

ROSTISLAV NETOPIL, JOSEF TARABA

ZMĚNY V REŽIMU PODZEMNÍ VODY V ÚDOLÍ DYJE U NOVÝCH MLÝNŮ

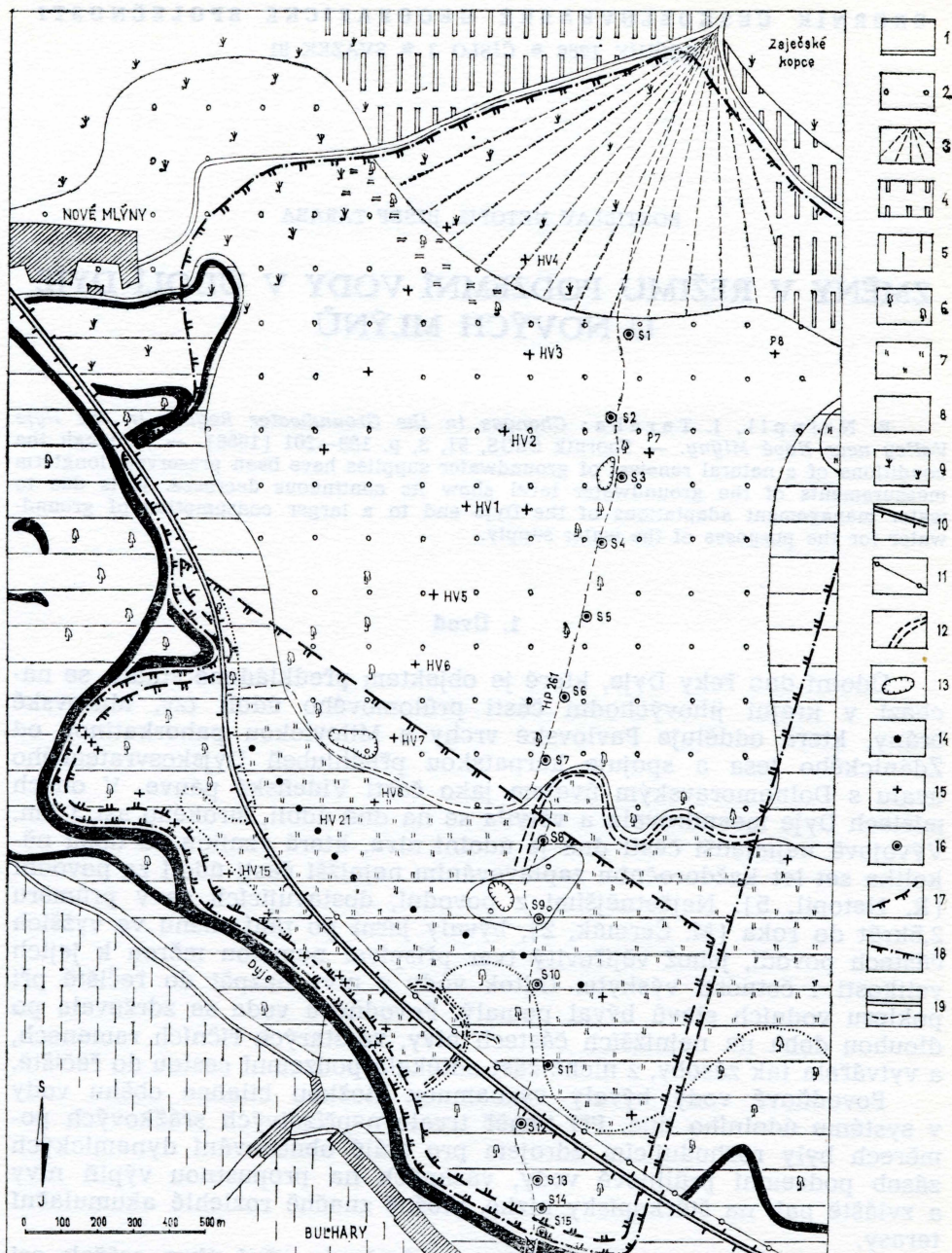
R. Netopil, J. Taraba: *Changes in the Groundwater Regime in the Dyje Valley near Nové Mlýny*. — Sborník ČSGS, 91, 3, p. 189—201 [1986]. — Although the conditions of a natural renewal of groundwater supplies have been preserved, longterm measurements of the groundwater level show its continuous decrease. It is due to water management adaptations of the Dyje and to a larger consumption of groundwater for the purposes of the water supply.

1. Úvod

Údolní dno řeky Dyje, které je objektem předkládané studie, se nachází v krajní jihovýchodní části průlomového údolí tzv. Mušovské brány, která odděluje Pavlovské vrchy s Milovickou pahorkatinou od Ždánického lesa a spojuje karpatskou předhlubeň Dyjskosvrateckého úvalu s Dolnomoravským úvalem jako částí Vídeňské pánve. V oněch místech Dyje meandrovala a větvila se na dně údolí, širokého asi 3 km. Vývojově nejmladší částí dna je údolní niva, která vznikla za dobu několika set let každoročním zaplavováním nejnižší části údolí za povodní (R. Netopil, 5). Nejčtenějšími z povodní, dostavujících se v průměru 2,5krát do roka (M. Čermák, 2), bývaly jarní po tání sněhu ve vyšších částech povodí, jehož vějířovitý tvar přispíval nemalou měrou k jejich velikosti i četnosti výskytu. Odtok vody z nivy nazpět do řečiště při poklesu vodních stavů býval pomalý. Povodňová voda se zdržovala po dlouhou dobu na nejnižších částech nivy, ve starých říčních ramenech, a vytvářela tak zásoby, z nichž část odtékala podzemní cestou do řečiště.

Povodňové vody bývaly významnou složkou bilance oběhu vody v systému údolního dna. Při téměř trvale nepříznivých srážkových poměrech byly rozhodujícím zdrojem pro stálé obnovování dynamických zásob podzemní průlinové vody, vázaných na propustnou výplň nivy a zvláště pak na štěrkopísky nízké, plošně značně rozlehlé akumulací terasy.

Na studovaném území dosahuje průměrný roční úhrn srážek asi 550 mm (v okolí místy i méně), takže při výparu z volné hladiny přes 800 mm za rok v průměru činí deficit vláhy asi 300 mm. Z toho vyplývá, že podíl srážek na doplňování zásob podzemní vody v nivě i v terase je nepatrný (výška odtoku v průměru jen asi 50 mm za rok), jak o tom svědčí i velmi nepatrné zvodnění vyšších štěrkopísčitých akumulací teras v nejbližším okolí (R. Netopil, 4).



Obr. 1. Situace pozorovacích objektů profilu HP 261 a jímacích studní v přírodním prostředí údolního dna Dyje, ovlivněném vodohospodářskými úpravami. Vysvětlivky: 1 – údolní niva, 2 – akumulační říční terasa, 3 – náplavový kužel, 4 – kryoplanační plošina, 5 – sprašový pokryv, 6 – lužní les, stromová alej, 7 – louky, 8 – orná pole, 9 – sady, 10 – protipovodňová hráz, 11 – svodný příkop se studnami, 12 – suchá stará říční ramena, 13 – štěrkovny, 14 – jímací studny, 15 – hydrogeologické vrty, 16 – pozorovací objekty HP 261, 17 – hranice vnitřní části ochranného pásma 2. stupně, 18 – hranice vnější části ochranného pásma 2. stupně, 19 – silnice, polní cesta.

Uvedené přírodní podmínky pro nepřetržitě probíhající oběh vody v systému údolního dna byly významně pozměněny po provedených vodohospodářských úpravách řeky Dyje, započatých v roce 1968 a ukončených v rozsahu studovaného území v roce 1972. Hlavním cílem komplexní úpravy odtokových poměrů Dyje bylo zabránit rozsáhlým rozlivům vody za povodní, především v celém rozsahu levobřežní části nivy a nižších částí terasy, na níž docházelo i k podmáčení černozemních půd, omezit jarní rozlivy velkých povodní i po dobudování nádrží v okolí blízkých Pavlovských vrchů (Nové Mlýny) jen na menší pravobřežní části nivy, kde převládají lužní lesy, a umožnit tak přeměnu luk na ornou půdu ve snaze racionálnějšího využití její přirozené úrodnosti. Toho bylo možno dosáhnout jen úpravou řečiště a jeho ohrázením, vyhloubením svodného příkopu včetně studní podél vnější strany levobřežní hráze (obr. 1) a přečerpávacích stanic a výstavbou jezu u Bulhar, jehož manipulací je možné řídit zátopy v pravobřežní části nivy a v nutných případech v levobřežní části tzv. přítluckého poldru. Dalším z hlavních cílů bylo zabezpečit uvedenými stavbami stabilizaci režimu podzemních vod, která by umožnila jejich jímání pro zásobování okolních sídel pitnou vodou. Blížší údaje o vodohospodářské výstavbě a zhodnocení úprav hydrologických poměrů, především odtokových, přináší práce S. Pavlíka, A. Hrabala a kol. (7).

O dříve provedených vodohospodářských úpravách na nivě, které mohly lokálně pozměnit režim podzemní vody, a o vlivu nádrží na průtoky Dyje není třeba uvažovat, neboť výsledky měření výkyvů hladiny podzemní vody v údolním dně jsou k dispozici teprve od roku 1952.

Další významné změny v oběhu podzemní vody nivy nastaly po uvedení řady jímacích studní do provozu v roce 1972 v nivě (obr. 1), jimiž se odebírá nepřetržitě 30 až 40 l.s⁻¹ průlinové podzemní vody.

Cílem předkládané práce bylo prokázat změny režimu podzemní vody v rozsahu celého údolního dna, stanovit jejich příčiny a posoudit vliv na vodárenské využívání podzemní vody údolní nivy, která je pro tyto účely nejvhodnějším místem.

2. Hydrogeologické poměry údolí Dyje

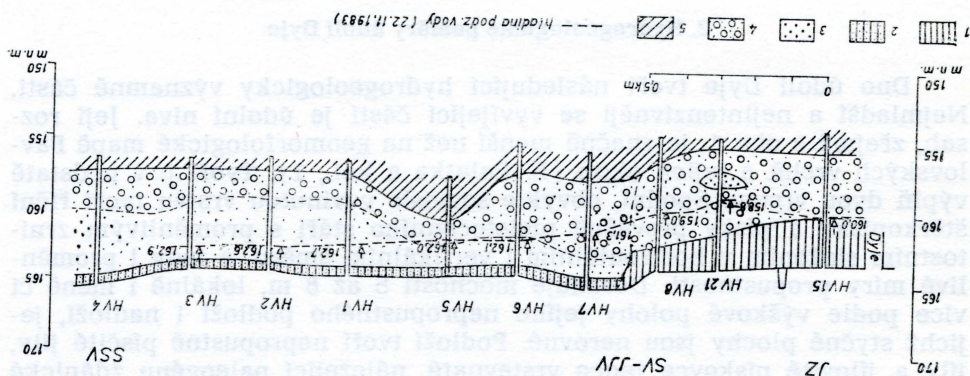
Dno údolí Dyje tvoří následující hydrogeologicky významné části. Nejmladší a nejintenzivněji se vyvíjející částí je údolní niva. Její rozsah, zřejmý z obr. 1, je značně menší než na geomorfologické mapě Pavlovských vrchů a jejich okolí (B. Balatka a kol., 1). Tvoří ji v podstatě výplň dvou vrstev. Spodní, obvykle souvisle vyvinutou vrstvu tvoří říční štěrkokopysky a pisky převážně pleistocenního stáří s proměnlivým zrnitostním složením v horizontálním i vertikálním směru, a tedy i proměnlivé míry propustnosti. Dosahuje mocnosti 5 až 8 m, lokálně i méně či více podle výškové polohy jejího nepropustného podloží i nadloží, jejichž styčné plochy jsou nerovné. Podloží tvoří nepropustné písčité jíly, jíly a jílovité pískovce tence vrstevnaté, náležející paleogénu ždánické série flyše. Svrchní vrstva nivy je z mladých, převážně historických až recentních (R. Netopil, 4, 5) jemnozrnných usazenin, zastoupených poněkud více hlínami jílovitými a písčitými, které se usadily v rozsahu inundací z kalu povodňových vod. Jsou rozšířeny v proměnlivé mocnosti do 2 až 3 m téměř souvisle v celém rozsahu nivy. Na okraji a lokálně i uvnitř

nivy nad ně vystupují nebo jsou překryty jen jejich slabou vrstvou zmíněné šterky a písky. Jeví se málo až velmi málo propustnými, takže tvoří přirozený ochranný kryt vrstvě šterkopísků a písků, která je zvodněna (viz též Z. Kouřil, J. Prokop, 3).

Řečiště Dyje a stará říční ramena a zákruty byly zahloubeny do svrchní části vrstvy šterkopísků. Byla tedy zvedně nivy v hydraulické spojitosti s vodou v Dyji po celé délce jejího toku.

Druhou částí údolního dna je plošně dosti rozlehlá nízká akumulací říční terasa, budovaná ze šterkopísčitého souvrství geneticky i stářím shodného se šterkopísčitou výplní nivy. To je překryto jen 40 až 60 cm mocnou vrstvou černozemní půdy, místy promíchané i větším množstvím valounů a šterčíku. Někde přechází v povrch nivy pozvolna, jinde zřetelným krátkým svahem (jižní okraj). Její rozšíření (obr. 1) prokazují jednak výsledky vrtných prací a jednak rozšíření černozemních půd, výrazně se lišících lehčí strukturou a tmavším zabarvením od hnědých těžších hlinitých půd nivních. Podloží terasy tvoří stejné horniny a leží ve stejné úrovni jako podloží šterkopísčité výplně nivy (obr. 2). Mocnost šterkopísků však je o 2 až 4 m větší. Zvodeň vyvinutá v celém jejím rozsahu je poněkud mocnější a má hladinu trvale volnou, na rozdíl od hladiny napjaté v rozsahu nivy. V celém rozsahu má hydraulickou spojitost se zvodní nivy. V době povodní, kdy bývala niva zaplavena až po okraj terasy, mohla povodňová voda infiltrovat po celém obvodu terasy do jejích šterkopísků a zvětšovat tak významně zásoby podzemní vody ve velké části údolního dna.

Plochý povrch terasy ve výšce 164,5 až 165,4 m přechází v severní části v mírně ukloněný povrch kryoplanáčnické plošiny, souvisle vyvinuté na jižním úpatí Zaječských kopců, na níž je při vyústění údolního zářezu nasazen dosti rozlehlý náplavový kužel z hlinitých písků a písčitých hlín. Jemnozrnné, málo propustné zvětralinou transportované po obou tvarech zčásti překrývají nebo pronikají do šterkopísků terasy. V jihozápadní okrajové části kužele zabraňují soustředěnému odtoku podzem-



Obr. 2. Struktura údolního dna v rozsahu terasy a nivy. Situace vrtů HV na obr. 1. Vysvětlivky: 1 — jílovité, jílovitopísčité hlíny údolní nivy, 2 — černozemní půda terasy, 3 — písky terasy, 4 — šterkopísky terasy a nivy, 5 — jíly a jílovité písky flyše.

ní vody z okolního vyššího terénu do terasy což vede k trvalému zamokření až zabahnění jejího povrchu. Jinak jsou oba útvary hydrogeologicky nevýznamné.

Po výstavbě pohyblivého jezu u Bulhar vznikla výšková odchylka v poloze hladiny Dyje v nadjezí a podjezí. Povrch terénu v levobřežní části nivy v nadjezí dosahuje výšky 163 až 164 m n. m., hladina řeky nad jezem při stálém nadržení 162,4 m, při průtoku stoleté vody 165,24 m, v podjezí při stálém nadržení a průtoku $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ výšky 159,5 až 159,9 m a při uvedeném maximálním průtoku 164,1 m n. m. (S. Pavlík, A. Hrabal a kol., 7). Výškový rozdíl hladiny Dyje je za stálého nadržení asi 3 m, za maximálního průtoku jen asi 1 m. Dno řečiště v upraveném i neupraveném úseku v nadjezí je zahlobbeno do šterkopísčitého souvrství nivy, takže hydraulická spojitost řeky se zvodní nivy nebyla přerušena. Hydraulické poměry v podjezí a v nadjezí až po jímací studnu č. 9 (obr. 1) jsou však za vysokých průtoků ovlivňovány funkcí svodného příkopu se studnami podél levobřežní ochranné hráze (obr. 1). Ta byla nasypána v úseku od jezu až po Nové Mlýny ve větší vzdálenosti od přirozeného, jen místy napřímeného řečiště Dyje, takže za povodní bývá levobřežní část nivy zaplavována až po hráz. Tato úprava je příznivá pro intenzivnější infiltraci říční vody do nivy v rozsahu řady jímacích studní.

Vodohospodářskými úpravami byly navozeny odlišné podmínky pro výměnu vody mezi řekou, zvodní nivy a zvodní terasy. Vyloučením záplav se likvidoval hlavní zdroj bezprostředního rozhojňování zásob podzemní vody především v terase, které se přímou infiltrací při zvýšení volné hladiny podzemní vody o 1 m mohly zvětšit o více než $0,5 \text{ mil. m}^3$.

V úseku nivy nad jezem se vytvořily podmínky pro stálou břehovou infiltraci, zvýrazněnou v dosahu hydraulického působení řady jímacích studní pro odběr pitné vody, jímž se každoročně odnímá téměř 1 mil. m^3 z obnovujících se zásob podzemní vody. V části nivy, kde je podél hráze svodný příkop se studnami, je velikost infiltrace povodňové vody omezena a v podjezí za průměrných a malých vodních stavů řečiště může působit drenážním účinkem.

3. Měření hladiny podzemní vody a zhodnocení období měření

Český hydrometeorologický ústav provádí již od roku 1953 měření hladiny podzemní vody v 15 objektech, jimiž jsou ocelové trubky (sondy) zapuštěné do svrchní části zvodně. Jsou rozmístěny podél polní cesty napříč levostrannou částí údolního dna a označeny jako profil HP 261. Z jejich rozmístění (obr. 1) je patrné, že objekty 1 až 7 jsou na linii probíhající paralelně s řečištěm Dyje na vzdálenost 900 až 1300 m, zbylé se pak postupně přibližují k řečišti až na vzdálenost necelých 2 m od břehu. Objekt 1 je v blízkosti okraje náplavového kužele na říční terase, na níž jsou i objekty 2 až 7. Sonda 8 je v blízkosti zcela zaneseného starého říčního ramene při jižním okraji terasy, sonda 9 na ostrůvkovitém zbytku terasy v blízkosti staré šterkovny, sondy 10 a 11 na nivě chráněné hrází a sondy 12 až 15 na nivě zaplavované za povodní až po hráz.

Měření hladiny v pozorovacích objektech se konalo pravidelně jednou týdně, a to ve středu. Naměřené hodnoty z dvaceti roků před dokončením vodohospodářských úprav a uvedením jímacího zařízení do

trvalého provozu a z jedenácti roků poté umožňují odvodit takové statistické charakteristiky řad stavů hladiny podzemní vody, které mohou prokázat případné změny jejich režimu. První období lze pokládat k postižení základních rysů režimu podzemní vody za dostatečně dlouhé, i když ne zcela reprezentativní, neboť nezachycuje roky s velkými a dlouho trvajícím povodněmi (1938—1941, zvláště poslední). Druhé období je poměrně krátké a též málo reprezentativní podle míry vodnosti Dyje v jednotlivých rocích i podle velikosti a trvání povodní. V období před rokem 1973 nelze pokládat údaje o maximálních stavech hladiny podzemní vody za objektivní, neboť v době zaplavení nivy byly některé sondy pod vodou. Totéž platí o maximech po roce 1972 v sondách 12 až 15.

Období 1973—1983 se jevílo podle ročních srážkových úhrnů jako suché. Podle procenta pravděpodobnosti překročení ročních srážek v Bulharech bylo 5 roků suchých, 2 mimořádně suché, 2 průměrně deštivé a jeden vlhký (576 mm). Průměrný roční úhrn za celé období dosáhl jen 467 mm. Podle toho lze předpokládat zmenšený přítok podzemní vody z okolního vyššího terénu do terasy a nivy, který však nemůže být po výraznější změny v režimu rozhodující.

Z hodnocení ročních průtoků Dyje v Dolních Věstonicích vyplynulo, že v období po roku 1972 se nevyskytl žádný rok mimořádně vodný, 3 roky byly vodné, 4 roky suché a 1 mimořádně suchý. Průměrný průtok za ono období $35,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dosáhl jen 86 % normálu. Tyto méně příznivé odtokové poměry pro infiltraci říční vody do zvodně nivy byly však omezeny udržováním vyšší hladiny Dyje v nadjezí za malých průtoků a vyšší hladinou za povodní v inundaci zúžené hrází.

4. Změny režimu podzemní vody

Výpočet statistických charakteristik řad týdenních stavů hladiny podzemní vody v pozorovacích objektech profilu HP 261 provedl J. Taraba (10), z období před rokem 1972 i J. Švanda (9) a B. Vágenerová (13).

V období po roce 1972 vystoupila hladina podzemní vody nad povrch nivy chráněné hrází jen na nejnižších místech s výškou pod 163,5 m. Souvisí to se zvýšenou infiltrací ze zaplavené části nivy po hráz. Za takových situací má hladina podzemní vody mírný sklon od hráze a severní části terasy k její střední části, přičemž deprese kolem jímacích studní se výrazněji neprojevuje. Svědčí o tom i podmáčení a zaplavení nivy infiltrující vodou v okolí krajních jímacích studní severozápadní části řadu, kam nedosahuje svodný příkop se studnami. V celém rozsahu terasy však nemůže dosáhnout hladina podzemní vody maximální polohy z období před rokem 1972. V období do roku 1972 klesla hladina podzemní vody v sondách profilu do minimální úrovně v podzimních měsících roku 1971, a to 2,08 až 2,80 m pod horní okraj sond (odměrný bod). V období od roku 1973 klesla na úroveň o 0,28 (sonda 1) až 1,0 m (sonda 9) níže, přičemž největší snížení minima souviselo s depresí v okolí jímacích studní. Vliv jímán se projevil i větším snížením minima v blízkosti Dyje (asi 0,5 m), kde se zesílila břehová infiltrace a proudění směrem k jímacím studnám.

V obou srovnávaných obdobích klesla hladina do nízké úrovně nejčastěji v podzimních měsících nebo koncem léta. Snížení minimálních úrovní v blízkosti řeky i v severní části říční terasy svědčí o zmenšování

zásob podzemní vody nejen odběry, ale i ochuzením rozhojňování jejich zásob při proudění ve směru celkového sklonu údolního dna.

Ze statistických hodnot polohy řady týdenních stavů hladiny podzemní vody obou období nejsou medián a modus ovlivněny nedostatky měření maxim za povodí. Jejich odchylky uvádí tab. 1, kde najdeme i nadmořské výšky odměrných bodů sond měrného profilu a výšky povrchu terénu v místě jejich situace.

Odchylky hodnot mediánu jsou výrazné v celém rozsahu údolního dna. Snížení jejich polohy dosáhlo 0,63 až 1,89 m. Menší je v blízkosti řečiště Dyje a v severní okrajové části terasy a postupně se zvětšuje k linii jámacích studní. Podobně se projevuje i snížení modálních úrovní, které dosáhlo 0,48 až 2,38 m, přičemž nejvyšších hodnot dosáhlo opět v dosahu působení deprese kolem jámacích studní.

Velmi dobře může prokázat trvalé změny ve výškové poloze hladiny podzemní vody rozložení četnosti výskytu týdenních stavů posuzované podle čar překročení. Jejich odlišný průběh mohou prokázat odchylky v úrovních překročených 10, 40, 60 a 90 %, známé pod označením charakteristické úrovně (R. Netopil, 6). Jsou uvedeny v tab. 1 a v tab. 2 a vyplývají z nich následující poznatky.

Hladina podzemní vody za kterékoli z charakteristických úrovní se snižuje od severního okraje terasy a od řečiště Dyje k jižní části terasy. Prokazuje se tím trvalý slabý přítok vody z okolního vyššího terénu přes náplavový kužel a trvalý přítok vody břehovou infiltrací z Dyje. Rozdíly v poloze hladiny v profilu byly menší za dosažení úrovně překročené 10 % (0,4 až 0,7 m), větší za úrovně překročené 90 % (1,0 až 1,2 m). Za dosažení úrovně překročené 10 % (mimořádně vysoké) byla hladina na nejnižších částech nivy jen 0,1 až 0,3 m pod povrchem terénu, v severní části terasy jen 0,5 až 0,7 m (v místech sond).

Po roce 1972 byly všechny charakteristické úrovně nižší. U úrovně překročené 10 % dosáhlo snížení na kótu 162,9 až 162,2 m a bylo zvý-

Tab. 1
Odchylky statistických charakteristik řad týdenních stavů hladiny podzemní vody období 1953—1972 a 1973—1983 v pozorovacích objektech profilu HP 261

Číslo sondy HP 261	Odměrný bod m n. m.	Povrch terénu m n. m.	O d c h y l k y						
			Medián	Modus	H ₁₀ %	H ₄₀ %	H ₆₀ %	H ₉₀ %	Minimum
			— cm	— cm	— cm	— cm	— cm	— cm	— cm
1	164,66	164,3	63	96	88	67	61	47	
2	164,09	163,4	82	134	116	94	79	60	
3	164,08	163,4	100	62	137	110	91	66	50
4	163,96	163,4	105	85	134	119	98	76	
5	163,90	163,4	112	83	130	120	104	87	
6	163,88	163,5	118	132	127	125	112	97	82
7	164,04	163,6	135	164	129	141	130	114	
8	163,70	163,3	158	204	131	161	160	126	
9	163,74	163,3	179	238	133	178	183	144	100
10	163,75	163,2	164	217	118	166	164	130	
11	163,54	163,0	149	195	103	160	144	115	
12	163,69	163,2	132	177	77	141	124	100	36
13	163,85	163,5	99	117	82	111	94	57	
14	164,18	163,8	80	74	77	88	72	60	46
15	164,71	164,2	70	48	74	73	57	62	

Tab. 2

Statistické charakteristiky řad týdenních stavů hladiny podzemní vody v sondách profilu HP 261 v období 1953—1972 v nadmořských výškách.

Sonda číslo	Medián	Modus	H ₁₀ %	H ₄₀ %	H ₆₀ %	H ₉₀ %	H _{min}
1	163,17	163,37	163,75	163,30	163,08	162,72	162,38
2	163,02	163,38	163,68	163,18	162,89	162,48	
3	162,91	162,39	163,65	163,08	162,75	162,30	162,00
4	162,85	162,45	163,57	163,02	162,71	162,27	
5	162,80	162,51	163,49	162,95	162,66	162,25	
6	162,75	162,57	163,41	162,89	162,62	162,22	161,90
7	162,61	162,59	163,30	162,77	162,48	162,08	
8	162,42	162,61	163,15	162,60	162,29	161,77	
9	162,29	162,63	163,03	162,48	162,14	161,62	161,14
10	162,30	162,55	163,06	169,49	162,14	161,61	
11	162,31	162,45	163,09	162,50	162,13	161,60	
12	162,31	162,39	163,13	162,51	162,13	161,59	160,89
13	162,52	162,44	163,27	162,73	162,41	161,78	
14	162,73	162,47	163,37	162,88	162,60	162,26	161,80
15	162,85	162,48	163,42	162,96	162,70	162,55	

razněno v dosahu deprese jímacích studní asi o 0,5 m (sonda 9). V severní části terasy, kam deprese nezasahují, dosáhlo 0,9 až 1,3 m, bylo tam tedy výrazné. Nejmenší bylo v blízkosti řečiště Dyje, a to 0,75 až 0,80 m (vliv zaplavování po hráz).

Hladina podzemní vody za dosažení úrovně překročené 40 a 60 % byla na severním okraji terasy nižší o 0,6 až 1,0 m, v dosahu depresí studní až o 1,8 m, v blízkosti Dyje o 0,6 až 0,7 m.

Snížení úrovně překročené 90 % bylo v celém měrném profilu poměrně menší. Největší bylo 1,44 m v dosahu deprese (sonda 9), v blízkosti Dyje a v severní části terasy dosáhlo asi 0,6 m.

Při dosažení úrovně překročené 10 % je hladina podzemní vody v celém rozsahu terasy volná, v rozsahu nivy jen na místech s malou mocností krycí vrstvy zvodně, jinde je napjatá. Při poklesu do úrovně překročené 90 % je volná v celém rozsahu terasy i na velké části nivy. Vzniká v ní volný prostor k pozdějšímu doplnění zásob podzemní vody infiltrací z Dyje a ze zaplavené části nivy, kde může být hladina povodňové vody o 2,0 až 2,5 m výše než je hladina podzemní vody i při dosažení úrovně překročené 10 %.

Z řad týdenních hodnot úrovní hladiny podzemní vody je možné posoudit i změny její variability. Pro zmíněné nedostatky v měření maximálních úrovní v období do roku 1972 k tomu nelze použít náhradního součinitele variace podle M. Sommra (8), a to pro možné chyby ve výpočtu směrodatné odchylky. Proto používáme jako nejvhodnější míry variability decilové odchylky, která je součtem odchylek mezi jednotlivými decily a udává míru v absolutních hodnotách, což je pro vodárenské účely vhodnější. Hodnoty decilové odchylky v tab. 3 ukazují, že v rozsahu severní části terasy, neovlivňované vodárenskými odběry ani změnami vodních stavů Dyje, se variace hladiny podzemní vody zmenšila dosti výrazně. Méně se zmenšila v blízkosti Dyje, avšak zvětšila se v dosahu jímacích studní. Vyplývá z toho, že došlo ke stabilizaci hladiny podzemní vody při jejím celkovém snížení, pokud nejde o části území ovlivňované přímo odběry studnami.

Tab. 3

Decilové odchylky jako míry variability týdenních stavů hladiny podzemní vody v období 1953—1972 a 1973—1983 v pozorovacích objektech profilu HP 261.

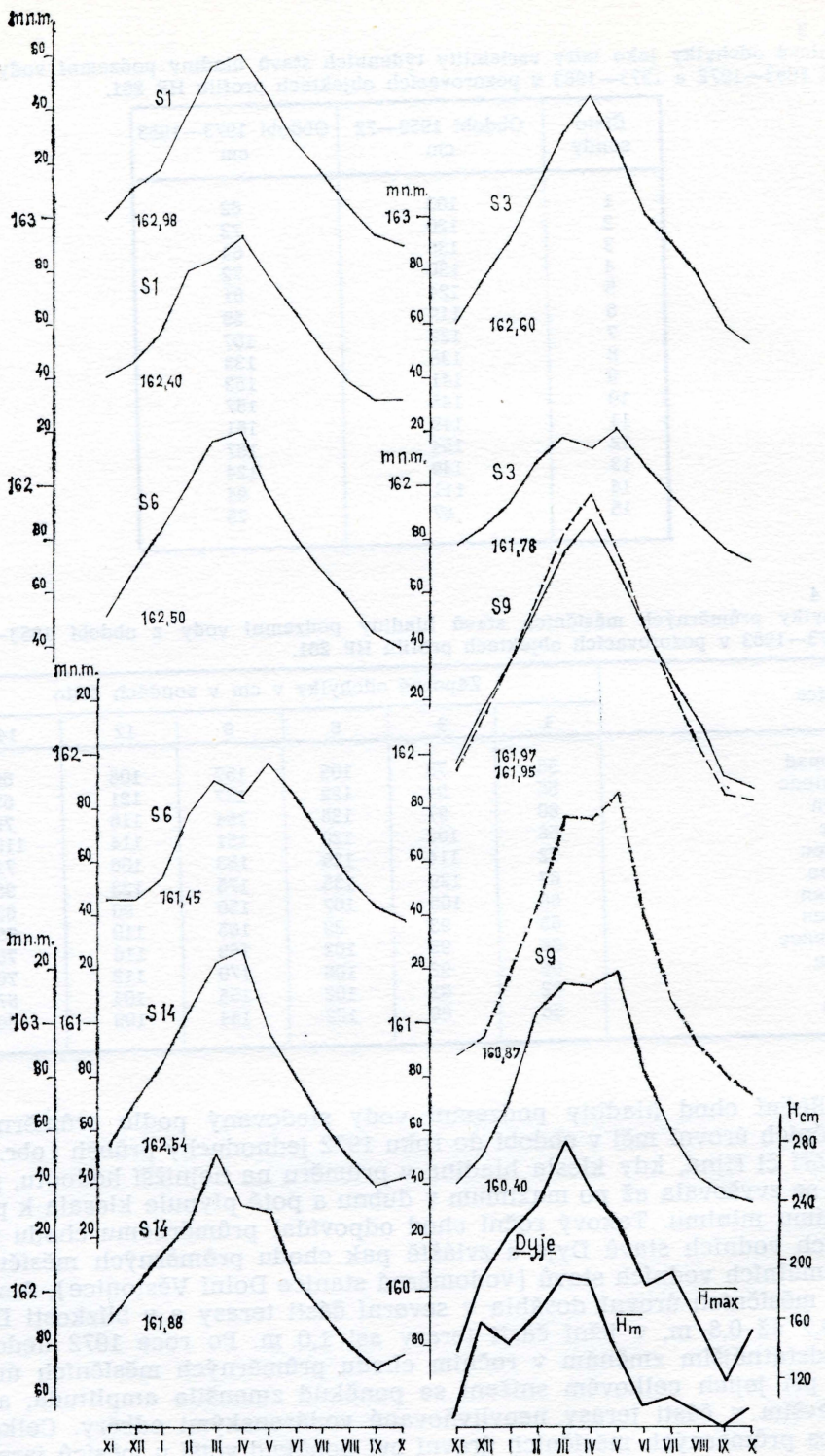
Číslo sondy	Období 1953—72 cm	Období 1973—1983 cm
1	103	62
2	120	72
3	135	64
4	130	72
5	124	81
6	119	89
7	122	107
8	138	133
9	141	152
10	145	157
11	149	161
12	154	167
13	149	124
14	111	94
15	87	75

Tab. 4

Odchylky průměrných měsíčních stavů hladiny podzemní vody z období 1953—1972 a 1973—1983 v pozorovacích objektech profilu HP 261.

Měsíce	Záporné odchylky v cm v sondách číslo					
	1	3	6	9	12	14
listopad	58	73	105	157	108	66
prosinec	55	94	122	167	121	69
leden	60	97	128	164	116	70
únor	58	102	120	151	114	119
březen	72	114	126	163	106	71
duben	67	129	135	175	123	96
květen	68	105	107	150	90	63
červen	63	93	99	165	110	75
červenec	68	95	102	169	116	70
srpen	66	92	106	170	112	70
září	62	82	102	155	104	67
říjen	58	80	102	154	109	66

Roční chod hladiny podzemní vody sledovaný podle průměrných měsíčních úrovní měl v období do roku 1972 jednoduchý průběh (obr. 3). Od září či října, kdy klesla hladina v průměru na nejnižší hodnotu, plynule se zvyšovala až po maximum v dubnu a poté plynule klesala k podzimnímu minimu. Takový roční chod odpovídal průměrnému chodu měsíčních vodních stavů Dyje a zvláště pak chodu průměrných měsíčních maximálních vodních stavů (vodoměrná stanice Dolní Věstonice). Amplituda měsíčních úrovní dosáhla v severní části terasy a v blízkosti Dyje asi 0,7 až 0,8 m, v jižní části terasy asi 1,0 m. Po roce 1972 nedošlo k podstatnějším změnám v ročním chodu průměrných měsíčních úrovní a při jejich celkovém snížení se poněkud zmenšila amplituda, a to především v části terasy neovlivňované vodárenskými odběry. Celkový pokles průměrných měsíčních úrovní byl poněkud větší u měsíců jarních



než podzemních (obr. 3). V tom lze spatřovat zlepšení režimu podzemní vody mírným vyrovnaním ročního chodu, které však nelze prokázat v dosahu deprese kolem jímacích studní.

Z průběhu hydroizohyps zakreslených na mapu při hydrogeologických průzkumech prováděných Geotestem, n. p., Brno před vybudováním jímacích studní, a tedy i před úpravami Dyje, vyplynulo, že podzemní voda proudila ve větší části údolního dna souhlasně s celkovým sklonem jejího povrchu, tedy zhruba souběžně s celkovým průběhem řečiště Dyje. Ve sledovaném území šlo o proudění ve směru SZ—JV při sklonu hladiny asi od 0,5 do 1,0 ‰. Podle průběhu hydroizohyps v září 1983, kdy hladina klesla ve všech objektech měrného profilu pod úroveň překročenou 90 ‰, a v prosinci roku 1983, kdy se její poloha podstatněji nezměnila, byl v rozsahu nivy od Dyje po řadu studní sklon od řeky a dosáhl 2,5 až 3,0 ‰, kolem jímacích studní se vytvořily ploché deprese, v nichž se sklon hladiny zvětšoval až na více než 10 ‰ a byl větší mezi studnami a řekou než v opačném směru. Dosah přímého působení studní na vzdálenost 800 až 1000 m se projevil i změnou ve směru proudění i v severní části terasy, kde bylo pozorováno zřetelné postupné zvětšování sklonu a hladiny a změna proudění směrem k jímacím objektům, tedy směrem na jih.

5. Závěr

V období po ukončení vodo hospodářských úprav Dyje a uvedení jímacích studní pro odběr podzemní vody do trvalého provozu došlo v celém rozsahu údolního dna k výrazným změnám ve výškové poloze hladiny podzemní vody, které nelze spojovat jen s méně příznivými srážkovými a odtokovými poměry. Byly vyvolány především odstraněním často se vyskytujících inundací v levobřežní části nivy chráněné hrází a vodárenskými odběry vody z nivy. Zabráněním inundací se výrazně zasáhlo do bilance oběhu vody především v plošně rozlehlé akumulaci štěrkopísčité terase tím, že se vyloučila možnost přímé infiltrace v širokém pruhu jejího okraje a nižších zaplavovaných částí, kterou se mohly zásoby podzemní vody zvětšovat o 0,5 až 1,0 mil. m³ za každé povodně. Výměna vody v nivě i terase se omezila jen na břehovou infiltraci z Dyje, na průsak pod ochrannou hrází a na přítok podzemní vody z okolního vyššího terénu. Poslední je však nepatrný a úzce závislý na množství zasakujících srážek v oblasti s deficitem vláhy až 300 mm za rok v průměru.

Změny režimu podzemní vody se projeví celkovým poklesem její hladiny, který je zvláště výrazný v dosahu deprese řady jímacích studní. Pokles se projevil nejen větší četností výskytu nízkých úrovní hladiny, ale i snížením minimální úrovně v celém prostoru údolního dna asi o 0,5 m, v okolí studní o více než 1,0 m.

Za maximálních stavů může hladina podzemní vody dosáhnout v nezaplavované části nivy úrovně povrchu terénu a v její nejnižší části

Obr. 3. Průměrné měsíční stavy hladiny podzemní vody ve vybraných objektech profilu HP 261 za období před r. 1972 a po něm a průměrné měsíční a průměrné maximální měsíční vodní stavy Dyje v Dolních Věstonicích.

i vyšší, což ukazuje na možnost zamokření a podmáčení oněch částí. Na terase však může vystoupit nejvíce 40 až 60 cm pod odměrné body pozorovacích objektů, tedy do svrchní vrstvy štěrkopísků a písků a nemůže tam docházet k podmáčení půdy. Za dosažení mimořádně vysoké úrovně je propustná výplň nivy zcela zvodněna a hladina je ponejvíce napjatá. V rozsahu terasy je však volná. Za mimořádně nízkých úrovní se hladina stává na značné části nivy volnou, takže mocnost zvodně se zmenšuje. Stejně je tomu i v celém rozsahu terasy. Takový stav může trvat i několik měsíců a lze jej očekávat nejčastěji na podzim a v zimě.

Rozkolísanost hladiny podzemní vody se v rozsahu terasy zmenšila více nežli v zaplavované části nivy a zvětšila se v dosahu působení jímacích studní. Roční chod podle průměrných měsíčních stavů se nezměnil a úzce souvisí s ročním chodem průtoků Dyje. Vlivem vodárenských odběrů podzemní vody došlo ke změně proudění, které se v okolí studní přizpůsobilo sklonu hladiny v dosahu deprese.

Pro specifické podmínky doplňování i odčerpávání zásob podzemní vody nivy nelze zjištěné poznatky o změnách jejich režimu aplikovat ani na blízkou pravobřežní část, ani na vzdálenější části nivy a teras.

Z vodárenského hlediska nelze účinky vodohospodářských úprav hodnotit jako jednoznačně příznivé, neboť trvalé snížení hydrostatického tlaku v poměrně málo mocné zvodni a změna napjaté hladiny ve volnou v částech nivy, kde je mocnost krycí vrstvy hlín malá, má za následek zmenšení jednotkové vydatnosti studní.

Vyloučení inundací a trvalé snížení hladiny podzemní vody v celém rozsahu údolního dna lze kladně hodnotit z hlediska možnosti racionálního využívání úrodných nivních půd pro intenzivní zemědělskou výrobu. Ta však nese i nebezpečí zhoršování kvality podzemní vody, která byla prokázána i přes vymezení ochranných pásem zvýšením obsahu síranů a dusičnanů. Pro kvalitu jímané vody má však velký význam kvalita infiltrující vody řeky Dyje jako hlavního zdroje doplňování odebíraných zásob podzemní vody, které jsou jedinými vydatnějšími zdroji pitné vody v tomto území. Ta nebyla až do současné doby příznivá.

Literatura:

1. BALATKA, B. a kol.: Geomorfologická mapa Pavlovských vrchů a jejich okolí. ČSAV, Geografický ústav, Kartografie Praha 1968.
2. ČERMÁK, M.: Dyje. Hydrologická studie. KNV Brno 1952, 75 s.
3. KOUŘIL, Z., PROKOP, J.: Podzemní vody údolí řek Dyje, Jevišovky a Svratky s Jihlavou v Dyjskosvrateckém a Dolnomoravském úvalu. Studia Geographica, 58, Brno, Geografický ústav ČSAV 1977, 156 s.
4. NETOPIL, R.: Podzemní vody v Mušovské bráně a přilehlém území. Práce Brněnské základny ČSAV, sv. 27, seš. 9, spis 310, Brno, ČSAV 1959, 24 s.
5. NETOPIL, R.: Vztah mezi geomorfologickým vývojem aluviální nivy Jihlavy u Iváně a odtokovými poměry. Vodní hospodářství, 5, SNTL, Praha 1954, s. 156—160.
6. NETOPIL, R.: K otázce stanovení charakteristických úrovní hladiny spodní vody. Vodohospodářsky časopis SAV, 5, Nakl. SAV, Bratislava 1958, s. 209—220.
7. PAVLÍK, S., HRABAL, A. a kol.: Vodohospodářská výstavba Jižní Moravy. SZN, Praha 1983, 155 s.
8. SOMMER, M.: Variabilita podzemních vod. Hydrologické poměry ČSSR, díl 3, HMÚ, Praha 1970, s. 291—295.
9. ŠVANDA, J.: Kvartérní fluvialní uloženiny řeky Dyje od Znojma po soutokovou oblast Moravy. Regionální hydrogeologický průzkum. Geotest, n. p., Brno 1973, 352 s.

10. TARABA, J.: Zaječí. Podrobný hydrogeologický průzkum. Geotest, n. p., Brno 1984, 97 s.
11. TARABA, J.: Bulhary—Přítluky. Zpráva o hydrogeologickém průzkumu. Inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum, n. p., Žilina, závod Brno, Brno 1967, 134 s.
12. THEIMER, L.: Závěrečná zpráva o výsledcích podrobného hydrogeologického průzkumu v trase plánovaného závlahového kanálu mezi obcemi Nové Mlýny, Přítluky, Rakvice. Geotest, n. p., Brno 1983, 26 s.
13. VÁGNEROVÁ, N.: Režim podzemních vod v profilu HP 261 Bulhary. Příř. fak. UJEP, Brno 1975, diplom. práce, 56 s.

Summary

CHANGES IN THE GROUNDWATER REGIME IN THE DYJE VALLEY NEAR NOVÉ MLÝNY

Long-term measurements of variations of the groundwater level enabled the estimation of the effect of water management adaptations of the Dyje and of the consumption of groundwater for the water supply on its regime. It resulted in a drop of the free level in the accumulation terrace and the confined groundwater in the valley flood plain by more than 0,6–1,0 m, and in the extent of depressions around the wells in the flood plain by more than 1,6 m. A permanent diminution of the supplies of groundwater is before all due to the fact that the flood plain is no more flooded several times a year as it used to be in the past. The flood water used to infiltrate directly to both the flood plain and the terrace whose aquifer was hydraulically connected with the flood plain aquifer and with the river. Statistical characteristic of a series of measured levels of groundwater have shown a decreased variability of changes in the level and in the amplitude of its annual variation apart from the function of the wells. The diminution of the thickness of the aquifers of the flood plain and the terrace results, however, in the drop of the unit yield of the wells. The water supply from the wells in the flood plain is completed by a more intense infiltration of the river water which becomes the main source in the renewal of supplies of the groundwater throughout the whole valley bottom.

- Fig. 1 Points of survey in the profile HP 261 and wells in the environment of the Dyje valley floor affected by water management adaptations. 1 — flood plain, 2 — accumulation river terrace, 3 — flood cone, 4 — cryoplanation level, 5 — loess cover, 6 — forest, 7 — meadows, 8 — fields, 9 — orchards, 10 — anti-flood dam, 11 — draining channel and wells, 12 — dry river beds, 13 — gravel pits, 14 — wells, 15 — hydrogeological bores, 16 — survey points HP 261, 17 — border of inner part of 2nd security zone, 18 — border of outer part of 2nd security zone, 19 — road, lane.
- Fig. 2 Structure of the valley floor including the terrace and the flood plain. Bores HV in Fig. 1. 1 — clayey, clay-sandy soil in the flood plain, 2 — tchernozem soil, 3 — terrace sands, 4 — gravel-sands in the terrace and flood plain, 5 — clays and clayey flysch sands.
- Fig. 3 Average monthly level of groundwater in selected points of profile HP 261 before and after 1972, average monthly and maximum average monthly water level of the Dyje in Dolní Věstonice.

(Pracoviště autorů: R. Netopil — katedra geografie přírodovědecké fakulty UJEP, Kotlářská 2, 611 37 Brno; J. Taraba — Geotest, n. p., Šmahova 115, 627 00 Brno-Slatina.)

Došlo do redakce 31. 5. 1985.