejvyšší a nejnižší stavy hladin podzemních vod jsou v tabulce 8. V další tabulce (tab. 9) jsou obsaženy jednotlivé ukazatele míry rozkolísanosti hladiny podzemní vody ve vybraných pozorovacích objektech.

Dlouhodobé pozorování hladin podzemních vod ve vrtech hydrologického profilu HP 152 umožnilo sledovat změny zásob podzemních vod, ke kterým došlo v této oblasti během období 1952—1971. Na základě čáry průběhu týdenních stavů hladiny ve vrtu S 10 byl proveden rozbor kolísání hladiny podzemní vody v jednotlivých rocích tohoto období.

Literatura

- KOTOUČKOVÁ M. (1961): Charakteristické úrovně hladiny podzemní vody v profilu HP 151 Mankovice. Diplomová práce UJEP Brno.
- KŘÍŽOVÁ I. (1961): Charakteristické úrovně hladiny podzemní vody v profilu HP 152 Mankovice. Diplomová práce UJEP Brno.
- NETOPIĚL R. (1959): Režim podzemní vody na území profilu PHP 4 Horní Moštěnice. Práce Brněnské základny ČSAV 31.9(396): Brno.
- NETOPIĚL R. (1964): K problému hydrologického ražování území ČSSR podle režimu podzemních vod. Sborník Československé společnosti zeměpisné 69:1:7—20. ČSAV Praha.
- ŠTEFAN V. (1972): Kvartérní fluvialní uložení řeky Odry a částí jejich přítoků. Zpráva o regionálním hydrologickém průzkumu. Rukopis. Geofond Praha.
- TYRÁČEK J. (1961): Vysvětlivky k základní geologické mapě čtvrtihorních pokryvných útvarů 1:25 000 — list Odry — M-33-96-B-a. Ústřední ústav geologický Praha.

Summary

GROUNDWATER REGIME IN THE Odra RIVER VALLEY BETWEEN MANKOVICE, SUCHDOL, JESENÍK AND BERNARTICE NAD ODROU

In the Odra River Valley between Mankovice, Suchdol, Jeseník and Bernartice nad Odrou has been found out a relatively large shallow groundwater storage in quaternary fluvial sediments. Groundwater has been taken from there already for the water-

-supply of Nový Jičín town and their general evaluation was the object of several hydrogeological investigations, especially in the years 1968—1971. Besides that, a long-term observation of groundwater is being conducted in the area in 24 wells. This contribution brings a detailed processing of results of these observations in a few selected wells in the period 1952—1971 and 1965—1971. The main attention has been paid to the establishment of those characteristic features of the groundwater regime which are relevant from the point of view of the practical use of groundwater storage.

First of all, monthly and annual average groundwater levels were calculated (Tab. 2). The give a review of the average fluctuation of these levels throughout the year. On the basis of the calculated theoretical exceed line of the annual average groundwater levels in the observation well S 10 (Fig. 3) and of the scale in Tab. 3 was done the classification of the individual hydrological years of the processed period from the viewpoint of their water yield or humidity.

In a longer processing of the results of observations were worked out exceed lines of weekly groundwater levels from selected objects (Fig. 4). From these lines were obtained or calculated from formula (2) the so-called characteristic groundwater levels (Tab. 4) which enable the assessment of the exceptionality of the individual groundwater levels and a searching for a period with an extraordinarily high or low groundwater level (Tabs. 6 and 7).

Attention has been also paid to the extreme levels and to the fluctuation of levels in some selected observation wells, which belong to the outstanding characteristics of the groundwater regime. The absolutely highest and lowest groundwater levels are contained in Tab. 8. Another table (Tab. 9) shows the individual indices of the rate of fluctuation of groundwater levels in the selected observation objects.

The long-term observation of groundwater levels in wells of the hydrological profile HP 152 has enabled to observe the changes of groundwater storage which appeared in this region during the period of years 1952—1971. On the basis of the course of weekly groundwater levels in the well S 10 (Fig. 5) has been done an analysis of the fluctuation of groundwater storage in the individual years of this period.

Explanation to the figures:

Fig. 1. Situation of observation and intake wells of the Hydrometeorological Institute Bernartice nad Odrou No. 44.

Fig. 2. Course of average monthly groundwater levels in selected observation wells.

Fig. 3. Theoretical exceed line of the average annual groundwater levels in the observation well S 10 of the hydrological profile HP 152 for the period 1952—1971.

Fig. 4. Empiric exceed line of weekly groundwater levels in the observation well S 10 for the period 1952—1971.

Fig. 5. Course of weekly groundwater levels in observation well S 10 of the hydrological profile HP 152 for the period 1952—1971.

To the photos (plates):

1. Observation well of the hydrological profile HP 152 Mankovice.

2. Flood plain of the Odra river on the high water stage. (Photos by H. Kříž.)



1. vystupování mělké podzemní vody na povrch údolní nivy Odry za vysokých vodních stavů v toku.
(Foto H. Kříž)

2. Pozorovací vrt hydrologického profilu HP 152 Mankovice. (Foto H. Kříž)