

ČESTMÍR BRÁZDA

PODZEMNÍ VODY  
V HORNÍ ČÁSTI POVODÍ JIHLAVY  
A JEJICH PODÍL  
NA CELKOVÉM ŘÍČNÍM ODTOKU.

ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ  
БАСЕЙНА ИГЛАВЫ И ИХ УЧАСТИЕ  
В ОБЩЕМ СТОКЕ РЕКИ

*Die Grundwässer im oberen Teil des Jihlava-Flussgebietes  
und ihr Anteil an dem Gesamtabfluss*

UNIVERSITA J. E. PURKYNĚ

BRNO 1972





K tomuto účelu bylo možno použít průtoků za časově shodné období 1960—1969. Údaje o průtocích byly získány na Hydrometeorologickém ústavu v Brně.

### Fyzicko-geografické poměry

Studovaná část povodí Jihlavy leží ve vrcholové části Českomoravské vrchoviny. Jde o území celkově chudé na podzemní vodu, což souvisí především s nepříznivými hydrogeologickými poměry, které nedovolují vytváření významnějších obzorů podzemních vod.

V horní části povodí Jihlavy se setkáváme s hlubinnými horninami centrálního moldanubického plutonu, který je při východním a západním okraji povodí provázen kordieritickými rulami a migmatity. Jde o horniny, v nichž se mohou podzemní vody hromadit nebo mohou obíhat hlavně jen v puklinách, jimiž jsou tyto horniny prostoupeny. Celkové množství těchto puklinových vod je poměrně malé a proměnlivé v čase. Puklinová propustnost těchto hornin se může značně měnit od místa k místu v závislosti na povaze puklin, jejich rozveření, druhotném vyplnění horninovou drtí apod.

Hlubinné horniny, zastoupené většinou dvojslídným granitem „mrákotínského typu“, jsou prostoupeny poměrně pravidelným systémem puklin. Nejdůležitější pukliny mají směr zhruba S—J (větš. mezi 345° a 15°) a V—Z (větš. mezi 90° a 110°). (K. Beneš a kol. 1963). Je možno předpokládat, že pukliny směru S—J, které odpovídají tzv. příčným puklinám (Q-puklinám podle H. Cloose), patří k nejotevřenějším a také nejlépe propustným puklinám. Síť puklin v kordieritických rulách a migmatitech je nepravděpodobněji a puklinová výplň je úplnější. U těchto hornin proto můžeme očekávat podstatně menší puklinovou propustnost než u hornin centrálního moldanubického plutonu.

Zvodnění hornin krystalinika mohou však významně ovlivnit čtvrtohorní krycí zeminy. Pokud jsou propustné, pohlcují značné množství srážkové vody a pomalu ji pak předávají skalnímu podkladu s relativně velmi malou puklinovou propustností (O. Hynie 1961). Z tohoto hlediska jsou ve studovaném území významné především hlinito-písčité zvětraliny (eluvia) s příměsí úlomků matečných hornin. S eluvií se setkáváme na plošinatých nebo i mírně ukloněných částech povodí. Podobný účinek mají i svahové uloženiny, pokud jsou propustné a nespočívají na příliš strmých svazích.

Zadržování srážkové vody na povrchu povodí a její vsakování je do značné míry podporováno i značnou plochostí území. Reliéf v horní části povodí Jihlavy je většinou jen mírně zvlněný a místy i značně plošinatý. Pozvolna se zvedající vyvýšeniny nebo protáhlé hřbety se zarovnaným povrchem leží ve značné části povodí v nadm. výškách 600 až 700 m. Vyšších nadmořských výšek dosahují vyvýšeniny táhnoucí se při jižním okraji povodí při rozvodí s Dyjí a mezi údolím Jihlavy a Třeštského potoka. Do tohoto prostoru zasahuje severní část Jihlavských vrchů skupinou Javořice (J. Demek a kol. 1965). Tato část Jihlavských vrchů leží většinou v nadmořské výšce 700 až 750 m. K nejvyšším bodům položeným přímo na rozvodí (Jihlava—Dyje) patří Skelný a Michův vrch (768 m). Podél hlavního evropského rozvodí, které omezuje studovanou oblast na západě, se rozprostírá rovněž jen málo členitý, převážně plošinatý reliéf. K nejvyšším bodům, jimiž prochází hlavní evropské rozvodí, patří Lísek (759 m) a Křemešník (764 m). Uvnitř území se nad nesouměrným údolím říčky Rohozné zvedá skupina Čerínku (760 m), omezená

výraznými svahy, které J. Demek (1955) považuje za svahy zlomové. Nadmořskou výšku 700 m převyšuje ve své vrcholové části i nesouměrný severo-jihní hřbet, oddělující údolí Třeštského potoka od údolí Jihlávky (Špičák 733 m).

Území přiléhající k vodním tokům leží většinou v nadmořské výšce 550 až 600 m. Nejnižše položeným místem v povodí je údolní dno Jihlavy u vodoměrné stanice Dvorce (výška nuly vodočtu 501,7 m).

Údolí vodních toků jsou převážně široce rozevřená, úvalovitá a směrem po toku se postupně prohlubují. Jejich dno tvoří poměrně úzká údolní niva. Se zúženými úseky údolí, sevřenými příkrými svahy, se setkáváme jen na několika poměrně krátkých úsecích — např. pod Dolní Cerekví nebo u Dvorců. V příčném profilu jsou údolí nesouměrná. K západu exponované svahy jsou většinou strmější (J. Demek a kol. 1965).

Všimneme-li si sklonitosti studovaného území, zjistíme, že převládají velmi mírné až mírné svahy o úhlu sklonu od 3 do 10°. Svahy středního sklonu (v našem případě od 11 do 20—25°) jsou zastoupeny v mnohem menší míře a jsou spíše jen lokálně rozšířeny. Jsou např. ve skupině Čerínku, omezují na západě výrazný hřbet mezi Třeštským potokem a Jihlávkou a vyskytují se v jižní části povodí ve výběžcích skupiny Javořice. Příkré svahy o sklonu větším než 20—25° jsou ještě vzácnější. Vznikly buď na krátkých úsecích zahlobených údolí, jako např. pod Dolní Cerekví, u Dvorců nebo při pravém břehu Třeštského potoka před soutokem s Jihlavou, nebo omezují výrazné vyvýšeniny či některé menší vrchy (např. ve skupině Čerínku, na sev. výběžcích skupiny Javořice, podél hlavního evropského rozvodí apod.). Zarovnané části povodí se sklonem povrchu menším než 3° můžeme pokládat za plošiny. Zabírají významnou část plochy povodí a rozprostírají se jak při rozvodích, tak i uvnitř povodí.

Dalším činitelem, který může účinně ovlivnit odtokové poměry, je lesnatost povodí. Ve studovaném území jsou rozšířeny hlavně jehličnaté lesy s převahou smrku. Největší souvisle zalesněné plochy jsou v jižní části povodí (skupina Javořice) a na vyvýšeninách Čerínku. Rozlehlé lesy jsou i podél hlavního evropského rozvodí. V ostatních částech povodí se vyskytují lesní porosty spíše jen útržkovitě. Podle Hydrologických poměrů ČSSR (1968) činí lesnatost povodí Jihlavy po vodoměrnou stanici Dvorce přibližně 30 %. Nezalesněnou část plochy povodí zabírají především orné půdy a louky.

Posoudit vliv lesa na utváření odtoku a doplňování či zmenšování zásob podzemních vod v horním povodí Jihlavy je obtížné, neboť i v jiných případech jde o otázky dosud ne zcela dořešené. Vedle zmírňování extrémů odtoků projeví se vliv lesa pravděpodobně i ve zpoždování maxim a minim odtoku v řekách (srovn. M. Čermák 1954).

Pro horní část povodí Jihlavy jsou charakteristické četné rybníky. Co do počtu převládají malé rybníky o výměře do 5 ha. Podle seznamu rybníků, uvedeného ve Státním vodohospodářském plánu, II. díl (1965), v němž jsou registrovány všechny rybníky o výměře větší než 0,1 ha, dosahuje jejich počet ve studovaném povodí 196. Úhrnná plocha zatopená těmito rybníky je 393,39 ha a celkově se v nich zadržuje přibližně 4 895 000 m<sup>3</sup> vody. Velikost zatopené plochy představuje asi 1,28 % celkové plochy povodí.

K největším rybníkům, které můžeme řadit do kategorie středně velkých rybníků o výměře zatopené plochy kolem 10 až 20 ha, patří Hladov (sev.

od Hor. Cerekve), Jezdovický a Váňovský rybník (u Třeště). Hydrologický význam rybníků může spočívat především v regulaci odtoku. Poněvadž v našem území jde o vodní nádrže s poměrně velmi malým objemem, projevuje se jejich vliv na říční odtok patrně jen krátkodobě a v nepříliš významné míře.

Na odtokové poměry, zejména pak na utváření povodňových vln, může mít i ve studovaném povodí vliv tvar povodí, který úzce souvisí s uspořádáním říční sítě.

Říční síť je ve studovaném území značně rozvětvená a hustá. A. Matoušek (1964) vypočetl pro část povodí Jihlavy po Batelov hustotu říční sítě 1,31 km/km<sup>2</sup>. Pro celé povodí Jihlavy se uvádí průměrná hustota říční sítě 0,84 km/km<sup>2</sup> (SVP 1954).

Podle půdorysného uspořádání jednotlivých vodních toků můžeme říční síť horního povodí Jihlavy charakterizovat jako stromovitou. Při podrobnějším studiu říční sítě však zjistíme, že některé směry údolí převládají. Jde zejména o tyto vzájemně na sebe křmé dvojice směrů: S—J a Z—V, JZ—SV a SZ—JV. Protože jde o směry zhruba shodné s významnými tektonickými liniemi krystalinika Českého masívu, můžeme předpokládat, že říční síť se při svém vývoji do určité míry přizpůsobovala i tektonickému porušení hornin.

Hlavní vodní tok studovaného povodí, řeka Jihlava, vytéká z několika rybníků u obce Jihlávka v nadm. výšce 660 m (M. Čermák 1951). Až po vodoměrnou stanici Dvorce je její délka přibližně 30 km. Nejvýznamnějším přítokem Jihlavy je Třeštský potok, který se do ní vlévá v Kostelci z pravé strany. Třeštský potok přispívá přibližně 1/3 k celkové vodnosti Jihlavy ve Dvorcích. K dalším významnějším, avšak méně vodným přítokům patří zleva ústící Hraniční potok, říčka Rohozná a Jedlovský potok. Z pravé strany je to pak Batelovský potok.

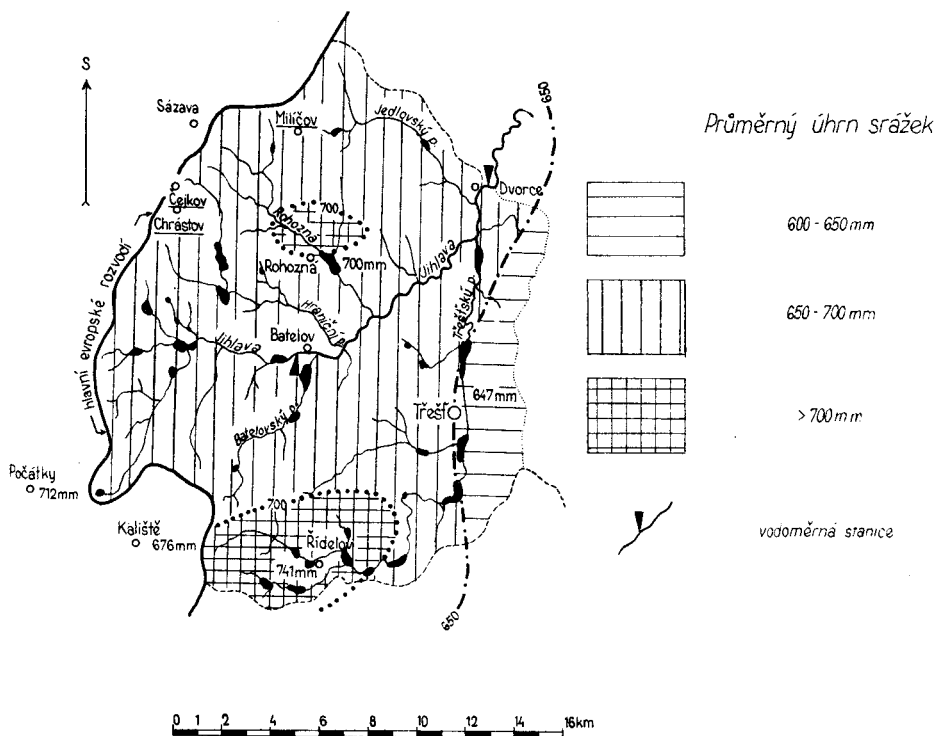
Absolutní spád ř. Jihlavy po vodom. stanici Dvorce je 158 m. Sklon (relativní spád) ve stejném úseku činí 5,27 ‰. Bystřinný ráz, charakterizovaný sklonem větším než 5 ‰, má však ve skutečnosti jen nejhořejší úsek toku Jihlavy, asi do vzdálenosti 10 km od pramene. Na zbývajících částech toku je sklon řečiště Jihlavy (po Dvorce) menší.

Tab. 2. Charakteristika povodí  $\alpha$  v horním povodí Jihlavy

Povodí a jeho části	Plocha pov. [P km <sup>2</sup> ]	Délka toku [L km]	Charakt. pov. $\alpha = \frac{P}{L^2}$
Jihlava nad Batelovským potokem	56,017	13,9	0,29
Batelovský potok	17,208	9,2	0,20
Jihlava nad Hraničním potokem	77,547	17,1	0,26
Hraniční potok	27,661	7,9	0,44
Jihlava nad Rohoznou	109,877	20,2	0,27
Rohozná	36,497	11,1	0,30
Jihlava nad Třeštským potokem	162,095	26,4	0,23
Třeštský potok	104,834	27,6	0,14
Jihlava nad Jedlovským potokem	276,186	29,1	0,33
Jedlovský potok	27,798	10,8	0,24
Jihlava pod Jedlovským potokem	303,984	29,1	0,36

Povodí Jihlavy, příslušející ke Dvorcům, má zřetelně vějířovitý tvar. Tvar povodí se však mění s růstem plochy od pramene směrem po toku. Také povodí jednotlivých přítoků se vzájemně od sebe liší svým tvarem, jak ukazují charakteristiky povodí  $\alpha$ , převzaté z publikace Hydrologické poměry ČSSR (1968) a uvedené v tab. 2.

Řečiště Jihlavy je zaříznuto do hlinitopísčitéch a šterkovitých uloženin, vyplňujících údolní dno. V horním toku má Jihlava řečiště poměrně dosti koncentrované. Valouny na dně řečiště nedosahují větších rozměrů. Tok je přerušován četnými, ale nízkými jezy (M. Čermák 1951).



Obr. 1. Přehledná mapa horní části povodí Jihlavy s izohyetami (1901—1950)

### Srážkové poměry

Průměrné roční srážkové úhrny dosahují ve studovaném povodí hodnot 650 až 700 mm. Na obrázku čís. 1 je pomocí izohyet znázorněno plošné rozdělení srážek v povodí podle údajů za období 1901—1950 (viz Tabulky k atlasu podnebí ČSSR, 1960). Pomocí těchto izohyet byl vypočten dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek v horní části povodí Jihlavy 680 mm.

Průměrné rozdělení atmosférických srážek během roku poznáme podle dlouhodobých průměrných měsíčních srážkových úhrnů (tab. 3).

Tab. 3. Průměrné měsíční srážkové úhrny [v mm] z období 1901—1950 v Rohozné (podle Tabulek k atlasu podnebí, 1960)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok
48	42	38	54	65	76	92	81	53	56	45	50	700

Podle padesátiletých průměrů spadnou tedy největší srážky v letních měsících, a to především v červenci (92 mm) a srpnu (81 mm). Nejméně srážek spadne v březnu (38 mm). Teplý půlrok (IV—IX), v němž v průměru spadne 421 mm, je výrazně srážkově bohatší než chladný půlrok. Toto rozdělení atmosférických srážek je nepříznivé pro tvoření a doplňování zásob podzemních vod, neboť většina srážek spadlých v teplém ročním období se vypaří nebo vsákne do půdní vrstvy, odkud se spotřebuje rostlinami.

Během jednotlivých roků nebo i kratších období se však může rozdělení atmosférických srážek na jednotlivé měsíce podstatně lišit od rozdělení průměrného, jak je vidět i z tab. 4.

Tab. 4. Měsíční a roční srážkové úhrny v Rohozné za desetiletí 1960—1969 (podle podkladů Hydrometeorologického ústavu)

Rok Měs.	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1960 až 1969
XI.	24	24	42	54	53	25	38	24	40	34	36
XII.	70	18	44	30	6	28	61	72	71	15	42
I.	57	12	45	23	11	57	45	28	94	36	41
II.	30	49	61	18	36	45	38	12	28	29	34
III.	52	60	38	33	26	44	41	45	29	27	40
IV.	41	42	35	23	47	70	38	43	38	27	40
V.	80	70	137	100	73	169	60	108	40	60	90
VI.	101	84	28	111	136	128	117	77	43	76	90
VII.	95	58	77	22	38	117	128	80	57	28	70
VIII.	125	65	28	56	148	59	155	34	92	58	82
IX.	51	59	38	58	31	49	32	91	44	22	48
X.	97	53	33	14	107	11	34	31	52	22	45
Rok	823	594	606	542	712	802	787	655	628	434	658

Z tabulky 4 je vidět, že nejdeštivějším měsícem v celém desetiletí 1960—1969 byl květen r. 1965, kdy spadlo v Rohozné 169 mm srážek. Tato hodnota patří pravděpodobně k nejvyšším, které se vyskytly i během podstatně delšího období. S větší jistotou však nelze srovnání provést, jelikož údaje za delší období (od r. 1931), které máme k dispozici, jsou neúplné. Nejméně deštivým měsícem studovaného desetiletí byl prosinec v roce 1964, kdy spadlo jen 6 mm srážek. Značný suchý byl i následující měsíc leden.

Průměrný srážkový úhrn za desetiletí 1960—1969 činí 658 mm (v Rohozné), tj. 94 % dlouhodobého průměru. Znamená to, že studované období bylo sráž-



kově podnormální. Většina srážek spadla v teplém pololetí (420 mm). V průměrném ročním rozdělení připadlo v období 1960—1969 nejvíce srážek na květen a červen (90 mm v každém měsíci). V dlouhodobém průměru připadá podle období 1901—1950 nejvíce srážek na červenec.

K nejvlhčím rokům studovaného desetiletí patřily roky 1960, 1965 a 1966, které byly výrazně srážkově nadnormální. Dlouhodobému průměru se blížil srážkový úhrn roku 1964. Zbývající hydrologické roky (1961, 1962, 1963, 1967, 1968 a 1969) měly srážkové úhrny menší než dlouhodobý průměr. Nejsušším byl rok 1969, jehož srážkový úhrn dosáhl pouze 434 mm a značně podprůměrný byl i srážkový úhrn roku 1963.

Podle ročních srážkových úhrnů, které byly většinou menší než dlouhodobý průměr, a podle průměrného rozdělení srážek můžeme usuzovat, že během studovaného desetiletí 1960—1969 nebyly příliš příznivé podmínky pro doplňování zásob podzemních vod.

### Výpar

Důležitým, avšak nejméně poznaným klimatickým prvkem, představujícím významnou složku oběhu vody v přírodě, je výpar. Také ve studovaném území chybí potřebná měření výparu a proto uvádíme jen přibližné průměrné hodnoty, vztahující se k delším obdobím. Podle H. Kříže (1966), který stanovil pomocí rovnice vodní bilance hodnoty celkového výparu pro povodí Moravy a horní Odry za období 1941—1960, činí pro vodoměrnou stanici Dvorce celkový výpar 445 mm. Tato hodnota představuje 69 % průměrného srážkového úhrnu za stejné období. Vycházíme-li z údajů o srážkách v Rohozné za desetiletí 1960—1969, obdržíme z rovnice vodní bilance průměrnou hodnotu celkového výparu 411 mm. Tato hodnota však bude zřejmě poněkud vyšší než skutečný výpar, příslušející k celé ploše povodí, neboť srážkoměrná stanice Rohozná není reprezentativní pro celé povodí.

### Odtokové poměry a podmínky doplňování zásob podzemních vod

Průměrný roční průtok řeky Jihlavy ve vodoměrné stanici Dvorce za období 1931—1960 je 1,97 m<sup>3</sup>/s. Průměrný specifický odtok je tedy 6,42 l/s/km<sup>2</sup> a průměrná odtoková výška činí 201 mm. Hodnota odtokového součinitele  $c = 0,296$  ukazuje, že v dlouhodobém průměru odtéká z horní části povodí Jihlavy přibližně 30 % z celkového množství srážek, spadlých na plochu povodí. Průměrné rozdělení odtoku v průběhu roku je pro vodom. stanici Dvorce uvedeno v tabulce 5.

Tab. 5. Průměrné měsíční průtoky Jihlavy [v m<sup>3</sup>/s] ve Dvorcích za období 1931—1960 (podle Hydrologických poměrů, 1968)

XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Rok
1,49	1,74	1,87	2,75	3,58	3,38	1,76	1,66	1,09	1,34	1,12	1,42	1,97

V dlouhodobém průměru (1931—1960) jsou nejvodnější měsíce březen [3,58 m<sup>3</sup>/s] a duben [3,38 m<sup>3</sup>/s]. Nejmeně vodný je červenec [1,09 m<sup>3</sup>/s]. Málo vodné jsou i následující měsíce srpen a září. U letních, srážkově nejbohatších měsíců, se v nízkých průtocích projevuje značná spotřeba vody evapotranspirací.

Rozdělení odtoku v jednotlivých rocích bývá však někdy značně odlišné od průměrného rozdělení. To je zřejmé i z tabulky 6, obsahující průměrné měsíční a roční hodnoty průtoků za studované desetiletí 1960—1969.

Tab. 6. Průměrné měsíční a roční průtoky [v m<sup>3</sup>/s] ve Dvorcích za období 1960—1969 (podle Hydrometeorologického ústavu)

Měs. Rok	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Rok
	1960	0,73	1,11	1,58	1,65	5,90	2,72	1,68	2,17	2,66	5,03	2,56	3,95
1961	2,94	2,10	1,24	4,69	3,17	2,73	1,50	3,66	1,01	1,22	1,04	1,53	2,21
1962	1,48	2,23	2,07	2,40	3,57	4,90	4,86	2,41	1,31	0,61	0,60	0,79	2,27
1963	1,47	0,83	0,51	0,49	4,90	3,65	3,35	2,03	0,92	0,47	1,07	0,87	1,72
1964	1,07	0,58	0,49	0,95	2,63	3,12	1,24	3,00	0,83	1,97	1,27	2,32	1,62
1965	1,83	1,54	1,70	1,62	6,15	6,03	9,51	2,90	5,23	2,54	1,20	1,19	4,30
1966	1,18	2,24	1,55	6,23	3,32	2,65	1,96	1,76	3,50	3,75	2,95	1,43	2,69
1967	1,72	2,91	2,70	6,31	5,59	3,01	1,64	2,73	1,57	1,18	1,67	1,26	2,65
1968	1,26	3,00	4,72	2,91	4,25	2,87	1,14	0,80	0,57	1,14	0,93	1,89	2,13
1969	1,73	1,21	1,09	1,03	7,10	4,59	1,97	1,64	0,70	0,58	0,61	0,73	1,92
1960—1969	1,54	1,78	1,77	2,82	4,66	3,62	2,88	3,31	1,83	1,85	1,39	1,60	2,42

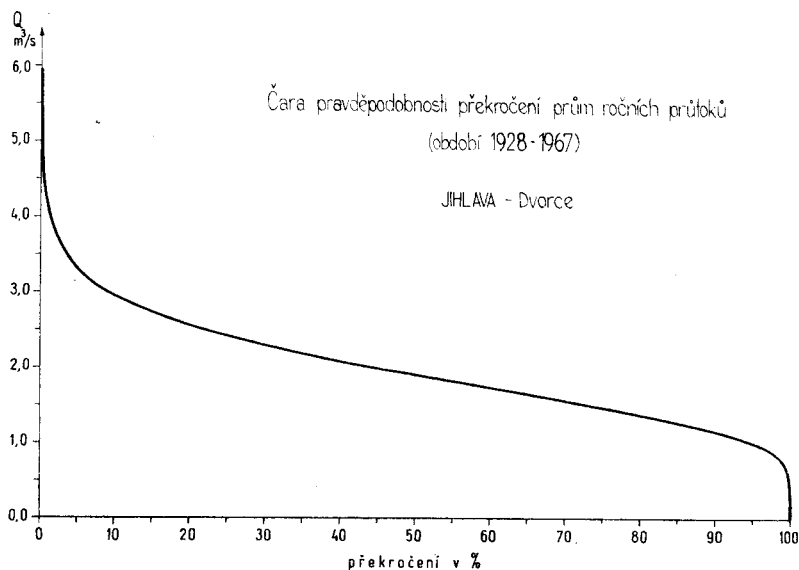
Největší průměrné měsíční průtoky odvozené z období 1960—1969 připadly stejně jako v dlouhodobém rozdělení na jarní měsíce březen [4,66 m<sup>3</sup>/s] a duben [3,62 m<sup>3</sup>/s]. Nejmenší měsíční vodnosti se proti třicetiletému průměru přesunuly z letního období na září [1,39 m<sup>3</sup>/s] a do dalších podzimních měsíců. Největší průměrný průtok v celém období 1960—1969 byl v červnu roku 1965 [12,90 m<sup>3</sup>/s]. Tento průtok dosáhl 92 % maximálního průměrného měsíčního průtoků z dubna 1941 [13,97 m<sup>3</sup>/s], který byl nejvodnějším měsícem reprezentativního období 1931—1960. Nejmenší průměrný průtok desetiletí 1960—1969, který připadl na srpen roku 1963 [0,47 m<sup>3</sup>/s], více než dvojnásobně převyšoval minimální průměrný měsíční průtok třicetiletého období 1931—1960. Tento minimální průměrný průtok připadl na září známého suchého roku 1947 a dosáhl hodnoty jen 0,20 m<sup>3</sup>/s.

Absolutní extrémní hodnoty průtoků se značně liší od mezních průměrných hodnot. V Hydrologických poměrech ČSSR (1967) se uvádí pro Dvorce absolutní maximum 50,0 m<sup>3</sup>/s a absolutní minimum jen 0,02 m<sup>3</sup>/s. Pro období 1960—1969 jsou k dispozici pouze extrémní průměrné denní průtoky. Největší denní průtok se dostavil v březnu roku 1969 a dosáhl hodnoty 38,0 m<sup>3</sup>/s. Nejmenší denní průtok desetiletí 1960—1969 se vyskytl v srpnu roku 1963 a jeho hodnota činí 0,28 m<sup>3</sup>/s.

Porovnáme-li průměrné roční průtoky z období 1960—1969 s dlouhodobým průměrem [ $Q_a = 1,97$  m<sup>3</sup>/s] zjistíme, že sedm hydrologických roků mělo roční průtoky vyšší než normál. v roce 1965 dosáhl průměrný průtok 218 % hodnoty

normálu. Jako odtokově podnormální je možno označit roky 1963 a 1964, kdy průměrné roční průtoky dosahovaly jen 87 % a 82 % dlouhodobého průměru. Rok 1969 byl mírně podnormální (97,4 % normálu). Průměrný roční průtok desetiletí 1960—1969 dosáhl 122,8 % normálu. Celkově je tedy možno desetiletí 1960—1969 charakterizovat podle průměrných ročních průtoků jako odtokově nadnormální.

Objektivněji můžeme posoudit výjimečnost vodnosti jednotlivých hydrologických roků podle procenta pravděpodobnosti překročení průměrných ročních



Obr. 2. Čára pravděpodobnosti překročení průměrných ročních průtoků ve Dvorcích

Tab. 7. Pravděpodobnost překročení průměrných ročních průtoků Jihlavy ve Dvorcích

Pravděpodobnost překročení ( $P$ %)	0,10	1,00	5,00	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Průměrné roční průtoky ( $m^3/s$ )	5,06	4,08	3,30	2,96	2,56	2,30	2,08	1,90
Pravděpodobnost překročení ( $P$ %)	60,0	70,0	80,	90,0	95,0	97,0	99,0	99,9
Průměrné roční průtoky ( $m^3/s$ )	1,74	1,56	1,18	1,16	1,02	0,94	0,76	0,54

průtoků. Procento pravděpodobnosti překročení odvodíme podle teoretické křivky, odpovídající Pearsonově křivce III. typu. K sestavení teoretické křivky, tzv. čáry pravděpodobnosti překročení průměrných ročních průtoků, se použilo čtyřicetileté řady průměrných ročních průtoků ve Dvorcích z období

1927—1968. Z tohoto období byl vypočítán dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a = 2,00 \text{ m}^3/\text{s}$  a variční koeficient  $C_v = 0,36$ . Třetí ze základních parametrů teoretické křivky, součinitel asymetrie ( $C_s$ ), byl odvozen ze vztahu  $C_s \geq 2C_v$  (viz O. Dub 1957). Do výpočtu byla za  $C_s$  dosazena hodnota 0,80. Teoreticky odvozené průměrné roční průtoky odpovídající příslušným procentům pravděpodobnosti překročení jsou uvedeny v tabulce 7.

Přihlédneme-li k pětistupňové klasifikaci hydrologických roků, kterou uvádí R. Netopil (1961), můžeme jednotlivé hydrologické roky období 1960—1969 označit podle míry jejich vodnosti takto:

Tab. 8. Posouzení hydrologických roků desetiletí 1960—1969 podle míry vodnosti Jihlavy ve Dvorcích

Rok	$Q \text{ m}^3/\text{s}$	$P \%$	Označení podle míry vodnosti	Zkratka
1960	2,65	17,5	vodný	V
1961	2,21	33,8	vodný	V
1962	2,27	30,5	vodný	V
1963	1,72	61,0	suchý	S
1964	1,62	66,0	suchý	S
1965	4,30	0,6	mimořádně vodný	MV
1066	2,69	16,0	vodný	V
1967	2,65	17,5	vodný	V
1968	2,13	37,0	vodný	V
1969	1,92	49,0	normální	N

Z tab. 8 je zřejmé, že v období 1960—1969 výrazně převládaly roky vodné, mezi nimiž byl i rok mimořádně vodný (1965), nad roky suchými, mezi nimiž se nevyskytl ani jeden rok mimořádně suchý. Vysoká vodnost roku 1965 byla mimořádným jevem s velmi malou pravděpodobností opakování. Lze říci, že zastoupení roků s rozdílnou vodností bylo v desetiletí 1960—1969 nerovnoměrné a proto je nelze považovat za reprezentativní.

Vzhledem k tomu, že podzemní vody, jak vyplývá i z dalších kapitol, tvoří podstatnou část říčního odtoku, je možno pomocí podrobnější analýzy odtokových poměrů usuzovat i na podmínky tvoření (či odčerpávání) zásob podzemních vod. K důkladnějšímu poznání těchto podmínek však nepostačí jen údaje o celkové vodnosti jednotlivých hydrologických roků, ale je třeba studovat i období podstatně kratší. Takovými obdobími jsou teplá (IV—IX) a chladná (X—III) pololetí jednotlivých hydrologických roků. Základní informaci o rozdělení odtoku v chladných a teplých pololetích studovaného období na řece Jihlavě ve Dvorcích obsahuje tab. 9.

Z tabulky 9 je zřejmé, že odtok byl během většiny hydrologických roků nepravidelně rozdělen na jednotlivá pololetí. Tak např. v rocích 1961, 1967, 1968 a 1969 připadla větší část celkového ročního odtoku na chladné půlroky. Podmínky pro doplňování zásob podzemních vod však byly v uvedených rocích odlišné.

V rocích 1967 a 1968 se soustředila značná část ročního odtoku do výrazných povodňových vln, které se dostavily v prosinci a lednu. Tyto

povodňové vlny byly podmíněny hlavně táním sněhu a stékáním tavných vod po zmrzlé, pro vodu prakticky nepropustné půdě. Lze tedy usuzovat, že doplňování zásob podzemních vod vodou ze sněhové pokrývky bylo v těchto měsících nedostatečné. Mohlo se významněji projevit až v březnu a na začátku teplého pololetí, kdy se postupně staly hlavním zdrojem doplňování podzemních vod atmosférické srážky.

Tab. 9. Průměrné průtoky [m<sup>3</sup>/s] chladných a teplých půlroků období 1960—1969 na řece Jihlavě ve Dvorcích

Roky	Průměrný průtok		Roční průměr
	v chladném půlroce	v teplém půlroce	
1960	2,49	2,64	2,65
1961	2,61	1,86	2,21
1962	2,09	2,45	2,27
1963	1,51	1,92	1,71
1964	1,34	1,91	1,62
1965	2,34	6,24	4,29
1966	2,66	2,76	2,69
1967	3,42	1,97	2,65
1968	3,01	1,24	2,13
1969	2,15	1,68	1,92
1960—1969	2,36	2,47	2,42
1931—1960	2,08	1,78	1,97

V roce 1969 nedosáhly s výjimkou června měsíční srážkové úhrny hodnot dlouhodobých průměrů. Nejméně příznivé podmínky pro doplňování zásob podzemních vod trvaly zhruba od začátku července do konce hydrologického roku. Během tohoto srážkově velmi chudého období, podmíněného častým a delším výskytem anticyklonálních situací, došlo k velmi citelnému úbytku podzemní vody nejen ve studovaném území, ale i v mnohem širší oblasti.

Vhodné podmínky pro zvětšení zásob podzemních vod se v tomto roce vytvořily v březnu, kdy došlo v povodí k tání sněhu, doprovázenému dešti. To se projevilo několikavrcholovou povodní, která kulminovala za průtoku 38,0 m<sup>3</sup>/s (ve Dvorcích). Příznivé podmínky pro doplňování podzemních vod je možno předpokládat ještě v dubnu, květnu a částečně i v červnu.

V rocích 1960, 1962, 1963, 1964, 1965 a 1966 byla odtokově bohatší teplá polovina roku. Vzhledem ke značným spotřebám vody vegetací a výparem, bylo toto rozdělení odtoku a s ním související rozdělení atmosférických srážek málo výhodné pro doplňování zásob podzemních vod.

Rozdíl mezi vodností chladného a teplého pololetí se projevil zvláště zřetelně v rocích 1962, 1963, 1964 a 1965. Roky 1962 až 1964 jsou charakteristické tím, že se v jejich průběhu vyskytlo na celém území ČSSR odtokově velmi chudé období, které trvalo od června 1962 do října 1964, tedy celkem přes dva roky. I když hodnoty průtoků, stavů hladin podzemní vody a vydat-

ností pramenů nedosáhly minim z roku 1933, případně 1934, byly velmi nízké a trvaly velmi dlouho. Takové podmínky se u nás vyskytnou jedenkrát za 25 až 30 let (M. Čermák 1965).

Průměrný průtok chladného pololetí roku 1962 odpovídal zhruba příslušnému dlouhodobému průměru. Nadprůměrná vodnost teplého půlroku byla pak výsledkem zvýšených průtoků, které se dostavily v dubnu a květnu. Tyto zvýšené průtoky, vyvolané táním sněhu a vysokým úhrnem srážek v květnu (137 mm v Rohozné), však v povodí Moravy nepřekročily většinou hodnoty jednoleté až tříleté vody (M. Čermák 1965). Toto vlhké a vodné období, příznivé pro doplňování zásob podzemních vod, bylo však vystřídáno srážkově podnormálním (suchým) obdobím, které začalo v červnu a trvalo až do konce hydrologického roku 1962.

Následující hydrologický rok 1963 byl v průměru ještě méně vodný než předchozí rok. Moravské řeky v něm dosahovaly asi 60 až 90 % normálu (M. Čermák 1965). Ve Dvorcích byl zaznamenán od počátku hydrologického roku postupný pokles vodnosti a v lednu a v únoru klesaly průtoky i pod průměrnou hodnotu průtoků 355denní vody. Na konci prvního týdne března došlo vlivem náhlého tání sněhové pokrývky ke vzniku výrazné, avšak jen krátce trvající povodňové vlny s největším denním průtokem 13,2 m<sup>3</sup>/s. Voda z tajícího sněhu, která byla hlavním zdrojem tohoto náhlého zvýšení vodnosti, odtékala však pravděpodobně z větší části po dosud zmrzlé půdě přímo do koryt vodních toků. Teprve v dalších týdnech, kdy bylo tání sněhu provázáno deště, mohly se postupně vytvářet příznivé podmínky pro zasakování povrchové vody a doplňování zásob podzemních vod. Vhodné podmínky mohly trvat i v měsících květnu a červnu, které byly srážkově značně nadnormální. Pro celkovou bilanci podzemních vod však nebyly v roce 1963 příznivé podmínky. Zvýšení zásob podzemní vody, k němuž mohlo dojít hlavně začátkem teplého pololetí, mohlo být jen přechodné, neboť další měsíce teplého pololetí byly opět srážkově i odtokově podnormální.

Rok 1964 se ve studované oblasti projevil jako odtokově zřetelně suchý, i když se jeho srážkový úhrn blížil normálu. Odtokově výrazně podprůměrný byl zejména chladný půlrok. Průtoky zimních měsíců ve Dvorcích klesaly i pod hodnotu 355denní vody. Také průměrné měsíční srážkové úhrny v prosinci (6 mm) a lednu (11 mm) byly nejmenší za celé desetiletí 1960—1969. Sucho v prosinci a lednu r. 1963 zasáhlo téměř celou Evropu. Bylo způsobeno častým výskytem anticyklonálních situací (J. Reinhartová 1964). Období zvýšené vodnosti nastoupilo v poslední dekádě března výraznou, avšak jen málo objemnou povodňovou vlnou [ $Q_{\max} = 12,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ], vyvolanou hlavně táním sněhu. K vytvoření příznivých podmínek pro doplňování zásob podzemních vod tavnými a srážkovými vodami však došlo pravděpodobně až v dubnu, kdy již mohlo dojít k úplnému rozmrznutí půdy. Srážkové úhrny v květnu a červnu výrazně překročily normál. Červnové srážky vyvolaly v horní části povodí Jihlavy výraznou povodňovou vlnu, během níž nejvyšší denní průtok překročil hodnotu maximálního denního průtoků jarní povodňové vlny [ $Q_{\max} = 25,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ]. Zvýšení srážek v červnu bylo však ovlivněno velmi silnou bouřkovou činností (J. Reinhartová 1964). Je proto velmi pravděpodobné, že jen malá část těchto přívalových vod mohla být využita k doplňování zásob podzemních vod. Teprve v srpnu se změnil celkový charakter cirkulace ovzduší a naše území se ocitlo přímo v oblasti

frontální zóny a množství srážek dosáhlo normálních hodnot (J. Reinhartová 1964). Ve studovaném území, kde (podle srážkom. stanice Rohozná) spadlo 148 mm srážek, byl překročen dlouhodobý srpnový průměr.

Zcela výjimečné podmínky pro tvoření či doplňování zásob podzemních vod byly v mimořádně vodném a vlhkém roce 1965. Vysoká sněhová pokrývka a mimořádné množství srážek v jarních a letních měsících způsobily rozsáhlé regionální povodně a vzestup hladiny podzemních vod a vydatností pramenů (srovn. D. Šacherová, M. Sommer 1965). Výjimečnost tohoto roku nespočívala ani tak v ročních hodnotách srážek a odtoku, jako především v jejich velmi nerovnoměrném rozdělení během roku, které nemělo obdobu ani v jediném roce reprezentativního období 1931—1960 (H. Kříž 1965).

Vysoká vodnost teplého pololetí (prům. průtok  $6,24 \text{ m}^3/\text{s}$ ) byla ovlivněna mimořádnými odtokovými poměry v dubnu až v červenci, kdy se v horní části povodí Jihlavy vytvořila několikavrcholová povodeň, jejíž největší denní průtok dosáhl hodnoty  $34,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hlavní příčinou těchto mimořádných odtokových poměrů byl vývoj počasí v dubnu až červenci. Dubnové rozdělení povětrnostních prvků ovlivnilo nejsilněji deštivé a chladné počasí v druhé polovině měsíce, kdy se nad celou střední Evropou udržela stacionární tlaková níže. V květnu postoupily nad naše území frontální poruchy od Středozezemního moře, které přiváděly vlhký vzduch. Vlivem toho dosáhl ve studovaném povodí (resp. v Rohozné) květnový srážkový úhrn 160 % normálu. Stejnou příčinu měly i značně nadnormální srážky v červnu. Červencové deště pak měly do značné míry bouřkový charakter (srovn. D. Šacherová, M. Sommer 1965). V srpnu a ve zbývajících měsících hydrologického roku 1965 dochází k celkovému poklesu srážkové činnosti a lze předpokládat i postupné odčerpávání zásob podzemních vod.

V následujícím hydrologickém roce 1966 se podobně jako v roce 1960 setkáváme s dosti rovnoměrným rozdělením odtoku na obě pololetí. Také průměrné roční průtoky ve Dvorcích byly v rocích 1960 a 1966 zhruba stejné a oba roky byly srážkově nadprůměrné. V roce 1966 se však mohly na celkovém říčním odtoku větší měrou podílet podzemní vody, jejichž zásoby značně vzrostly v předešlém roce 1965 a byly doplněny při tání sněhu provázeném srážkami v jarním období roku 1966.

Hydrologickou charakteristiku jednotlivých roků, zaměřenou k poznání podmínek tvoření zásob podzemních vod, je účelné doplnit podrobnějším přehledem tzv. suchých období. Suchým obdobím se v hydrologii nazývá časový úsek nejméně čtyři dny dlouhý, během něhož průtoky na tocích poklesnou na hodnotu vody 355denní nebo menší (A. Čerkašín 1963). Podle Hydrologických poměrů ČSSR (1967) je na řece Jihlavě ve vodoměrné stanici Dvorce průměrný průtok 355denní vody  $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ . Přehled suchých období obsahuje tab. 10.

Z tab. 10 vidíme, že během studovaného desetiletí se suchá období nejčastěji vyskytla v roce 1969. Jednalo se však o větší počet poměrně krátkých suchých období. S nejdelsími souvisle trvajícími suchými obdobími se setkáváme v chladných pololetích roku 1963 (73 dní) a v roce 1964 (55 dní). V roce 1963 také dosáhla suchá období svého nejdelsího úhrnného trvání, a to celkem 110 dní. V rocích 1965 a 1966 se suchá období vůbec nevyskytla.

Tab. 10. Počet a trvání suchých období (ve dnech) na ř. Jihlavě ve Dvorcích během desetiletí 1960—1969

Rok	Počet období suchých	Výskyt v měsících	Trvání nejdelšího	Trvání celkem
1960	4	XI, XII, II	19	37
1961	1	VII	5	5
1962	5	VIII, IX, X	21	66
1963	2	XII—III, VII—VIII	73	110
1964	3	XII—II, VII—VIII	55	71
1965	0	—	—	—
1966	0	—	—	—
1967	2	VII, IX	6	11
1968	6	VI, VII, VIII	17	44
1969	7	VII, VIII, IX, X	23	79

### Hydrologická charakteristika pramenů

V horní části povodí Jihlavy se setkáváme s vývěry podzemní vody většinou na mírných svazích nebo v úvalovitých uzávěrech údolí, které představují vlastní pramenné oblasti vodních toků. Prameny, které jsou v horní části povodí Jihlavy systematicky sledovány Hydrometeorologickým ústavem, vyvěrají přibližně podél hlavního evropského rozvodí v blízkosti obcí Čejkov, Chrástov a Milíčov. Jelikož hydrogeologické a ostatní fyziko-geografické poměry nejsou v jednotlivých částech studovaného území příliš odlišné s výjimkou vegetace, je možno předpokládat, že základní poznatky o režimu podzemních vod, získané pomocí údajů o vydatnostech poměrně velmi malého počtu měřených pramenů (celkem pěti), je možno vztahovat na podzemní vody s obdobnými podmínkami oběhu na celém studovaném území.

Prameny, které byly studovány v souvislosti s poznáním režimu podzemních vod, vyvěrají na mírných svazích, které jsou zalesněné nebo pokryté loukami. Podle morfologické pozice je tedy můžeme označit jako svahové (O. Hynie 1961). Po stránce geologické je bezprostřední okolí pramenů u Milíčova tvořeno granitem centrálního moldanubického plutonu. V prostoru pramenních vývěrů u Čejkova a Chrástova převládají kordieritické ruly, tvořící starší horninový obal na kontaktu s centrálním moldanubickým plutonem. Jak již bylo uvedeno, jsou hlavními cestami oběhu podzemních vod pukliny, prostupující těmito horninami.

Značná závislost vydatností pramenů na atmosférických srážkách, která je zřejmá bez podrobnějších výzkumů, ukazuje, že se jedná většinou o podzemní vody s nepříliš hlubokým oběhem. Tomu nasvědčují i údaje o chemickém složení a teplotě podzemní vody, jež jsou k dispozici na Hydrometeorologickém ústavu. Podle těchto údajů jde o slabě mineralizovanou, velmi měkkou podzemní vodu (obsah CaO do 10 mg v 1 lit.), prakticky bez železa a manganu (Fe jen nepatrně). Všechny rozbory prokázaly poměrně vysoký obsah agresivní kyseliny uhličitě. Teplota podzemní vody dosti kolísá. Podle Hydrologických poměrů ČSSR (1967) dosahují maximální teploty 9,2—12,3 °C, minimální pak jen 2,5—3,7 °C.



Při úvaze o zdroji napájení vodních toků je třeba přihlížet k tomu, že prameny odvodňují obzory převážně puklinových vod, položené dosti vysoko nad úrovní větších vodních toků ve studovaném povodí. Jde tedy o obzory hydraulicky nespojené s vodou v povrchových tocích. Lze proto předpokládat, že během povodní se zvýšenou měrou podílejí na napájení vodních toků.

### Výchozí statistické údaje a jejich doplnění

Výchozími statistickými údaji pro posouzení režimu vydatností pramenů byly průměrné měsíční vydatnosti, převzaté z Hydrometeorologického ústavu v Brně. Tyto průměrné měsíční vydatnosti pramenů byly vypočteny z hodnot, stanovených měřeními v týdenních intervalech. Seznam pramenů, jichž se tyto údaje týkají, obsahuje tabulka 1.

Úplné údaje za desetiletí 1960—1969 bylo však možno získat jen pro pramen CHRÁSTOV — Prachatice. U pramene ČEJKOV — Berkův les došlo k přerušení pozorování po dobu čtyř měsíců v roce 1969 (XII—III). Tyto údaje se podařilo snadno a poměně spolehlivě doplnit porovnáním s chodem průměrných měsíčních vydatností pramene CHRÁSTOV — Prachatice. Podobně tomu bylo i s měřeními na prameni MILÍČOV — Brůdek, pro který jsou úplná pozorování až od května 1960. Prameny MILÍČOV — Humna 1 a MILÍČOV — Humna 2 se systematicky pozorují až od roku 1961. Chybějící údaje za rok 1960 byly doplněny podle graficky vyjádřené závislosti mezi průměrnými měsíčními vydatnostmi pramenů s neúplným pozorováním a průměrnými měsíčními vydatnostmi pramenů Berkův les a Prachatice.

### Statistické charakteristiky vydatností pramenů

Hodnoty průměrných měsíčních vydatností pramenů, které se podařilo získat z desetiletého období 1960—1969, představují dostatečně rozsáhlé statistické soubory náhodných veličin, které můžeme dále zpracovávat statistickými

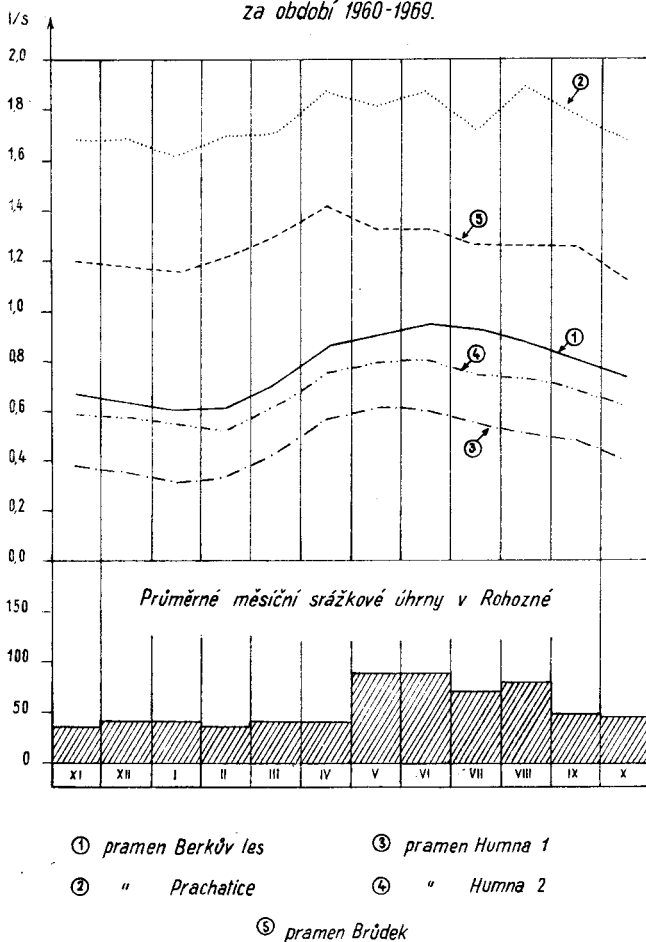
Tab. 11. Průměrné roční vydatnosti pramenů a průměry za desetiletí 1960—1969

Rok	Vydatnost pramene [v l/s]				
	Berkův les	Prachatice	Humna 1	Humna 2	Brůdek
1960	0,81	1,75	0,49	0,71	1,25
1961	0,80	1,89	0,54	0,72	1,18
1962	0,65	1,72	0,38	0,53	1,10
1963	0,54	1,54	0,38	0,54	1,31
1964	0,42	1,41	0,19	0,38	1,18
1965	1,02	2,01	0,71	0,95	1,46
1966	0,98	2,13	0,58	0,81	1,34
1967	1,09	1,98	0,57	0,79	1,21
1968	0,65	1,60	0,43	0,69	1,26
1969	0,84	1,52	0,37	0,54	1,22
1960—1969	0,78	1,75	0,46	0,67	1,25

metodami. Aplikaci těchto metod při výzkumu režimu podzemních vod pracoval u nás R. Netopil (1958, 1961, 1964 aj.) a proto bylo možno využít do značné míry jeho prací. V předkládané studii však šlo jen o vystižení hlavních rysů režimu vydatností pramenů především podle měsíčních průměrů a jejich variability. Podrobnějšímu zpracování týdenních vydatností a otázkám vztahu změn těchto vydatností k chodu některých klimatických prvků bude věnována pozornost v jiné studii.

K základním statistickým charakteristikám patří aritmetický průměr. Z průměrných měsíčních vydatností pramenů byly proto běžným postupem vypočteny roční průměry a z těch pak byly odvozeny průměry za celé desetiletí 1960—1969. Výsledné hodnoty jsou obsaženy v tabulce 11.

*Průměrné měsíční vydatnosti pramenů  
za období 1960-1969.*



Obr. 3. Průměrné měsíční vydatnosti pramenů a průměrné měsíční srážkové úhrny (1960—1969)

Z tabelárního přehledu (tab. 11) je zřejmé, že průměrné roční vydatnosti pramenů se postupně snižovaly od roku 1960 až do roku 1964, kdy byl zaznamenán největší jejich pokles. Ve vlhkém a mimořádně vodném roce 1965 se vydatnosti podstatně zvětšily a zvýšené (nadprůměrné) vydatnosti byly i v následujících rocích 1966 a 1967. Během dalších roků roční vydatnosti opět poklesly, avšak v žádném případě nebyly menší než průměrné vydatnosti z roku 1964. Porovnáme-li změny průměrných ročních vydatností pramenů s popisem srážkových poměrů ve studovaném desetiletí, vidíme, že tyto změny jsou závislé především na množství a rozdělení atmosférických srážek.

Dále byly vypočteny průměrné měsíční vydatnosti za desetiletí 1960—1969. Tyto dlouhodobé (desetileté) měsíční průměry, obsažené v tab. 12, ukazují, že u většiny pramenů dochází vždy na počátku hydrologického roku (XI—II)

Tab. 12. Průměrné měsíční a roční vydatnosti pramenů [v l/s]  
(desetileté průměry za období 1960—1969)

Pramen měsíc	Berkův les	Prachatice	Humna 1	Humna 2	Brůdek
XI.	0,67	1,68	0,38	0,58	1,20
XII.	0,63	1,69	0,36	0,58	1,18
I.	0,60	1,62	0,32	0,55	1,16
II.	0,61	1,69	0,34	0,52	1,21
III.	0,71	1,71	0,44	0,62	1,30
IV.	0,86	1,88	0,57	0,75	1,41
V.	0,91	1,82	0,61	0,80	1,32
VI.	0,94	1,87	0,60	0,79	1,32
VII.	0,92	1,72	0,55	0,74	1,26
VIII.	0,87	1,89	0,51	0,73	1,26
IX.	0,80	1,78	0,48	0,68	1,26
X.	0,73	1,68	0,40	0,61	1,13
Rok	0,78	1,75	0,46	0,67	1,25

k celkovému snížení vydatností. V březnu a v dubnu následuje jejich poměrně náhlý vzestup a v dalších měsících pozorujeme většinou zvýšené vydatnosti, které se v některých případech udržují až do července. V červenci zpravidla probíhá již celkový pozvolný pokles vydatností, který pokračuje s menšími rozdíly až do konce roku (obrázek 3).

Aritmetický průměr dává okamžitou všeobecnou informaci o velikosti (hodnotě) studovaného jevu. Je však ovlivňován krajními naměřenými hodnotami. Proto se někdy používá jako statistické charakteristiky polohy tzv. mediánu ( $\bar{x}$ ), který je dán hodnotou středního prvku statistického souboru, uspořádaného podle velikosti (R. Reisenauer 1965). Medián byl stanoven pomocí čar překročení průměrných měsíčních vydatností pramenů, které jsou znázorněny na obr. 4—8. Mediánu pak na těchto čarách odpovídá hodnota vydatnosti s padesátiprocentním překročením (tzv. obyčejná vydatnost).

Ze skupinového rozdělení četností průměrných měsíčních vydatností, které bylo podkladem pro vynesení čar překročení, byl odvozen i modus ( $\hat{x}$ ). Modus

při nesouměrném rozdělení četností vyjadřuje nejčastěji se vyskytující hodnotu studovaného jevu (znaku). Byl vypočítán podle vzorce

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

kde  $L$  = počátek modálního intervalu,  $h$  = délka modálního intervalu,  $d_1$  = četnost intervalu předcházejícího před modálním intervalem,  $d_2$  = četnost intervalu následujícího za modálním intervalem.

Hodnoty vydatností pramenů, odpovídající mediánu a modu jsou porovnány s příslušnými aritmetickými průměry v tabulce 13. S výjimkou pramene MILÍČOV — Brůdek se hodnoty mediánu a modu liší od aritmetického průměru. To naznačuje, že průměrné měsíční vydatnosti studovaných pramenů představují statistické soubory s nesouměrným rozdělením četností výskytu.

Tab. 13. Medián, modus a aritmetický průměr [v l/s]

Pramen	Medián ( $\tilde{x}$ )	Modus ( $\hat{x}$ )	Aritmet. prům. ( $\bar{x}$ )
Berkův les	0,72	0,84	0,78
Prachatice	1,70	1,45	1,75
Humna 1	0,45	0,55	0,46
Humna 2	0,65	0,75	0,67
Brůdek	1,26	1,25	1,25

Tab. 14. Extrémní vydatnosti pramenů (podle měření 1 × týdně) a největší a nejmenší měsíční průměry [v l/s]

Pramen	Extrémní vydatnosti (měření 1 × týdně)		Měsíční průměry		Rok výskytu	
	maximum	minimum	max.	min.	max.	min.
Berkův les	2,22	0,26	2,06	0,30	1965	1964
Prachatice	5,00	1,10	2,94	1,19	1966	1964
Humna 1	1,28	0,03	1,12	0,03	1965	1963
Humna 2	1,47	0,23	1,45	0,23	1965	1964
Brůdek	2,03	0,32	1,83	0,37	1965	1961

Pozn.: Humna 1 a Humna 2 — období 1961—1969, ostatní 1960—1969

Rozdělení četností vydatností pramene MILÍČOV — Brůdek lze považovat za velmi blízké normálnímu (Gaussovu) rozdělení.

Důležitými údaji jsou extrémní hodnoty a nelze je pominout ani v této práci, zaměřené hlavně ke zpracování měsíčních průměrů. K určení extrémních hodnot byla k dispozici měření pramenů, prováděná v týdenních intervalech. Zjištěné hodnoty se mohou proto poněkud lišit od skutečných maximálních a minimálních vydatností, neboť některé ze skutečných extrémních hodnot se mohly vyskytnout v intervalu mezi dvěma za sebou následujícími měřeními.

Extrémní vydatnosti jsou uvedeny v tabulce 14, obsahující i největší a nejmenší měsíční průměry a příslušné roky výskytu.

Z rozdílů extrémních hodnot vydatností změřených 1 × týdně bylo vypočteno variační rozpětí ( $R$ ), jehož hodnoty uvádíme v tab. 15.

Proměnlivost průměrných měsíčních vydatností pramenů byla posuzována pomocí směrodatné odchylky ( $s$ ) a variačního koeficientu ( $C_v$ ). Při výpočtu směrodatné odchylky bylo možno využít tabulek skupinového rozdělení četností. Vypočtené hodnoty obsahuje tabulka 15.

Tab. 15. Variační rozpětí ( $R$ ), směrodatná odchylka ( $s$ ) a variační koeficient ( $C_v$ )

Pramen	Berkův les	Prachatice	Humna 1	Humna 2	Brůdek
$R$ [l/s]	1,96	3,90	1,25	1,24	1,71
$s$ [l/s]	0,32	0,31	0,21	0,21	0,15
$C_v$ [%]	41,00	18,00	46,00	31,20	12,00

Je třeba zdůraznit, že variační rozpětí bylo počítáno z týdenních vydatností a není tedy dobře porovnatelné se směrodatnou odchylkou a variačním koeficientem, vyjadřujícími variabilitu měsíčních průměrů.

Směrodatná odchylka ukazuje, že největší rozptýlení hodnot měsíčních vydatností kolem aritmetického průměru mají prameny ČEJKOV — Berkův les a CHRÁSTOV — Prachatice. Nejtěsněji jsou naproti tomu soustředěny kolem aritmetického průměru měsíční vydatnosti pramene MILÍČOV — Brůdek.

Vzájemné porovnání pramenů z hlediska jejich rozkolísanosti umožňuje variační koeficient. Podle průměrných měsíčních vydatností se během desítiletí 1960—1969 ukázaly jako nejvíce rozkolísané prameny MILÍČOV — Humna 1 a ČEJKOV — Berkův les. Nejméně proměnlivé byly vydatnosti pramene MILÍČOV — Brůdek a poměrně stálým byl i pramen CHRÁSTOV — Prachatice.

#### Posouzení míry spolehlivosti odhadu základních statistických charakteristik

Podkladem pro výpočet statistických charakteristik vydatností pramenů byly údaje z relativně krátkého pozorovacího období 1960—1969, o němž víme, že nebylo srážkově ani odtokově reprezentativní. Proto je třeba pohlížet na zpracované statistické soubory jako na náhodné výběry, jejichž statistické charakteristiky se mohou více či méně lišit od charakteristik základního souboru. To vede k určité opatrnosti při rozšiřování závěrů, k nimž jsme došli zpracováním určitého počtu hodnot (výběrových souborů), na soubor základní.

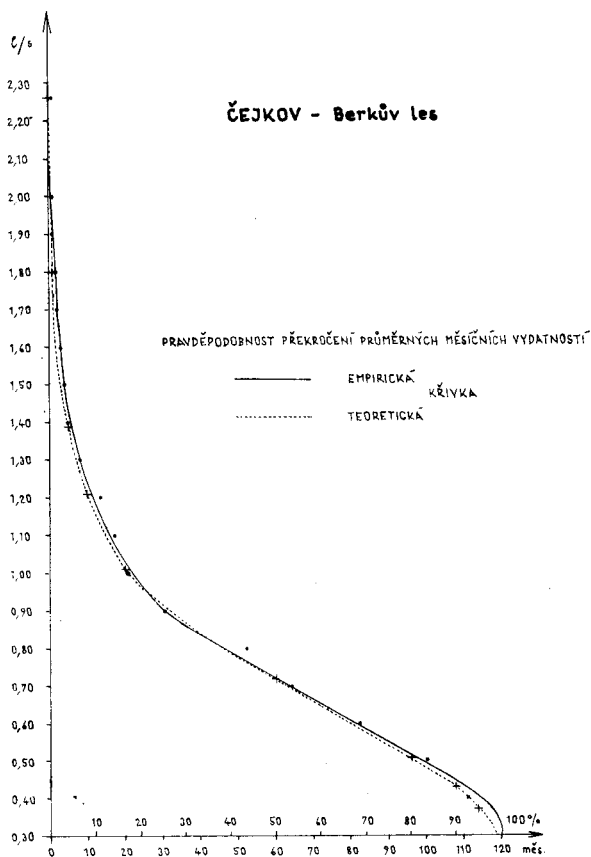
Především je třeba stanovit chybu, které jsme se dopustili při výpočtu aritmetického průměru a směrodatné odchylky. Směrodatnou chybu aritmetického průměru ( $c_x$ ) můžeme vypočítat buď v procentech podle vzorce

$$c_x = \frac{C_v}{\sqrt{n}},$$

kde  $C_v$  je variační koeficient a  $n$  počet členů souboru, nebo ze vztahu

$$c_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

který udává chybu aritmetického průměru v jednotkách studovaného jevu tj. v litrech za vteřinu.



4

Obr. 4.—8. Pravděpodobnost překročení průměrných měsíčních vydatností pramene ČEJKOV — Berkův les (4), CHRÁSTOV — Prachatice (5), MILÍČOV — Humna 1 (6), MILÍČOV — Humna 2 (7) a MILÍČOV — Brádek (8)

Průměrnou chybu směrodatné odchylky ( $c_s$ ) zjistíme z jednoduchého vztahu

$$c_s = \frac{s}{\sqrt{2n}}$$

Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 16.

