

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Separace odtoku na datech z povodí Jenínského toku
za použití různých metod

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek, PhD.

Autor: Bc. Ondřej Kubeš

České Budějovice, duben 2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	Bc. Ondřej KUBEŠ
Osobní číslo:	Z11863
Studijní program:	N4106 Zemědělská specializace
Studijní obor:	Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Název tématu:	Separace odtoku na datech z povodí Jenínského toku za použití různých metod
Zadávací katedra:	Katedra krajinného managementu

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vyhodnocení poměru složek odtoku na povodí Jenínského toku pomocí různých metod separace odtoku. Součástí práce bude zpracování podrobné literární rešerše týkající se členění odtoku vody na jednotlivé složky a přehledu metod umožňujících separaci těchto složek.

1. Literární rešerše na daná témata.
2. Popis konkrétního povodí.
3. Zpracování metod na konkrétních datech.
4. Vyhodnocení a závěr.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50 - 55 stran textu
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Brutsaert, W. Hydrology: An introduction. Cambridge University Press, 2005, 605 s.

Doležal, F., Kulhavý, Z., Kvítek, T., Soukup, M., Tipl, M. Methods of runoff separation applied to small stream and tile drainage runoff.

ERB/FRIEND Conference - Interdisciplinary approaches in small Catchment Hydrology: Monitoring and research, Slovensko, 2002, s. 131-136.

Kněžek, M. Podzemní složka odtoku. VÚV, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1988, 62 s.

Maidment, D.R. (ed.): Handbook of hydrology. McGraw-Hill, New York, 1993, 1424 s.

Smakhtin, V.U. Low flow hydrology: a review. Journal of Hydrology, 240, 2001, s. 147-186.

Články v recenzovaných časopisech (dop. Journal of Hydrology, Hydrological processes, Water Resources Research a další)

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: 8. března 2012

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2013



Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice

L.S.



prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2012

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum...

Podpis studenta

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Pavlu Žlábkovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a vstřícnou spolupráci při zpracovávání praktické části diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za poskytnutí dat z povodí Jenínského toku a za časté cenné rady. Děkuji.

ABSTRAKT

KUBEŠ, O. *Separace odtoku na datech z povodí Jenínského toku za použití různých metod*. České Budějovice 2013. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. Katedra krajinného inženýrství. Vedoucí práce P. Žlábek.

Cílem této diplomové práce je popsat a porovnat různé metody separace odtoku. K tomu je nezbytné vyjasnit základní hydrologické pojmy, které jsou důležité pro pochopení vodního režimu krajiny. Dlouhodobým sledováním vodního režimu celého povodí můžeme snáze odhadovat hydrologické extrémny, jako jsou období sucha nebo naopak devastující povodně.

Práce je rozdělena na dvě části. Teoretickou částí je literární rešerše vysvětlující základní hydrologické pojmy a jednotlivé složky oběhu vody v přírodě, dále přehled metod běžně používaných k separaci odtoku a popis jednotlivých použitých metod. Praktická část nám specifikuje lokalitu zájmového území Jenínského toku, ležícího v českokrumlovském okrese, a dále ukazuje separaci odtoku na základě denních průtoků. Pro porovnávání rozdělení základního a přímého odtoku byly zvoleny metody GROUND, MPGM a digitální filtr dle Chapmana. S těmito metodami jsme za celé sedmileté období ještě porovnali metodu separace minimálních měsíčních průtoků dle Killeho. Nakonec jsme zvolili několik průtokových vln pro metodu analýzy rozčlenění hydrogramu. Práce porovnává přímý a základní odtok separovaný jednotlivými metodami v zájmovém povodí.

Klíčová slova: odtok, metody separace, povodí, hydrogram

ABSTRACT

Separation of runoff based on data from Jenínský stream catchment area using various methods

The aim of this paper is to describe and compare various methods of runoff separation. Therefore it is necessary to explain basic hydrological terms that are important for understanding the water regime of landscape. Long-term monitoring of the water regime of the whole catchment area can provide successful detection of hydrological extremes such as droughts or devastating floods.

The paper is divided in two parts. The theoretical part includes the literature review explaining basic hydrological terms and individual components of water cycle in nature, summary of methods usually used for runoff separation, and the description of the applied methods. The practical part specifies the locality of Jenínský stream, located in the Český Krumlov district. This part further reflects separation of runoff based on the daily runoffs. Methods GROUND, MPGM and Chapman digital filter have been chosen to compare primary runoff and direct runoff. We have also considered the method of separation of minimal monthly runoff according to Kille for seven-year period in relation to the methods mentioned above. Finally, we have chosen several discharge waves for the method of recession curve analysis. The paper compares direct and primary runoff separated by individual methods in the catchment area of our interest.

Keywords: runoff, methods of separation, catchment, hydrograph

1. Úvod.....	9
2. Cíl a metodika práce	10
2.1. Cíl práce	10
2.2. Metodika práce.....	10
3. Literární rešerše.....	11
3.1. Oběh vody v přírodě.....	11
3.1.1. Voda jako nezbytná složka.....	11
3.1.2. Složky oběhu vody.....	11
3.1.3. Složení vody.....	12
3.1.4. Vlastní oběh vody	12
3.2. Odtok vody z povodí.....	14
3.2.1. Povodí jako pojem	14
3.2.2. Retence krajiny.....	14
3.2.3. Hydrologická bilance	15
3.2.4. Vodohospodářská bilance	18
3.3. Složky odtoku a jejich geneze.....	18
3.3.1. Povrchový odtok	19
3.3.2. Podzemní odtok.....	20
3.3.3. Podpovrchový odtok	20
3.3.4. Základní odtok	21
3.3.5. Drenážní odtok.....	21
3.4. Separace odtoku	22
3.4.1. Přehled metod.....	22
4. Materiál	30
4.1. Povodí Jenínského potoka.....	30
4.2. Pedologie.....	31
4.3. Geologie	31
4.4. Klima.....	31
4.5. Hydrologie	32
5. Metody.....	33
Metody experimentálního výzkumu	33
5.1. Metoda Ground	33
5.2. Metoda MGPM (modifikovaná graficko-početní metoda).....	36
5.3. Digitální filtr dle Chapmana.....	39
5.4. Metoda minimálních měsíčních průtoků.....	39
5.5. Analýza rozčlenění hydrogramu	40
6. Výsledky a diskuse.....	41
7. Závěr	59
8. Seznam literatury:.....	61

1. Úvod

Základní podmínkou pro život je bezesporu voda. Patří k těm složkám životního prostředí, o něž musíme pečovat a dbát zlepšování jejich kvality. Česká republika bývá někdy označována jako střecha Evropy, jelikož u nás pramení významné toky, které odvádí vodu do zahraničí, ale žádné zahraniční toky směrem k nám vodu nepřivádějí.

Abychom mohli kvalitě vody napomoci, musíme jí nejprve porozumět a poznat její zákony, cykly a zvyklosti. Zkoumání odtoku vody z povodí je důležité, protože zásoba vody na této planetě není nevyčerpatelná. Denně slyšíme o lidech, kteří trpí jejím nedostatkem. Je to jedna z nejpoužívanějších surovin ve všech odvětvích od cestovního ruchu až po průmysl.

Odtok vody z krajiny je ovlivňován mnoha faktory. Mezi ně patří zejména atmosférické srážky, které jsou jediným zdrojem vody České republiky, dále využití a velikost jednotlivých krajinných plošek a koridorů, hloubka a propustnost půdního profilu, vegetační pokryv a v neposlední řadě sklonitost. Různá prostředí mají také odlišný vliv na kvalitu vody. Lepší výsledky bude vykazovat lesní kultura, naopak více znečištěná voda se bude nacházet v zastavěných územích a pastvinách.

Dlouhodobé pozorování a přesný odečet odtoku je nezbytný pro zjištění zásob vody pro dané povodí, předpovídání hydrologických extrémů či možnosti šíření kontaminace nebezpečné látky. V sušších obdobích je odtok dotován zejména ze zásoby podzemních vod, naopak při zvýšené srážkové události povrchovým a podpovrchovým odtokem.

2. Cíl a metodika práce

2.1. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je prozkoumat a shrnout odbornou literaturu zabývající se metodami separace odtoku vody a následné využití těchto metod při separaci odtoku na konkrétním povodí. Vstupními daty pro výzkum jsou jednotlivé denní průtoky, které byly zpracovány dle jednotlivých metod a jejich výstupy porovnány.

2.2. Metodika práce

První část se zabývá průzkumem odborné literatury zaměřené na separaci složek odtoku z povodí. Druhá část je zaměřena na praktickou separaci odtoku na tři složky v mikropovodí Jenínského toku. Záznam denních průtoků probíhal na profilech J_1 a J_2 . Byly zvoleny metody MPGM, GROUND a digitální filtr dle Chapmana k separaci základního a přímého odtoku. Dále byly tyto tři metody porovnány s metodou minimálních měsíčních průtoků dle Killeho a nakonec byly všechny metody porovnány s metodou rozčlenění hydrogramu na námi zvolených průtokových vlnách.

3. Literární rešerše

3.1. Oběh vody v přírodě

3.1.1. Voda jako nezbytná složka

Říha (1987) označuje vodu za nejvíce rozšířenou látku této planety. Její nerovnoměrně rozdělený výskyt je závislý na čase i prostoru. Je nedílnou a důležitou složkou pro celé životní prostředí, zahrnující rostliny a živočichy, včetně člověka. V rámci koloběhu látek v přírodě na globální úrovni můžeme pohyb vody nazvat uměle nevyvolatelným a skoro nezničitelným, tzn. absolutním. Pohyb je pro vodu existenční podmínkou a nesmí ztratit možnost neustálého vývoje.

Hydrologické procesy dle Hanusina (1996) jsou prostředkem, který umožňuje pohyb vody v krajině. Veškeré tyto procesy souhrnně nazýváme hydrologickým cyklem. Hydrologický proces je tedy chápán jako jakýkoli proces změn skupenství či pohyb vody, který je způsobený zejména silou zemské přitažlivosti a působením Slunce. Krajina je velice ovlivňována vlivem vody, a to nejvíce skupenstvím, ve kterém se voda nachází, dále délkou trvání a intenzitou hydrologických procesů. Čím více je krajina kontrastní a pestrá, tím více roste i různost a rozmanitost hydrologických procesů. Voda nejen působí na krajinu, ale zároveň jí přináší neobyčejné vztahy, které jsou samozřejmě podmíněny jejími chemickými a fyzikálními znaky.

3.1.2. Složky oběhu vody

Netopil (1972) dělí základní složky, které se účastní oběhu vody v přírodě, na srážky (kapalné a tuhé), odtok (podzemní, podpovrchový a povrchový) a vodu zachycenou v umělých a přirozených nádržích. Teplota dále ovlivňuje, v jakém skupenství se vyskytlá voda nachází.

3.1.3. Složení vody

V pojednání Martoně a kol. (1984) je voda definována chemickou sloučeninou jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku. Tato sloučenina je vázána polární kovalentní vazbou. Vzniká zde elektrický dipól, jelikož těžiště záporných nábojů nesouhlasí s těžištěm kladných nábojů. Soudržnost vody je umožněna tzv. vodíkovými můstky; to je vazba, při které se dipóly přitahují svými nejbližšími opačně nabitými konci, a to tak, že vodíkový iont se k jednomu atomu váže kovalentně a k druhému elektrostaticky.

3.1.4. Vlastní oběh vody

Dále Martoně a kol. (1984) uvádí, že základní předpoklad vyvážené situace vody v přírodě je vodní oběh neboli hydrologický cyklus. Je to vlastně neustálý proces oběhu vody na Zemi způsobený zemskou přitažlivostí a faktorem slunečního svitu. V samotném cyklu dochází u vody často ke změně vlastností, fyzicky se však voda nespotřebuje. I přesto, že se nespočetněkrát v cyklu použije, nezmění se tím její množství.

Program OSN pro životní prostředí Český národní komitét UNEP (2003) upozorňuje na fakt, že ačkoli voda patří k látkám s největším výskytem na této planetě, jen asi 2,5 procenta z celého obsahu tvoří vody sladké, zbytek tedy připadá na vodu slanou. Ledovce a nikdy nerozmrzající sněh představují přibližně dvoutřetinový podíl veškeré sladké vody. Dále můžeme počítat mezi zásobu dostupné sladké vody vodu akumulovanou ve zvodnělých vrstvách, řekách a jezerech. Za zmínku také stojí osm tisíc kubických kilometrů vody v uměle vzniklých nádržích. Kromě podzemních vodních zdrojů můžeme označit vodní zásobu jako obnovitelnou. Srážky, jakožto nejpřednější zdroj vody pro ekosystémy i lidi samotné, jsou specifické v obrovských výkyvech ročních, ale i sezónních úhrnů. To má za následek enormní nejednotu v dosažitelnosti vody.

Podle Gordona a kol. (2008) mohou za přemístování materiálu mezi ekosystémy hlavně podzemní voda, evapotranspirace a odtok, neboť napomáhají ke změně energetické rovnováhy krajiny. Hydrologický cyklus bychom tedy mohli označit jako „krevní oběh biosféry“.

Český národní komitét UNEP (2003) dále sděluje, že srážky jsou zadržovány půdou a vegetačním krytem. Odtud prostřednictvím páry postupují do ovzduší, nebo dále plynou přirozeným odtokem do mokřadů či jezer a prostřednictvím řek až do moře. Odpařovaná voda, zejména po dešťové srážce, je bohatou zásobárnou pro život v ekosystémech, lesích, na obdělávané půdě i trvalých travních porostech. Zásah lidského faktoru do celého hydrologického cyklu v současnosti nabývá celosvětového významu. Svědčí o tom roční odběr osmi procent z celkového množství obnovitelné sladké vody, 54 procent odtoku povrchového a 26 procent odpařené vody prostřednictvím evapotranspirace.

Studie Witkowska-Walczak (1996) dokazuje, že především půdní vlastnosti ovlivňují schopnost vody cirkulovat v biosféře. Dále mají vliv na kapacitu zadržované vody a její další přenos a v neposlední řadě na podpovrchový a povrchový odtok a přeměnu srážek.

Kutílek (1978) se specializuje na hydrologický cyklus pevnin a označuje půdu za nádrž o hojném retenčním rozsahu, která je nesrovnatelně větší než retenční rozsah objemu vody ve vodních tocích a nádržích.

Petříček a Cudlín (2003) doporučují k zachování hydrologických poměrů v krajině posílit malý oběh vody, kterým je rozuměn vnitřní oběh v rámci jednoho území v krajině, jedná se pouze o odpar z povrchu a následný spád srážky. K vyrovnanému mikroklimatu je nezbytné zvýšit zadržovací schopnost krajiny, tomu nejvíce napomáhá malý vodní oběh.

3.2. Odtok vody z povodí

3.2.1. Povodí jako pojem

Zákon č. 273/2010 definuje pojem povodí jako území, jehož veškerý povrchový odtok opouští území sítí vodních toků (popř. jezer) do moře, a to v jediném vyústění, ústí nebo deltě.

Pojem dílčí povodí je definován jako území, z něž je celkový povrchový odtok odváděn sítí vodních toků (popř. jezer) do specifického vodního toku (nejčastěji soutok řek či jezero).

Dále definuje vodní zákon hydrologický rajon jako území se shodnými hydrogeologickými poměry, oběhem podzemních vod a typem zvodnění.

3.2.2. Retence krajiny

Petříček a Cudlín (2003) dokládají, že retenční schopnost krajiny je určena její možností zachytit vodu a tím snížit odtok z území po srážkovém úhrnu. Zjednodušeně si pod tímto pojmem lze představit krátkodobé zachycení vody vegetací, na různých objektech, v povodí, dále zachycení vody v povrchové půdní vrstvě, v půdě, v poldrech či v bezodtokové fázi srážkově-odtokového procesu.

Jedná se o funkci krajiny, která pozitivně napomáhá k vyváženému hydrologickému cyklu. Ten má za následek snížení opakování extrémních situací, jako jsou extrémní sucha či povodně, a snižuje odplavování živin.

V pojednání Klemetnové a Juránkové (2003) nalezneme účinnou formu zachycování vody v krajině prostřednictvím biotopů mokřadů, podmáčených územích, říčních niv, rašelinišť, litorálních pásem rybníků a tůní. Svou přirozenou podstatou mají kladný vliv na snižování průtokových maxim a přeměně povodňových vln. Schopností zachytit a akumulovat vodu vytvářejí mokřady prostor, který chrání před povodněmi v dobách zvýšeného průtoku. Přibližně půlhektarový mokřad je schopen pojmout až 7000 m³

Hrabě a Buchgraber (2004) doplňují, že trvalé travní porosty v krajině omezují povrchový odtok svou zadržovací schopností. Dále upozorňují na fakt vysoké schopnosti infiltrace těchto neutužených, humózních a stukturních půd. Tento účinek se projevuje nejvíce na pozemcích s větší sklonitostí, zde dochází k zvětšené zadržovací schopnosti půd s trvale travním pokryvem, a to zejména při příválových, nebo naopak dlouhotrvajících deštích.

3.2.3. Hydrologická bilance

Princip hydrologické bilance

Hydrologická bilance, dle Českého hydrometeorologického ústavu (2002), obsahuje srovnání celkových přítoků, odtoků a případných změn zásob vody v jednom povodí, popřípadě území či vodním útvaru za stanovený časový úsek. Tato bilance ukazuje proměny v zásobách podzemní a povrchové vody; tu má za následek prostorová a časová různorodost přirozených vlivů. Hydrologická bilance poslouží při hodnocení změn zásob vody způsobené zásahy člověka (např. užívání vody).

Ve vyhlášce Ministerstva zemědělství (2001) se dočteme, že Český hydrometeorologický ústav je povinen hydrologickou bilanci sestavovat pro každý rok, neboť její výstupy se stávají podkladem ke zhotovení vodohospodářské bilance.

Základní veličiny hydrologické bilance

V zákoně č. 273/2010 Sb. (vodní zákon) se dočteme, že hlavním úkolem vodohospodářské bilance je porovnání požadavků pro odběry podzemních a povrchových vod a vypouštění vod odpadních s ohledem na udržení využitelné kapacity vodních zdrojů z hlediska kvantity i kvality a v neposlední řadě udržení jejich ekologického stavu. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí stanoví vyhláškou způsob a obsah vodohospodářské bilance.

Dále se tamtéž dočteme, že pro stanovení hydrologické bilance si musíme dát pozor na rozlišení bilančních veličin neboli prvků hydrologické bilance, které jsou dvojího typu. Dělíme je na veličiny, které mají rozměr toků, sem bychom zařadili základní odtok z povodí, odtok z povodí závěrovým profilem, výpar z celého daného území a atmosférické srážky, a dále na veličiny, které mají rozměr zásob, konkrétně zásoba vody v tocích a nádržích, zásob vody podzemní, zásoba vody ve sněhové pokrývce a zásoba půdní vody v provzdušněné zóně.

Atmosférické srážky

Podle Olivera (2005) jsou atmosférické srážky tvořeny vodními kapkami či ledovými útvary, které vznikly kondenzací nebo také desublimací vodní páry v atmosféře. Jedná se tedy o veškerou vodu v tuhém či kapalném stavu v ovzduší, která vypadává z mnoha druhů mraků. Virga, neboli srážkové pruhy, používáme jako označení pro tu část srážky, která sice vypadne z mraku, avšak nedosáhne povrchu Země.

Vypařování a transpirace

Nelson (2003) popisuje proces odpařování jako přeměnu vody na vodní páru za působení tepla, přičemž zahřátí vody způsobuje sluneční energie. Tento proces můžeme také chápat jako přeměnu ze skupenství kapalného do plynného. Výpar probíhá na veškerých vodních plochách od oceánů přes rybníky, řeky, jezera a drobné vodní toky až po vodu ve sklenici. K odparu vody dochází dokonce i z rostlin, tento proces nazýváme pocení. U rostlin dochází k absorpci vody z půdy a následné ztrátě vody z listů. Proces pocení napomáhá rostlinám regulovat nebo udržovat tepelnou energii, podobně jako funguje pocení u zvířat nebo člověka. Faktory, které nejvíce ovlivňují odpar z rostliny či povodí, jsou vlhkost, teplota a vítr.

Odtok z povodí

Odtok je hydrologický pojem udávající množství vody, které odteče za určitý časový úsek z povodí. Faktor ovlivňující odtok je zejména nasycenost půdy vodou v důsledku dešťové srážky. Kvítek a kol. (2005) podotýká, že v dlouhodobém průměru připadne v České republice asi 1450 m³ ročního odtoku na jednoho obyvatele. Tato hodnota však tvoří asi jen třetinu evropského, a dokonce pětinu světového průměru.

Základní odtok

Bedient a Huber (2002) zjistili, že zvýšení hladiny podzemní vody (i o několik desítek centimetrů) může být způsobeno průsakem některých srážek. V přirozeném korytě je základní odtok tvořen vodou z mělkých podzemních vod. Hydrograf naznačuje, že základní odtok může nabývat významného zlomku celkového odtoku ve velkých povodích přírodního rázu, zatímco menšího významu dosahuje v menších povodích s vyšším podílem urbanizované části.

Zásoba půdní vody v zóně aerace

Nebo také půdní vlhkost se podle Gramela (2004) z pedologického hlediska vyjadřuje významnými vlhkostními charakteristikami (tzv. půdní vodní konstanty a hydrolimity, jako polní vodní kapacita, bod snížení dostupnosti vody a bod vadnutí).

Zásoba vody ve sněhové pokrývce

Touto veličinou se zabýváme jen z důvodů hrozby povodní z tající sněhové pokrývky (Jůva, Hrabal, Tlapák, 1987).

Zásoba podzemní vody

Jak uvádí Tlapák, Šálek a Legát (1992), podzemní vodou je myšlena veškerá voda vyplňující dutiny, pukliny a průliny v zóně saturace (nasyčení) a tvořící podzemní souvislou hladinu. Podzemní vody dělíme podle míry propustnosti horninového prostředí, podle hydraulických poměrů ve zvodněném prostředí, podle skupenství nebo teploty a podle druhu látek, jež jsou ve vodě rozpuštěny.

Zásoba vody v tocích a nádržích

Kantor (2003) udává, že zadržovaná a nahromaděná povrchová voda má velký podíl na celkové vodní bilanci, nemůže však významně ovlivnit odtok. Nejdůležitějším faktorem pro zadržování vody v krajině je schopnost infiltrace.

3.2.4. Vodohospodářská bilance

Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství zahrnuje tyto body:

- ohlašované údaje
- hodnocení množství povrchových vod
- hodnocení jakosti povrchových vod
- hodnocení množství podzemních vod
- hodnocení jakosti podzemních vod

3.3. Složky odtoku a jejich geneze

Pilgrim a Cordery (1993) hovoří o rozdělení složek celkového odtoku vody závěrovým profilem z povodí, jako o po desetiletí uznávaném základním nástroji v hydrologii. Hlavní využití nalézá při rozboru poklesových vln k separaci základního odtoku, který je zásoben podzemní vodou, od přímého odtoku vyvolaného srážkovým úhrnem. Přímou pro separaci základního a přímého odtoku bylo vytvořeno mnoho metod. Převážná část těchto metod vychází z analýzy hydrogramu početní nebo grafickou metodou. Graf nejčastěji ukazuje vztah průtoku v poměru k jednotce času.

Práce Mosleyho a McKerchara (1993) upozorňuje na novější trend pohledu na rozčlenění odtoku. Jedná se o separaci třetí hlavní složky na rozhraní základního a přímého odtoku, kterou nazýváme hypodermický odtok. Tento odtok je způsoben mělkým podpovrchovým prouděním vody dolů po svahu, nejvíce k němu dochází v propustných svrchních vrstvách půdy.

3.3.1. Povrchový odtok

Zákon č. 273/2010 Sb. (vodní zákon) definuje povrchové vody jako veškeré vody, které se přirozeně vyskytují na povrchu Země, přičemž tento charakter neztrácejí, ani pokud protékají přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami v podzemí, nebo jsou vedeny nadzemně.

Povrchová voda

Kříž a kol. (1988) stanovují hlavním úkolem hydrometrie povrchových vod především určení množstevních údajů hydrologických prvků, jako vodní stav, průtok, obsah a kategorie splavenin, teplota nebo ledové jevy. Dostupné prostředky nevychází jen z měřících metod a standardních přístrojů, ale také ze vzájemného ovlivňování jevů a jejich návaznosti. Než provádět často složitá měření je jednodušší např. odvodit průměrný průtok z měření výšky vodní hladiny, protože obsah plavenin bude přímo závislý na velikosti průtoku nebo výskytu ledových úkazů, což ovlivní stav vody a její průtok. Je důležité neopomenout, že veškerá prováděná měření mají přímou spojitost s konkrétním vodním útvarem a s časem výskytu daného úkazu.

Tekoucí a stojaté povrchové vody podle Kříže (1988) tvoří pomocí působnosti zemské přitažlivosti souvislou hladinu v místě styku se vzdušným obalem Země. Mezi nejsnadnější prostředky pozorování pohybu vody patří sledování výšky vodní hladiny, jelikož se soustředíme pouze na přírůstky, nebo úbytky vertikálním směrem.

3.3.2. Podzemní odtok

Zákon č. 273/2010 (vodní zákon) označuje za vody podzemní veškeré přirozeně se vyskytující vody, které se nachází v přímém styku s horninami v pásmu saturace (nasyčení), dále vody ve studních a vody v podzemních drenážních systémech.

Dle Říhy (1987) je podzemní voda zařazena mezi nejdůležitější složky životního prostředí a označena jako podstatný článek vodního oběhu v přírodě. Pro lidské potřeby je důležitým a nepostradatelným zdrojem vody, neboť obvykle má čistější chemické složení a přijatelnější fyzikální vlastnosti než voda povrchová z vodních nádrží nebo toků.

Za důležitý úkol hydrologie podzemních vod považuje Kříž (1983) využití některých metod, které mají za úkol zjištění přírodních či využitelných zdrojů podzemní vody. Jedná se buď o určení objemu těchto zdrojů na základě poznatků o režimu podzemních vod, nebo o rozčlenění celkového odtoku na konkrétní složky, tedy na základní, přímý a povrchový odtok.

3.3.3. Podpovrchový odtok

Serrano (1997) dokládá, že nejdůležitějším zdrojem podpovrchového odtoku je vsakovaná voda, která infiltruje do půdy, z povodí je ale odplavena dříve, než dospěje k hladině podzemní vody.

Nejčastější příčinou vzniku podpovrchového odtoku jsou podle Bevena (2001) méně propustné, nakloněné vrstvy půdy, které jsou propojené systémy kořenů a cestiček, nebo vysoký gradient půdní vlhkosti. Když bychom porovnávali podpovrchový odtok s povrchovým odtokem, zjistíme, že podpovrchový odtok je často pomalejší, oba odtoky se často prolínají a během odtokové fáze z povodí dojde k změně formy odtoku i vícekrát.

3.3.4. Základní odtok

Podle ČSN 73 65 30 je základní odtok ta část celkového odtoku, která je zásobena z podzemních vod v daném povodí. Studie Krejčové (1990) ukazuje na zvyšování významu základního odtoku a určování jeho zásob převážně s nárůstem potřeb celé společnosti. Brněnská pobočka Českého hydrometeorologického ústavu proto začala v roce 1981 řešit problematiku separování základního odtoku a v roce 1983 vznikla srovnávací studie zaměřená na výpočet základního odtoku na dvou zvolených povodích (Haná ve Vyškově a Jihlava ve Dvorcích) čtyřmi metodami, a to těmito: metoda Killeho, metoda separace podzemního odtoku s využitím pozorování vodní hladiny, metoda rozčlenění hydrogramu výtokových čar a Castanyho metoda)

Už práce Klinera, Kněžka a Olmera (1978) upozorňuje na často používané metody pro stanovení odtoku podzemní vody, často nazývanou jako základní odtok. Jedná se o tu část přítoku, jež je dotována ze zvodnělé vrstvy hornin (popř. půdy) do vodního toku. Do tohoto odtoku je zařazena určitá část podzemní vody napájející řeky, která se tímto přímo účastní oběhu vody v přírodě.

3.3.5. Drenážní odtok

Doležal a kol. (2001) nabízí celé spektrum popisných a vyhodnocujících metod pro drenážní odtok, ke kterým lze zahrnout i separování jednotlivých složek odtoku uvnitř samotného drenážního odtoku. Všeobecně hovoříme o drenážním odtoku jako o vodě opouštějící podpovrchové odvodnění zemědělských půd. Pro mnoho drobných vodních toků je drenážní odtok specifickou hydrologickou charakteristikou povodí, jehož vhodnou prezentací získaných dat můžeme spočítat vodohospodářský potenciál zamýšlených nebo již vzniklých staveb odvodnění, a dokonce i odhadovat následky špatné údržby těchto melioračních opatření, které jsou u nás hojně rozšířeny.

3.4. Separace odtoku

3.4.1. Přehled metod

Metoda rozčlenění hydrogramu

Kříž (1983) označuje metodu rozčlenění hydrogramu jako nejpoužívanější. Jedná se o dělení průtokové čáry na jednotlivé složky celkového průtoku. Za základní předpoklad pro rozčlenění hydrogramu považujeme fakt, že celkový odtok ze závěrového profilu povodí tvoří tři přirozené složky. Jedná se o podzemní (základní) odtok vody ze zvodnělé vrstvy, podpovrchový odtok, neboli tu část vody v nejsvrchnější vrstvě půdního profilu bez kontaktu s hladinou podzemní vody, a povrchový odtok, který je tvořen odtokem po zemském povrchu.

Naopak Kliner a Kněžek (1974) podotýkají, že nejobvyklejší rozčlenění hydrogramu postačí na dvě složky, tedy na odtok základní a dále odtok povrchový, který obsahuje povrchový i podpovrchový odtok. Vyčlenění samostatné složky podpovrchového odtoku označují za zpravidla nejednoznačné.

Hledáním možnosti zpřesnění dosavadních výsledků se zabíral Duba (1968). Jedna z inovačních myšlenek pro zpřesnění byla založena na domněnce, že když dojde k hydraulickému propojení mezi podzemní a povrchovou vodou, musí i vznikat závislost mezi jejich hladinami. Příčinou chybného stanovení objemu podzemního odtoku byly metody, jež se zakládaly na prostém principu rozložení hydrogramu, ale i naopak podstatně složitějšímu určení hydraulické spojitosti mezi povrchovou a poříční podzemní vodou, což mělo své nedostatky.

Dle Brázdy (1975) je důležité při rozčlenění průtoku na složky neopomenout sledování hladiny podzemní vody ve vrtu s nejmenší vzdáleností od sledovaného místa, případně alespoň posoudit srážky dané oblasti. Další možnost rozdělení hydrogramu vychází z měření vydatnosti pramenů v daném povodí. Přímkou, jež rozdělí hydrogram na základní a přímý odtok, se určí podle průběhu vydatnosti pramenů a zohlední se i rozdělení srážek.

Z hlediska času a prostoru je podle Kříže (1983) poměr složek z celého odtoku velice nestabilní. Tuto skutečnost způsobuje hojný počet různých činitelů vznikajících při odtoku. Používáme mnoho různých metod pro rozdělení hydrogramu na dvě složky, ty však nikdy nepřihlíží ke všem činitelům, které ovlivní celý proces odtoku. Metody si lehce můžeme rozdělit na dvě skupiny. První skupina bude obsahovat metody rozčlenění hydrogramu založené jen a pouze na průtokových vlnách, zatímco v druhé skupině nalezneme metody, které kromě toho přihlížejí i k dalším činitelům ovlivňujícím režim podzemních vod.

Zajíček (1970) označil za nejsnadnější možnost rozčlenění hydrogramu jeho rozdělení vodorovnou přímkou, která prochází místem, kde dojde k nápadnému zvýšení průtoku neboli počátkem průtokové vlny. Jelikož byl tento způsob pro stanovení zejména základního odtoku velice nevyhovující, došlo k vypracování dalších metod. Jedná se kupříkladu o oddělení hranice mezi přímým a základním odtokem přímkou, která propojuje minimální měsíční průtoky, znázorněnou nejlépe lomenou přímkou přihlížející ke tvaru průtokové vlny, jelikož dělicí linie má povětšinou obrácený průběh než průtoková vlna. Zjednodušeně to znamená, že zpravidla je základní odtok nižší v období s nejvyššími průtoky.

Metoda GROUND (separation of GROUNDwater runoff)

Kulhavý a kol (2001) uvádí, že tato metoda byla vyvinuta pro potřebu urychlené přibližné separace základního a přímého odtoku z povodí malé rozlohy, jež má k dispozici střední denní průtoky závěrovým profilem za určité období. Jedná se o empirickou metodu nastavenou tak, aby separace hydrogramu denního odtoku z povodí přibližně kilometr čtvereční vypadaly věrohodně. Málo vodné období by mělo být voleno z důvodu malého kolísání průtoků jako začátek období, jež chceme vyhodnotit.

Metoda MGPM (modifikovaná graficko-početní metoda)

Pro potřebu rozčlenění dlouhodobé datové řady denních středních průtoků na přímý a základní odtok při nedostatku doplňkových měření standardně užívaných k těmto účelům (např. údaje o hladině podzemní vody, vlhkost půdy, srážkové poměry atd.) byla podle Kulhavého a kol. (2001) vytvořena metoda MPGM. Jedná se o rozdělení složek hydrogramu podle předpokladu, že jakákoli výraznější odtoková vlna je zapříčiněna srážkovou událostí, a zohledněním faktu, že deště na sebe mohou být libovolně navázány.

Metoda minimálních měsíčních průtoků

Metoda Killeho (1970) je založena na nejmenších průměrných denních průtocích jednotlivých měsíců za celé sledované období. Jako nejkratší doporučené období je doporučeno alespoň deset let. Vzestupně seřadíme zjištěné průtokové hodnoty a graficky je vyznačíme v pravoúhlé síti. Zde je totiž snadnější možnost získat množinu bodů pro vyrovnání přímkou převážně ve středním a spodním úseku souboru, které jsou pro potřebu stanovit hodnotu základního odtoku nejdůležitější. Průměrný základní odtok ze zkoumaného povodí za sledované období se rovná střední hodnotě získané přímkou.

Sommer (1985) označuje hodnoty podzemního odtoku získané touto metodou za cennou informaci charakterizující celé povodí nebo rozlehlé území. Tyto hodnoty je možné využít i pro vyhodnocení regionálních charakteristik. Data, která jsou potřebná ke zpracování, nepožadují žádné doplňkové údaje a zpracování samotné je relativně snadné a časově nenáročné. Postup zpracování je celkem objektivní a téměř nedovolí zpracovateli subjektivního přístupu, čímž je docíleno toho, že dva různí zpracovatelé těch samých dat by neměli dospět k výrazně různým hodnotám

Metoda stanovení podzemního odtoku na základě nejnižšího průtoku v povrchových tocích

Tento nenáročný způsob, jenž popisuje Casteny a kol. (1970), je založen na domněnce, že vodní toky jsou dotovány převážně z podzemní vody v období nejnižších průtoků. V podstatě si můžeme volit ze dvou možností. První možnost začíná výpočtem průměru z denních průměrných průtoků za 30 po sobě následujících dní s nejmenšími průtoky za jeden rok. Aritmetický průměr z těchto hodnot průtoku za deset let znamená hodnotu podzemního odtoku z celého povodí. Pro druhou variantu budeme potřebovat nejmenší měsíční průměrné průtoky pro jednotlivé roky pro alespoň desetileté období. Z těchto dat vypočtený aritmetický průměr reprezentuje průměrný podzemní odtok.

Indikační metody

Tyto metody jsou podle Kříže (1983) v podstatě založeny na užití umělých, nebo přírodních izotopů (nuklidů). Používají se zejména k pozorování proudění podzemní vody v propustném prostředí, kde se zaměřují na směr a rychlost tohoto proudění. Indikační metody lze použít i pro určení stáří podzemní vody.

Šilar (1975) považuje užití indikačních metod jako důležité pro hydrologické účely závislé na zákonitosti časového i prostorového rozložení izotopů ve zvodněných vrstvách. Z poznatků víme, že změna skupenství vody má za následek frakcionaci jejich nuklidů, tzn. zvyšování či naopak snižování počtu nuklidů obsažených ve vodě. U radionuklidů dochází k rozkladu. My využijeme znalosti zákonitostí těchto změn, abychom mohli pozorovat, jak voda v přírodě obíhá a abychom si vyjasnili přechody z jedné fáze do druhé. Pozorujeme přeměny přírodních nuklidových částic, nebo těch částic, jež jsou do oběhu vody dopravovány uměle, a to nejčastěji jako stopovací látky neboli stopovače.

Metoda digitálního filtru

Pro případ separace pomocí metody digitálního filtru nás Grayson (1996) upozorňuje na nutnost odhadu hodnot koeficientů za pomoci jiné metody (př. analýza rozčlenění hydrogramu), popřípadě užití předem ozkoušených hodnot pro zájmové povodí. Za nejpoužívanější metody digitálních filtrů můžeme považovat digitální filtry dle Boughtona, Lyneho a Hollicka a v neposlední řadě dle Chapmana a Maxwella.

Metoda analýzy rozčlenění hydrogramu

Ve studii Kněžka a Kessla (2000) je při analýze rozčlenění hydrogramu považováno jako předpoklad, že výtoková čára znázorněná v časově vyjádřené poklesové větvi ukazuje klesající množství odtoku. Poklesová větev je poměrně stabilního rázu, pokud ovšem nedojde k ovlivnění výtokové čáry přírodním či lidským faktorem. Dostatečně dlouhé úseky výtokových čar, neboli ideálně dlouhá časová řada beze srážek, je v našich krajinách největším ztížením, neboť k ní dochází jen zřídka.

Císlarová (2003) se domnívá, že po velmi malé srážce často dojde k velmi intenzivnímu odtoku, jelikož dochází k nasycení půdního profilu jen s minimálním poklesem sacího tlaku. To má za následek hojně vyprázdnění systému. Při tvorbě extrémních průtoků je velké nebezpečí neúměrného zvýšení objemu, jenž opouští povodí, a hrozí až povodňové ohrožení, jelikož zadržovací a sací schopnost půdy je v těchto případech minimální. Tento fakt se týká především horských hraničních oblastí hlavně z důvodu, že tyto jevy nejsou zohledňovány v hydrologických předpovědích.

Metoda bilance podzemních vod vycházející z rozkvyu jejich hladiny

Předmětem této metody je podle Zajíčka (1966) zhodnocení podzemních vod v části půdního profilu a hornin, kde jsou veškeré volné pukliny zaplněny vodou. Tento prostor též zveme pásmo nasycení neboli pásmo saturace. Vychází se z údajů hodnot rozkvyu, tzn. rozdílem mezi nejnižší a nejvyšší hladinou podzemní vody

zaznamenaného dlouhodobým pozorováním. Zhodnocujeme i charakteristiky ovlivňující rozkyv hladiny v krátkodobějších časových intervalech. To vše je možné za splnění podmínky předpokladu volné hladiny podzemní vody, která se nachází výlučně pod vlivem změn v pásmu provzdušnění a odvodnění.

Metoda postupných profilových průtoků

V práci Klinera, Kněžka a Olmera (1978) se dozvíme, že metoda postupných profilových průtoků se zakládá na nestejněměrné vodnatosti toku po celé jeho délce, tedy od pramenu k ústí, v závislosti na celkové ploše zájmového povodí. V jednotlivých úsecích na toku dochází k měření průtoků a výslednými čarami těchto propustných profilových průtoků se tento vztah znázorňuje graficky. Pro správné umístění těchto čar vycházíme z předpokladu, že průtok ve stanoveném bodu toku je výslednice působení faktorů, jež uplatňujeme pro tvorbu hydrologického režimu daného území.

Pelikán a Slavík (2012) sestavují čáry postupných profilových průtoků podle získaných měření průtoků, jež byla získána v relativně suchých (tzn. bezsrážkových) obdobích, kdy podzemní voda tvoří převládající složku odtoku z území, zatímco příspěvky ostatních složek odtoku jsou zanedbatelné. Toto je jediný správný postup, jak touto metodou vypočítat jakékoli nestandardnosti v chování odtoku vody, které jsou zapříčiněny přítokem vod podzemních a podmíněny hydrologickými a tektonickými poměry a celkovým geologickým charakterem území.

Kliner, Kněžek a Olmer (1978) dále podotýkají, že touto popsanou metodou je postižena pouze jedna složka přírodního zdroje podzemní vody, jež se projevuje jako základní odtok. Když chceme určit přírodní zdroj podzemní vody, je třeba informace nabyté tímto způsobem upřesnit a doplnit (např. o hydrologickou bilanci). Dále je třeba vzít v potaz, že získané výsledky nesrovnalostí v průběhu odtoku jsou přímo úměrné přesnosti měření jednotlivých průtoků.

Genetické metody

Tyto metody považuje Kouřil (1975) jako metody založené na genezi, tzn. poznatky původu a vzniku hydrologických pochodů a jejich následných dějů. Při činnosti těchto jevů se podzemní voda dostává do vztahu s přírodním prostředím. Pro hydrologii podzemních vod mají tyto metody význam zejména pro poznatky o hydrologických procesech vzniku a následného odtoku podzemní vody.

Pod zemským povrchem, tedy v horninovém a půdním prostředí, probíhají podle Zařka (1966) hydrologické procesy. Jedná se o náhodné (stochastické) děje, to však nevylučuje působení příčin jejich vzniku. Vznik hydrologických jevů, jež jsou důsledkem těchto procesů, je významně ovlivněn mnoha různými faktory, jejichž působnost je proměnlivá v prostoru i čase. Podstatou genetických metod je zejména znalost závislostí a vztahů mezi hydrologickými jevy a faktory, které zapříčinily jejich vznik či jakýmkoliv způsobem mají vliv na jejich změny.

Pro odtékání i doplňování zásob podzemní vody je nejdůležitější hnací silou gravitace. Kříž (1983) přiřazuje významnou úlohu procesům, které probíhají v pásnu areace (provzdušnění), v úseku půdního a horninového prostředí, ve kterém jsou části dutých míst vyplněny vzduchem. Pásmo areace má zásadní vliv na část oběhu vody probíhající pod povrchem Země, protože představuje přechod vody mezi atmosférou a zemským povrchem a dále mezi podzemní vodou v pásnu saturace (nasycení), kde jsou naopak veškeré volné prostory vyplněny vodou.

Metody matematické statistiky

Kříž (1983) dokládá, že prvotní informace o hydrologických dějích dostaneme pozorováním hydrologických procesů. Kvantitativní informace o množství hydrologických prvků jsou výsledkem těchto pozorování. Jedná se o prvky statistického souboru jako např. teplota vody, vydatnost pramene, stav hladiny podzemní vody atd. Ke zpracování tohoto souboru lze použít standardní statistické a matematické metody, jež je třeba upravit pro požadovaný účel.

K hledisku statistického zpracování uvádí Brázda (1975) důležitou podmínku pro prvky souboru, a tou je alespoň jedna vlastnost, která je společná pro všechny prvky souboru a kterou nazýváme statistický znak. O souboru splňujícím tuto podmínku můžeme prohlásit, že je stejnorodý neboli homogenní. V případě, že hodnota sledovaného znaku se mění, tedy není u všech shodná, se jedná o veličinu proměnnou. Často posloupnost proměnných jevů nevykazuje zjevnou závislost z důvodu, že výskyt sledovaných znaků je ovlivněn ve výsledku působením mnoha různých faktorů.

Kartografické metody

Kartografické metody uplatňované v hydrologii používáme podle Kříže (1983) pro znázornění vodního režimu na mapovém podkladu pro určité území, k plošnému vyjádření charakteristik vodního oběhu či vyjasnění zdrojů a ochrany podzemní vody. Dále jsou využívány k prostorovému určení přesné polohy nálezů významných přírodních pramenů či studní a vrtů, které také zanášíme do map námi nejvíce vyhovujícího měřítka, podle velikosti zobrazovaného území nebo potřeby z hlediska podrobnosti. Nejkomplikovanějším úkonem je vytvoření přesného prostorového modelu podzemní vody kartografickým znázorněním.

Metody modelování

Szolgay (1979) vyjasňuje pojem model jako abstraktně vymyšlený či fyzicky realizovaný systém, který napodobuje nebo přímo zobrazuje zájmový objekt pro výzkum. Dále je důležitý předpoklad, že tento model je natolik reprezentativní, že jeho studie nám může poskytnout novou informaci.

Podle Kříže (1983) slouží model jako teoretické zkoumání objektu způsobem vedoucím k objasnění nových poznatků. Poskytuje vysvětlení teoretických pojmů tím způsobem, že k závěru se dojde snadněji než jen za použití teorie. Metody modelování tvoří jakýsi pomyslný článek spojující teorii s objektivní realitou prostřednictvím možnosti doplňovat a kvantifikovat teorii.

V práci Klinera, Kněžka a Olmera (1978) najdeme rozlišení různých druhů modelů. Nejpoužívanější rozdělení modelů je na matematické a fyzikální. Fyzikální modely zachovávají do určité úrovně podstatu zkoumaného objektu ve zmenšeném nebo dokonce i stejném měřítku, zatímco v druhém případě jsou úplně nahrazeny procesy, které jsou odlišné od fyzikální povahy. V případě, že oba procesy, tedy modelovací i reálný, jsou formulovatelné shodnými matematickými důkazy, se jedná o modely analogové, v opačném případě hovoříme o kvazianalogových modelech.

Kříž (1983) dále podotýká, že matematické modely mají s modely v někdejší slova smyslu jen pramálo společného, jelikož se zakládají na analogii spočívající v upřesnění některých fyzikálních zákonitostí v podobě matematických vzorců. Největší rozvoj užití modelů v hydrologii přišel s rozvojem počítačové techniky pro tyto účely.

Matematické modely uplatňované v hydrologii založené na různých principech se podle Banského a Muchy (1975) dělí na:

- analogické modely
- metody využívající numerických řešení parciálních diferenciálních rovnic proudění podzemní vody
- metody modelování využívající princip zákonitosti teorie pole a jeho potenciálu.

4. Materiál

4.1. Povodí Jenínského potoka

Zájmové území Jenínského potoka je situováno v katastrálním území obcí Jenín a Horní Kaliště, jež připadá do správního území obce Dolní Dvořiště, tedy nedaleko státní hranice s Rakouskem. Z půdního zastoupení zde převládají kambizemně a pseudogleje na granitovém a rulovém podloží severní části Českokrumlovské vrchoviny. Dominantou severní části povodí je nejvyšší vrchol Žibřidovský vrch dosahující výšky 870,3 m.n.m.

4.2. Pedologie

Albrecht (2003) uvádí že Českokrumlovský region se z pedologického pohledu řadí do oblastí půd kambizemních podzolů, horských podzolů a silně kyselých kambizemních půd. Naleziště hornin na tomto území jsou nejvíce zastoupeny rulami, granity, svory a fylity. Rozpadem matečních hornin, a to zejména svorů a svorové ruly, zde vznikly půdy s vysokým obsahem slídy. Mezi nejčastěji se vyskytující půdy zde řadíme:

- glejovou půdu
- oglejenou půdu
- hnědou půdu glejovou
- hnědou kyselou půdu slabě oglejenou
- hnědou kyselou půdu

4.3. Geologie

Území Jenínského potoka se z geologického pohledu zařazuje do oblasti moldanubika, což znamená geologická jednotka Českého masivu. Tvoří jeho jihozápadní a jižní část. Domníváme se, že jde o staré prekambrikové (tj. období ve vývoji Země) jádro obklopené mladšími vrstvami. K metamorfóze hornin dochází při přeměně propustného masivu hlubinných vyvřelišť. Prvními horninami byly hlavně mořské sedimenty, nejčastěji uhelnaté horniny, břidlice, slepence, vápence a pískovce. Díky přetváření zde můžeme nalézt různé druhy vápenců, krystalických křemelců, migmitů a pararul. V menší míře je zde možno natrefit na granity, ortoruly, hadce anebo amfibolity.

4.4. Klima

Povodí Jenínského toku je situováno v klimatické oblasti B10. Oblast je definována jako velmi vlhká, vrchovinová a mírně teplá. Nejzastoupenější směr vanutí větru je zde západ. Průměrné roční teploty se pohybují v intervalu 6 – 7 °C a roční úhrn srážek bývá v rozmezí 650 – 800 mm.

4.5. Hydrologie

Zvolené povodí Jenínského potoka (číslo hydrologického povodí 1-06-01-138) se řadí do povodí Vltavy, které se dále zařazuje do povodí Labe. Z velké části převládají na toku úseky bez podstatných lidských zákroků, které jsou vedeny v údolnici, kde se v převážné části nachází hojně se vyskytující stromová a keřová doprovodná zeleň, ale také mokřadní dřeviny a různé byliny. Tok je 2,250 km dlouhý, pramen se nalézá v nadmořské výšce 691,0 m.n.m a dále ústí v 637,0 m.n.m.. Celkový úsek údolnice činní 4,10 km při průměrném spádu 23,8 ‰. Rozloha povodí představuje 4,64 km² a celkové zastoupení lesního porostu je asi 10 procent z celkové plochy povodí. Absolutní spád toku je 54m, ačkoli spád celého povodí je 232 m. Vějířovitý tvar povodí Jenínského potoka má sklon toku přibližně 2,4 procenta.

Pro vyhodnocení srážko-odtokových událostí byly sledovány dva uzávěrové profily označované J1 a J2. Pro subpovodí J1 je uzávěrovým profilem drenážní výúst odvodňující pastviny, jelikož převážná část celkového území je zaměřena na živočišnou zemědělskou výrobu. Jen asi desetina subpovodí je pokryta lesem, zejména ve vyšších místech povodí poblíž rozvodnice. Subpovodí J2 je stejně jako J1 tvořeno převážně zemědělskou půdou s podobnými charakteristikami s tím rozdílem, že v tomto subpovodí zabírá nadpoloviční většinu pěstební areál obsahující funkční místa pastvin, konkrétně krmiště, ložiště a napájecí místo. Rozdíl nalezneme také v zastoupení zastavěných ploch. Zatímco množství zastavěných ploch z celkového území J1 neobsahuje ani setinu procenta, v J2 zastavěné území lehce převyšuje desetinu procenta (díky rekreační zástavbě). V tomto území je i ve větší míře zastoupen lesní porost, a to přibližně na pětině území, jedná se opět o nejvyšší místa subpovodí.

5. Metody

Metody experimentálního výzkumu

Kříž (1980) specifikuje záměr experimentálního výzkumu na modelovém povodí na podrobně zaměřenou studii bilance a oběhu vody v zájmovém povodí. Jedná se zejména o stanovení míry dopadu různých faktorů na režim a oběh vody. Jedná se o působení změn projevujících se kvalitativně i kvantitativně. Mimo to se můžeme zaměřit při samotném výzkumu i na leckteré metodologické problémy, otázky hydrologických anomálií nebo problematiku staničení sítí.

5.1. Metoda Ground

Jain (1997) uvažuje pro tuto metodu časový krok jeden den a slovem průtok je myšlen střední denní průtok. Metoda obsahuje jediný proměnlivý vstupní parametr, koeficient přírůstku základního odtoku COEF. Empiricky odladěná hodnota COEF pro povodí řádu 1 km² je 0,075. Vnitřními parametry, nepočítáme-li pomocné proměnné, jsou přírůstek základního odtoku DIFF a logická proměnná FLOOD. Vstupem je řada středních denních, nebo v jiném konstantním časovém kroku průměrných průtoků nebo odtoků. Výstupem jsou dvě řady středních denních, nebo obdobných průtoků představujících v pořadí přímý a základní odtok z povodí. Součet přímého a základního odtoku v každém časovém intervalu je roven celkovému odtoku.

Podle práce Kulhavý a Švihla (1999) se v následujícím textu uvažuje jako časový krok jeden den a slovem „průtok“ je míněn střední denní průtok. Dále je zde z důvodu zachování úplného a přesného popisu metody uvedena doslovná citace.

Algoritmus metody GROUND

1. první člen řady je považován za základní odtok, tzn. přímý odtok je v prvním dni považován za nulový. Dále je předpoklad, že během prvního dne ani ve dnech jemu předcházejících nenastal zvýšený průtok nebo dokonce povodňová

situace (Flood = False). Přírůstek základního odtoku Diff se tedy nastaví na nulovou hodnotu.

2. V každém následujícím dni se měřený průtok srovnává s průtokem ve dni jemu předcházejícím. Další kroky jsou však závislé také na tom, zda přetrvává povodňová situace z předchozích dní či nikoli. Zpravidla mohou nastat tyto 4 případy:

2.1. Povodňová situace nepřetrvává, průtok se nezvyšuje. Celý průtok se označuje jako základní odtok a přímý odtok v daném dni má nulovou hodnotu.

Diff = 0 a Flood = False se nemění.

2.2. Povodňová situace se mění, průtok se zvyšuje. Celý základní odtok se rovná průtoku z předchozího dne a celý přírůstek průtoku je považován za přímý odtok. Takto nalezené hodnoty přímého i základního odtoku mohou však být v následném kroku upravovány. Tento případ se považuje za začátek povodňové situace (Flood se nastaví na True), Diff se nastaví na hodnotu COEF-násobku přírůstku celkového průtoku (uplatní se však až v dalším dni).

2.3. Povodňová situace přetrvává, průtok narůstá. Pak se rozlišují následující dva případy:

2.3.1 Průtok v daném dni je nižší než základní odtok ve dni předešlém zvýšený o hodnotu Diff nastavenou v předešlém dni. Celý průtok je označován za základní odtok a přímý odtok v daném dni je nulový. V případě, že je současně základní odtok v daném dni menší než základní odtok v předešlém dni, pak se na hodnotu základního odtoku v měřeném dni zpětně nastaví i základní odtok v předešlém dni (sníží) a přímý odtok ve dni předešlém se o tuto hodnotu zpětně zvýší.

2.3.2 Průtok v měřeném dni je větší než základní odtok ve dni předešlém zvýšený o hodnotu Diff nastavenou v předešlém dni nebo je takto zvětšenému základnímu odtoku roven. V tomto případě se základní odtok

v měřeném dni rovná základnímu odtoku ze dne předcházejícího zvětšenému o hodnotu Diff nastavenou ve dni předcházejícím a zbytek průtoku je považován za přímý odtok.

Poté se vždy v případě 2.3 odhaduje druhá derivace průtoku podle času ve dni předcházejícím jako rozdíl průtoku v měřeném dni a průtoku dva dni před ním:

$$X(A) - X(A-2) \quad (1)$$

Kde $X(A)$ je průtok v A -tém dnu. V případě, že derivace je kladná, tzn. je-li hydrogram konvexní, roste přírůstek základního odtoku Diff (pro následující den) o Coef-násobek přírůstku celkového odtoku. V případě záporné nebo nulové derivace (tzn. hydrogram je konkávní nebo přímý), hodnota Diff zůstává. V obou dvou případech přetrvává i nadále povodňová situace.

2.4 Povodňová situace zůstává, průtok se nezvyšuje

2.4.1 Průtok v měřeném dni je větší než základní odtok v předchozím dni změněný o hodnotu Diff nastavenou v předchozím dni nebo je takto zvětšenému základnímu odtoku roven. V tomto případě se základní odtok v měřeném dni rovná základnímu odtoku z dne předchozího zvýšenou o hodnotu Diff nastavenou v předchozím dni a zbytek průtoku je považován za přímý odtok. Povodňová situace trvá i nadále, hodnota Diff se nemění.

2.4.2 Průtok v měřeném dni je menší než základní odtok v předešlém dni zvětšený o hodnotu Diff nastavenou v předchozím dni. V tomto případě je celý průtok považován za základní odtok a přímý odtok v měřeném dni je roven nule. Tento den je považován za konec povodňové situace. (Flood se nastaví na False, Diff se nastaví na nulovou hodnotu). Pokud je přitom základní odtok v měřeném dni nižší než základní odtok v předešlém dni, pak se hodnota základního odtoku v měřeném dni nastaví zpětně (i základní odtok v předchozím dni), sníží se a odtok v předešlém dni se o tutéž hodnotu zpětně zvýší.

5.2. Metoda MGPM (modifikovaná graficko-početní metoda)

Úkolem algoritmu je podle práce Kulhavý a Švihla (1999) odseparovat tu část odtoku, která je přímou odezvou na příčinnou srážku. Vychází se z toho, že základní odtok má mít souvislý průběh s pozvolnými změnami v závislosti na vývoji dlouhodobé hydrologické bilance konkrétního povodí. Nemůže být vyšší než celkový odtok v závěrovém profilu.

Algoritmus metody MPGM je zpracován v softwaru Visual Basic jako možná tabulková aplikace pro Excel.

Kulhavý a Švihla (1999) si nejprve pro celý soubor dat středních denních průtoků $Q_d(i) = (i = 1, \dots, n)$ vypočtou směrnice grafu (tzn. první derivace – podle času):

$$V_d(i) = \frac{Q_d(i) - Q_d(i - 1)}{DT} \quad (2)$$

Kde: $Q_d(i)$, $Q_d(i - 1)$ jsou středními průtoky v i -tém nebo v $(i - 1)$ -tém výpočtovém intervalu, v pořadí ($L^3 \cdot T^{-1}$),

DT je délka výpočtového intervalu (T), v našem případě jeden den,

$V_{d(i)}$ je směrnice (derivace průtoky dle času) pro rozhraní mezi $(i - 1)$ -tým a i -tým intervalem, která je přiřazena i -tému intervalu ($L^3 \cdot T^{-1}$),

n je celkový počet datových bodů (intervalů)

Poté je vyhodnocena celá posloupnost takto zjištěných směrnic (pro $i = 2$ až $n - 1$). Všechny směrnice jsou hodnoceny dle svého algebraického znaménka a podle algebraického znaménka směrnice následující po ní. Jednotlivé výpočtové intervaly jsou takto rozděleny do pěti kategorií (0 – 4).

Kategorie 0: bod na vzestupné větvi hydrogramu nebo tupě konvexní lomový bod na začátku vrcholu vlny (tyto body nemají při separaci žádné specifické použití)

Kategorie 1: tupě konkávní lomový bod hydrogramu, který znamená počínající růst průtoky přicházejícího po období ustáleného průtoky (celkový odtok

je v bodě i vždycky shodný s odtokem celkovým), z těchto a bodů kategorie 4 jsou odvozeny uzlové body přechodové křivky vyčísující základní odtok)

Kategorie 2: bod ležící na poklesové větvi hydrogramu nebo na jejím konci (v případě, že následuje období ustáleného průtoku) nebo uvnitř období ustáleného průtoku. Na základě těchto bodů se v dalších početních krocích identifikují výtokové čáry, při vlastní separaci však tyto body neposkytují žádné specifické použití.

Kategorie 3: vrchol vlny hydrogramu nebo tupě konvexní lomový bod na konci vrcholu vlny, který znamená začátek poklesu průtoku po období ustáleného průtoku (základní odtok je vždy nižší než celkový odtok)

Kategorie 4: (ostře konkávní lomový bod) tyto body a body z kategorie 1 vedou k odvození uzlových bodů přechodové křivky ukazující hodnotu základního odtoku.

V prvním intervalu ($i = 1$) je celý průtok považován jako základní odtok, přímý odtok je nulový. Za základní odtok (s možností zpětné korekce) jsou považovány průtoky $A_{d(i)}$ ve všech (i) intervalech, které jsou řazeny do kategorie 1 a nebo 4. Než nastane taková situace, je považován základní odtok stejný jako celkový odtok. Po zaznamenání intervalu kategorie 1 a nebo 4 je i v tomto případě základní odtok považován za stejný jako celkový odtok. Tento interval je považován za začátek nové průtokové vlny. Když se v nejbližším čase objeví další interval z kategorie 1 a nebo 4, je považován za konec průtokové vlny. Dále se zkoumá, zda se v období mezi těmito intervaly nevyskytl také interval kategorie 3 (vrchol vlny a nebo konec vrcholu vlny)

Má-li situace jiný průběh, nebo je-li prodleva mezi počátkem a koncem vlny menší než 6 intervalů, hodnota základního odtoku se ukáže v období mezi začátkem a koncem vlny (první a druhý bod z kategorie 1 nebo 4) parabolickou přechodovou křivkou

$$\frac{Q_2^2 - Q_1^2}{Q_2^2 - Q_1^2} = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

Kde:

Q_Z základní odtok v čase t ,

Q_1 celkový odtok v čase t ,

Q_2 je celkový odtok v čase t_2

t_1 čas jenž odpovídá začátku přechodové křivky (první interval kategorie 1 nebo 4)

t_2 je čas odpovídající konci přechodové křivky (druhý interval kategorie 1 nebo 4)

V tomto období nastávají jen dva případy, základní odtok stále stoupá, nebo stále klesá, podle toho zda je Q_2 nižší nebo vyšší než Q_1 . Tempo stoupání, a nebo klesání základního odtoku závisí zejména na Q_1 , Q_2 a na čase. Tempo klesání s časem roste, tempo stoupání s časem klesá. Takto zjištěný základní odtok by v žádném případě neměl převyšovat hodnotu celkového odtoku. V případech, kdy přechodová křivka vystoupí nad hodnoty hydrografu celkového odtoku, je základní odtok kladen stejný jako celkový odtok.

5.3. Digitální filtr dle Chapmana

Rozlišení odtoku na složku hypodermického (podpovrchového) a základního (podzemní) odtoku a následný výpočet dle Chapmana:

$$Q_{total} = Q_{quick} + Q_{slow}$$

$$Q_{slow}(i) = \frac{k}{2-k} Q_{slow}(i-1) + \frac{1-k}{2-k} Q_{total}(i)$$

$$Q_{slow}(i) \leq Q_{total}(i)$$

Obr. č. 1 – vzorec (5) pro výpočet základního odtoku metodou digitálního filtru dle Chapmana

Kde: Q_{slow} – základní odtok

Q_{total} – celkový odtok

$Q(i)$ – průměrný denní průtok v i -tém dni

K - bezrozměrná konstanta (nastavená na 0,99483)

5.4 Metoda minimálních měsíčních průtoků

Tato Killeho (1970) metoda vychází z nejmenších průměrných denních průtoků pro jednotlivé měsíce za celé, alespoň desetileté období. Základ metody, tedy výběr nejnižšího měsíčního průtoků pro jednotlivý měsíc, je totožný s některými metodami separace základního odtoku z hydrogramu. Výhoda této metody spočívá v tom, že získané hodnoty se vzestupně seřadí a vynesou do semilogaritmické sítě. Dolní část množiny bodů lze přímkou aproximovat do vyšších hodnot. Čím delší je zvolené časové období, tím stářejší bývá průběh množiny. Průměrný podzemní odtok za zpracované období dostaneme tak, že přeneseme vyrovnávací přímkou do lineárního zobrazení a tím nám vznikne exponenciála, její osy omezují plochu představující celkový odtok z území.

5.5. Analýza rozčlenění hydrogramu

Poklesová nebo také výtoková větev má dle práce Stehlíka (1998) svůj charakteristický průběh. Horní část poklesové větve ukazuje prudké klesání průtoku, dolní část naopak poklidnější klesání průtoku. Obě tyto části se dostávají až téměř k hranici nejnižších průtoků, tzn. ke kapacitě zásoby vody, které nejde již z povodí odčerpat.

Obecně je znám fakt, že dva inflexní body pro metody rozčlenění hydrogramu jsou stanoveny exponenciálně sestupující křivkou:

$$q_e = q_0 e^{-t/k} \quad (4)$$

kde: q_e – Hodnota průtoku v čase,
 q_0 – hodnota průtoku v čase 0,
 k – konstanta
 t – čas,

O výsledku této rovnice nám Serrano (1998) říká, že když se rovnice rovná, má poklesová větev tvar přímky. Rozčlenění hydrogramu pomocí poklesové větve představuje rozčlenění celkového objemu odtoku na účinnou srážku a podzemní odtok s delší dobou zadržení.

Stehlík (1998) označuje za výhodu výpočtu analýzy hydrogramu to, že takto zjištěné parametry poskytují souhrnné informace o hydraulických vlastnostech horninového prostředí v rámci celého povodí.

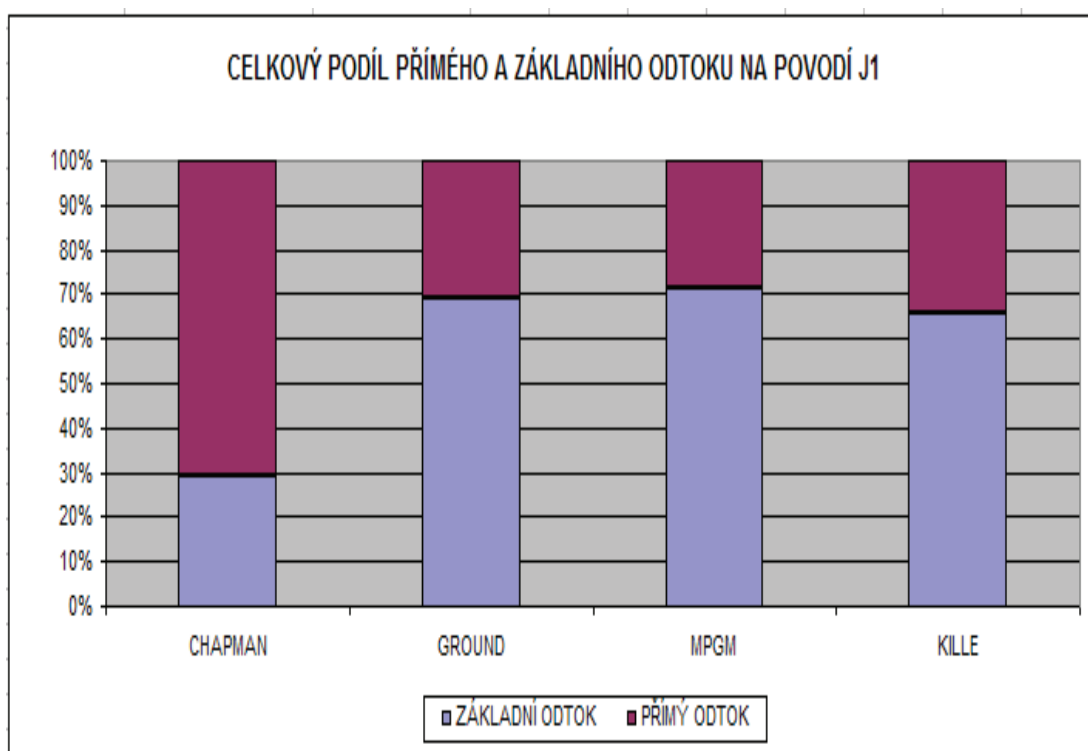
6. Výsledky a diskuse

Hodnoty měřených průtoků na profilech J1 a J2 na Jenínském potoce byly zbaveny nesmyslných hodnot a dále byly nahrazeny chybějící hodnoty. Pro nahrazení těchto hodnot byla použita metoda interpolace, nebo analogické odvození od hodnot z druhého profilu. Pomocí čtyř metod byla provedena separace celkového procentuelního podílu přímého a základního odtoku, jedná se o metodu minimálních měsíčních průtoků dle Killeho, metodu Ground, metodu MPGM (primárně určeny spíše pro separaci základního odtoku) a metodou metodu digitálního filtru dle Chapmana (určena spíše pro separaci přímého odtoku). Pro výpočet výše zmíněných metod postačuje pouze datová řada průměrných denních průtoků v závěrovém profilu.

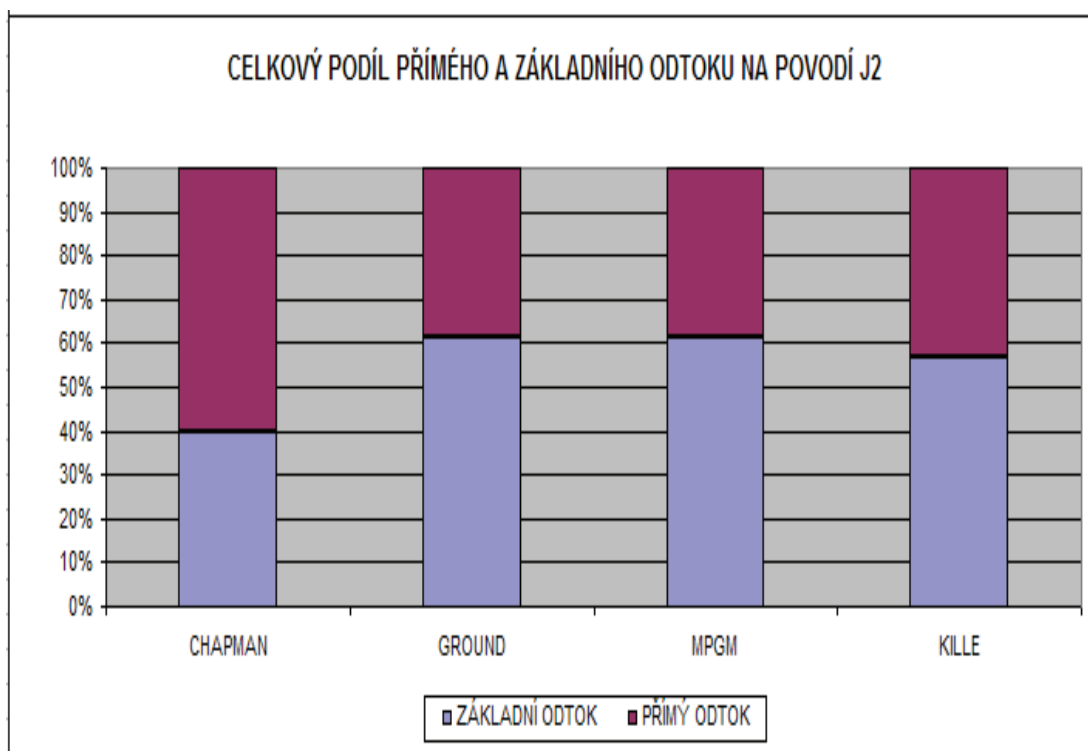
Jelikož metoda minimálních měsíčních průtoků dle Killeho poskytuje pouze procentuelní vyjádření základního a přímého odtoku, je pro další separaci použito jen zbývajících tří metod

Dále bylo zvoleno 10 průtokových vln, na kterých byla kromě výše uvedených tří metod použita ještě metoda rozčlenění hydrogramu. Výsledky této subjektivní metody byly použity pro srovnání období konce přímého odtoku s automatickými metodami.

V následujících Obr. 2. a 3. nalezneme celkový podíl přímého a základního odtoku za celé sledované období z profilů J1 a J2. Digitální filtr dle Chapmana ukazuje hodnoty pro přímí odtoku. Pro základní odtok se metody GROUND a MPGM téměř shodují, zatímco metoda minimálních měsíčních průtoků dle Killeho obvykle mírně podhodnocuje, což se nám v tomto případě potvrdilo.



Obr. č. 2 – Procentuelní vyjádření podílu přímého a základního odtoku pro hydrologické roky 2005 – 2011 na závěrovém profilu J1



Obr. č. 3 – Procentuelní vyjádření podílu přímého a základního odtoku pro hydrologické roky 2005 – 2011 na závěrovém profilu J2

V níže uvedené Tab. č.1. jsou uvedeny hodnoty objemů přímého a základního odtoku pro jednotlivé metody separace odtoku pro oba profily. Obdobně jsou v obr. č.4. a 5. uvedeny výsledky separací, v tomto případě jako poměry objemů jednotlivých složek odtoku (celkový odtok = 100%). Srovnání výsledků i účel metod by nabízely použití metody digitálního filtru pro separaci základního odtoku a jedné z metod MPGM, nebo GROUND pro separaci přímého odtoku pro separaci přímého odtoku. Touto kombinací a odečtením obou složek od celkového odtoku bylo uvažováno odseparovat navíc i odtok hypodermický.

Sumy	CHAPMAN J1	CHAPMAN J2	GROUND J1	GROUND J2	MPGM J1	MPGM J2
Qz total	1280,41	1144,10	3063,47	2117,05	3188,88	2102,60
Qz 2005	140,50	196,42	247,43	321,14	210,25	265,03
Qz 2006	190,21	209,52	301,20	337,06	263,81	288,09
Qz 2007	127,48	104,53	216,05	171,13	186,50	159,58
Qz 2008	231,50	175,02	414,16	302,08	410,61	295,30
Qz 2009	197,80	148,25	1128,05	284,54	1186,67	278,46
Qz 2010	227,85	185,28	526,99	506,90	700,48	631,56
Qz 2011	159,28	125,08	229,60	194,21	230,56	184,58
Qp total	3089,09	1750,20	1375,76	1321,85	1250,35	1335,74
Qp 2005	251,45	348,08	144,52	223,36	181,70	279,55
Qp 2006	255,67	299,87	144,68	172,33	182,07	221,27
Qp 2007	140,45	118,49	51,88	52,51	81,44	63,43
Qp 2008	261,20	198,01	78,54	70,95	82,09	77,73
Qp 2009	232,20	305,70	361,61	169,41	302,99	175,49
Qp 2010	767,81	266,73	538,33	489,10	364,84	364,44
Qp 2011	126,43	213,33	56,18	144,20	55,22	153,83

Tab. č.1 – výsledky jednotlivých metod separace základního a přímého odtoku pro hydrologické roky 2005 – 2011 na povodích J1 a J2 (hodnoty v $\text{m}^3 \cdot 10^{-5}$)

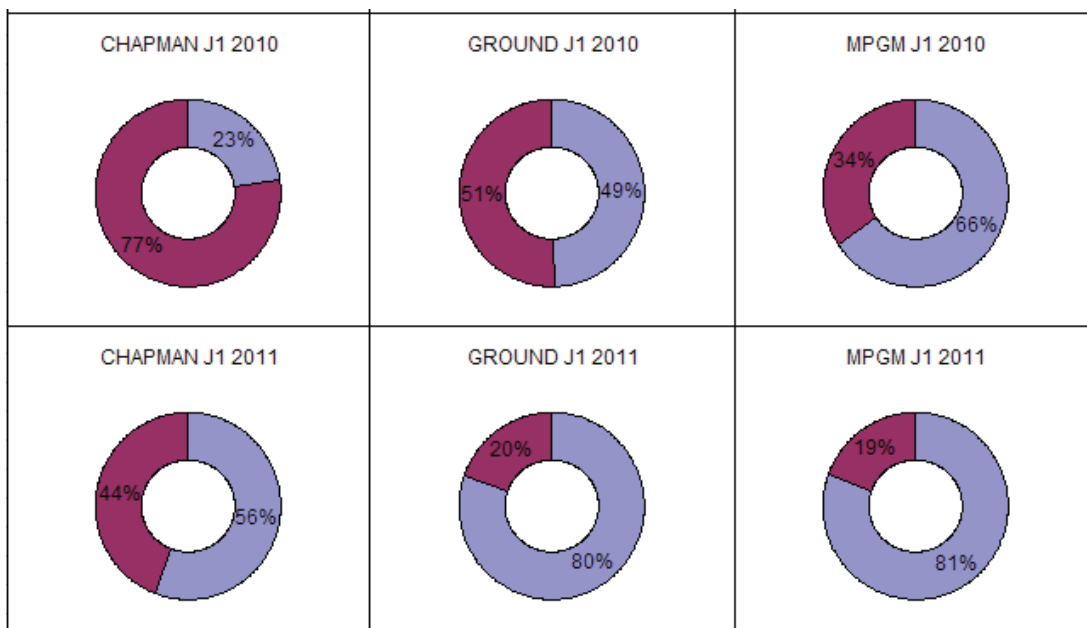
Přímý odtok



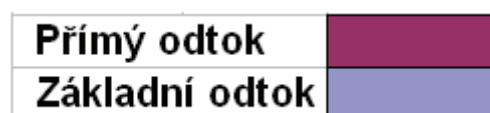
Základní odtok

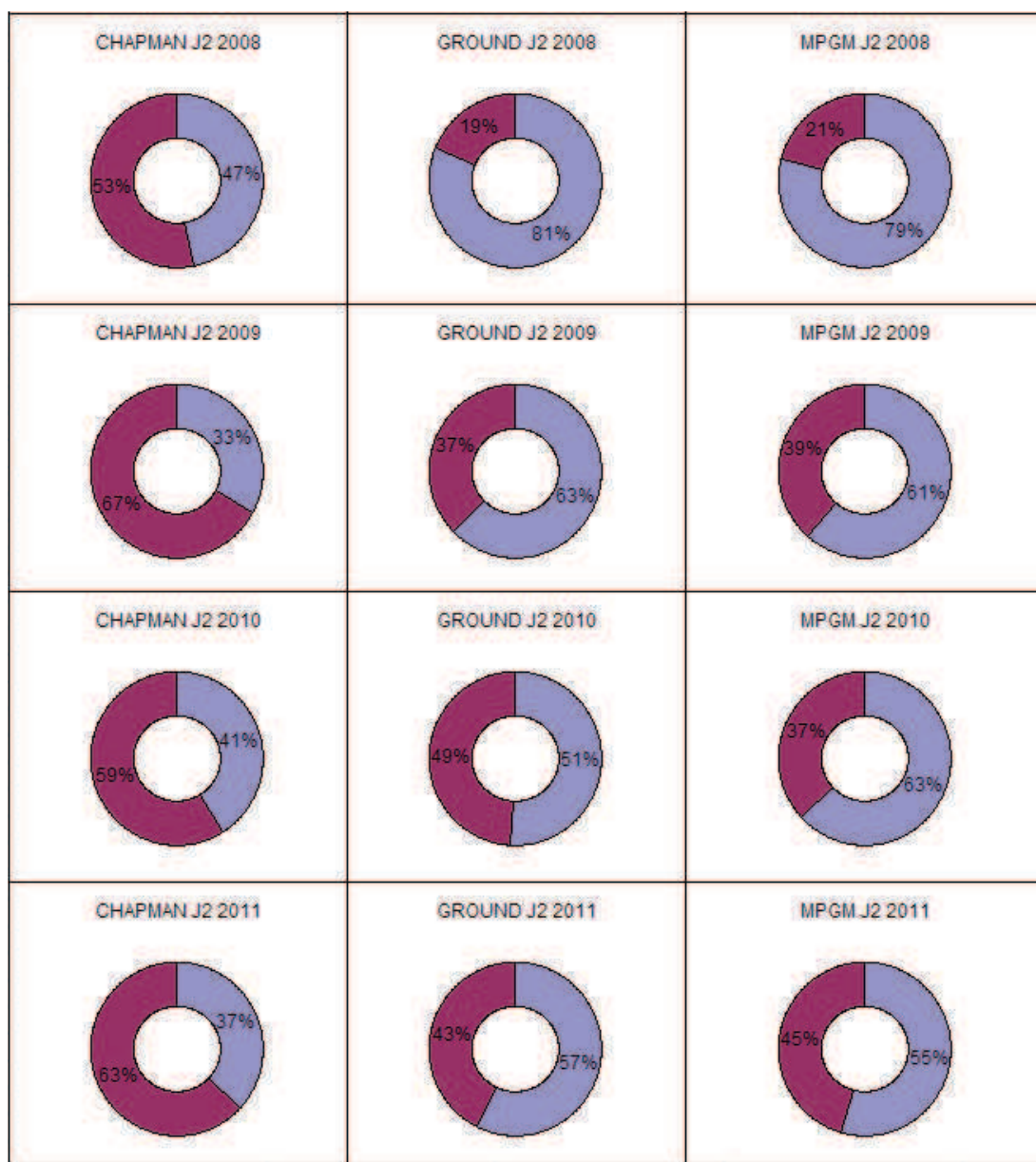


CHAPMAN J1 2005	GROUND J1 2005	MPGM J1 2005



Obr. č. 4 - Přehled výsledků separace odtoku – podíl základního a přímého odtoku v jednotlivých obdobích pro povodí J1





Obr. č. 5 - Přehled výsledků separace odtoku – podíl základního a přímého odtoku v jednotlivých obdobích pro povodí J2

Jak však bude patrné z následující kapitoly, věnující se srovnání výsledků automatických metod separace s vyhodnocením rozčlenění hydrogramu, výše uvedené závěry při bližší analýze neodpovídají zjištěným skutečnostem.

Rozčlenění hydrogramu

Abychom mohli potvrdit eventualitu použití navržené tříložkové separace odtoku, bylo zvoleno 10 odtokových epizod od doby jejich kulminace do ustálení průtoku. Byly vybrány následující epizody:

- 12.3.2005 – 8.4.2005
- 20.8.2005 – 3.9.2005
- 19.3.2006 – 11.4.2006
- 28.6.2006 – 6.7.2006
- 20.3.2007 – 19.4.2007
- 10.9.2007 – 24.9.2007
- 10.3.2009 – 22.3.2009
- 22.7.2009 – 29.7.2009
- 17.3.2010 – 1.4.2010
- 1.6.2010 – 12.6.2010

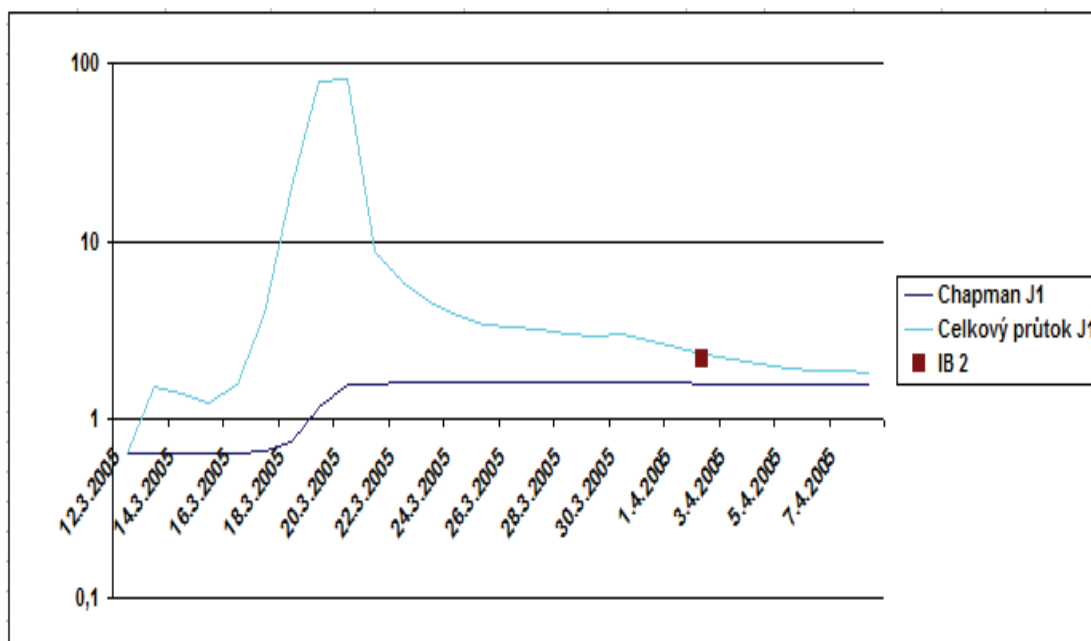
Hodnoty denních průměrných průtoků jsou převedeny na hodnotu přirozeného logaritmu, vyneseny v grafu a následně jsou „odhadovány“ dva inflexní body dle proložení bodů třemi křivkami. První inflexní bod nám značí přechod mezi povrchovým a podpovrchovým odtokem, zatímco druhý inflexní bod ukazuje přechod mezi podpovrchovým a základním odtokem.

Grafy rozdělujeme na dvě skupiny. U první skupiny jsme do grafů tříložkové separace vynesli pro jednotlivé profily (J1 a J2) následující datové řady:

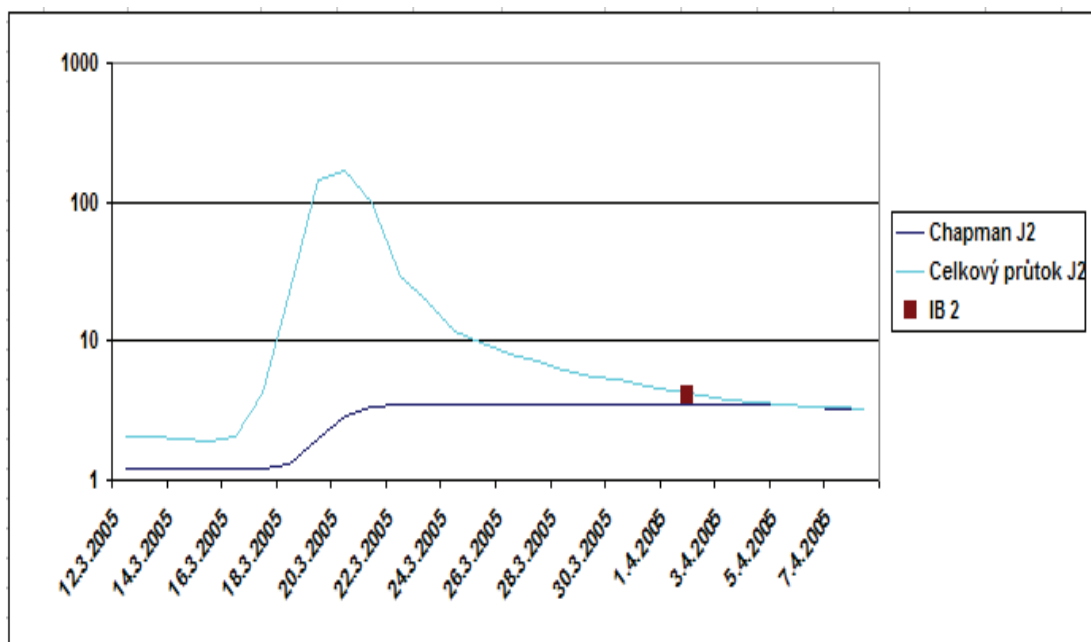
- celkový průtok
- metoda digitálního filtru dle Chapmana pro základní odtok
- metoda GROUND pro přímý odtok
- metoda MPGM pro přímý odtok
- dva inflexní body určené rozčleněním hydrogramu IB 1 a IB 2

U druhé skupiny, jsme z důvodů průtokových vln vzniklých táním sněhu učinili pouze dvousložkovou separaci, jelikož v zamrzlé půdě je pohyb podpovrchové vody značně omezen. Jedná se o všechny březnové termíny ze zvolených průtokových vln. U druhé skupiny jsme tedy do grafů dvousložkové separace vynesly pro jednotlivé profily (J1 a J2) následující datové řady.

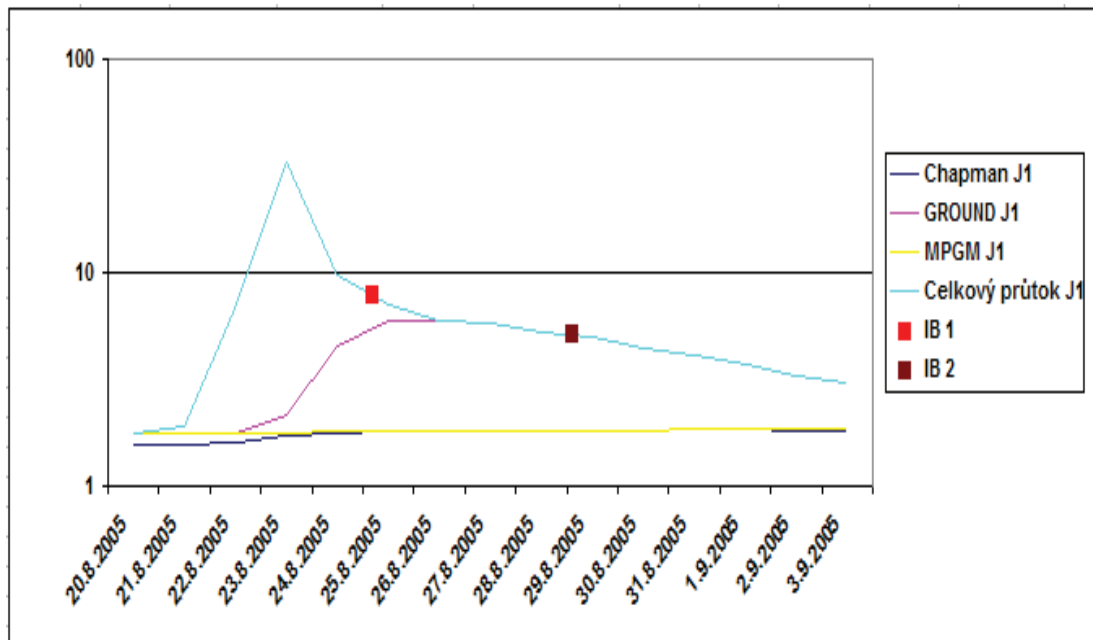
- celkový průtok
- metoda digitálního filtru dle Chapmana pro základní odtok
- jeden inflexní bod určený rozčleněním hydrogramu IB 2



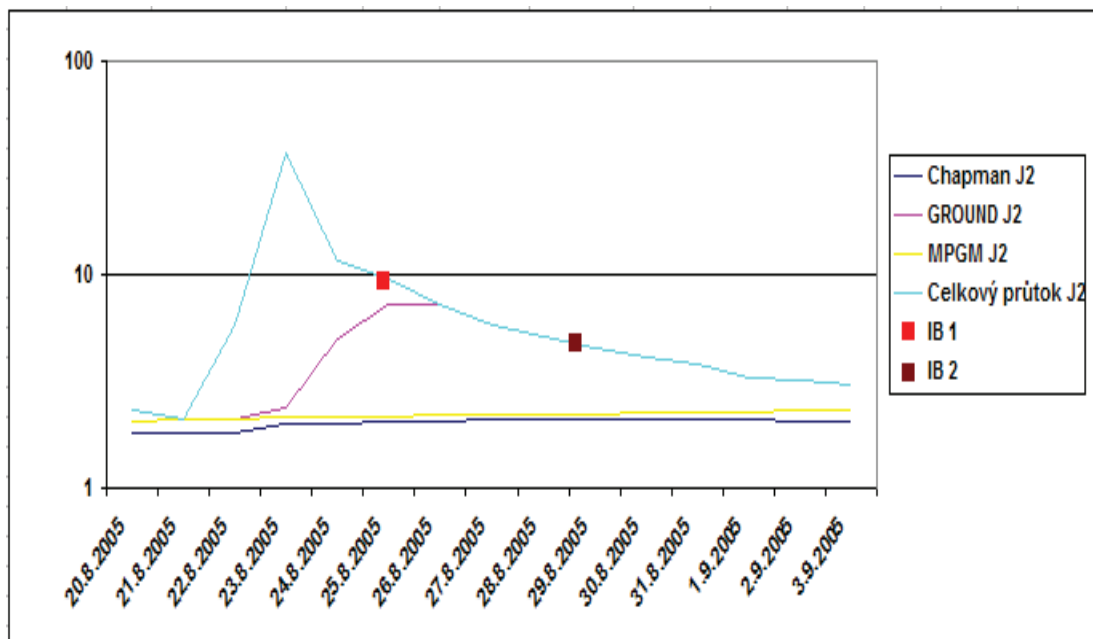
Obr. č. 6 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 12.3.2005 do 8.4.2005



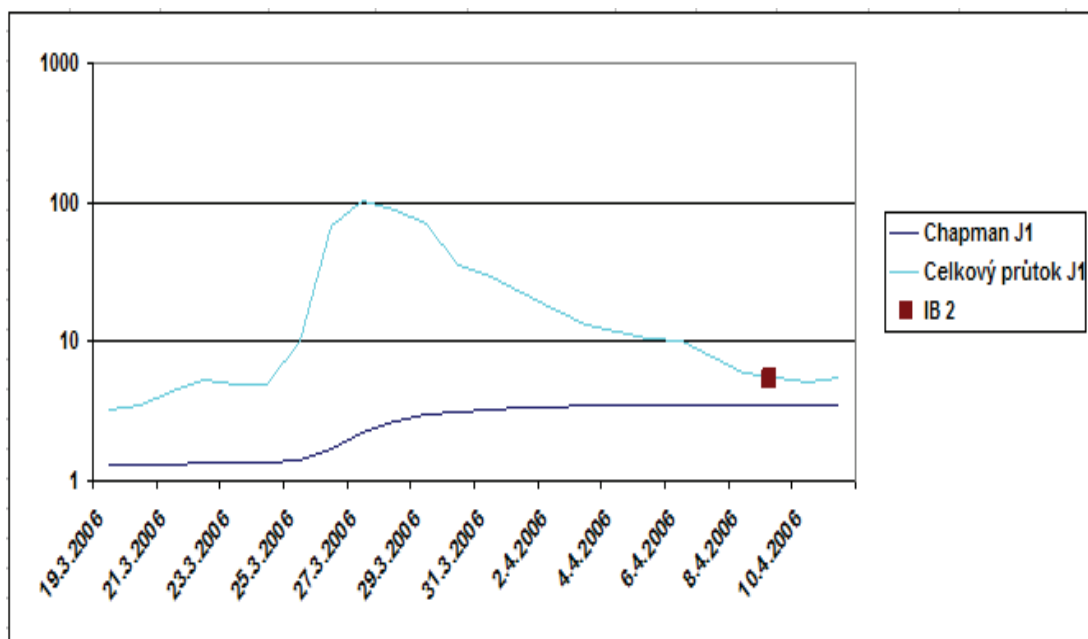
Obr. č. 7 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 12.3.2005 do 8.4.2005



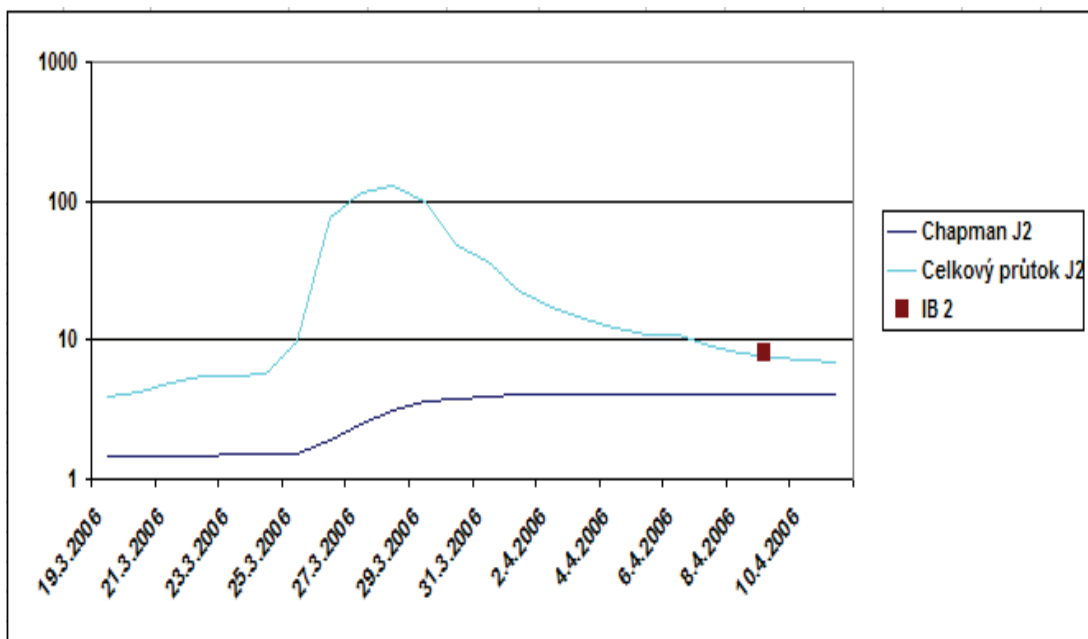
Obr. č. 8 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 20.8.2005 do 3.9.2005



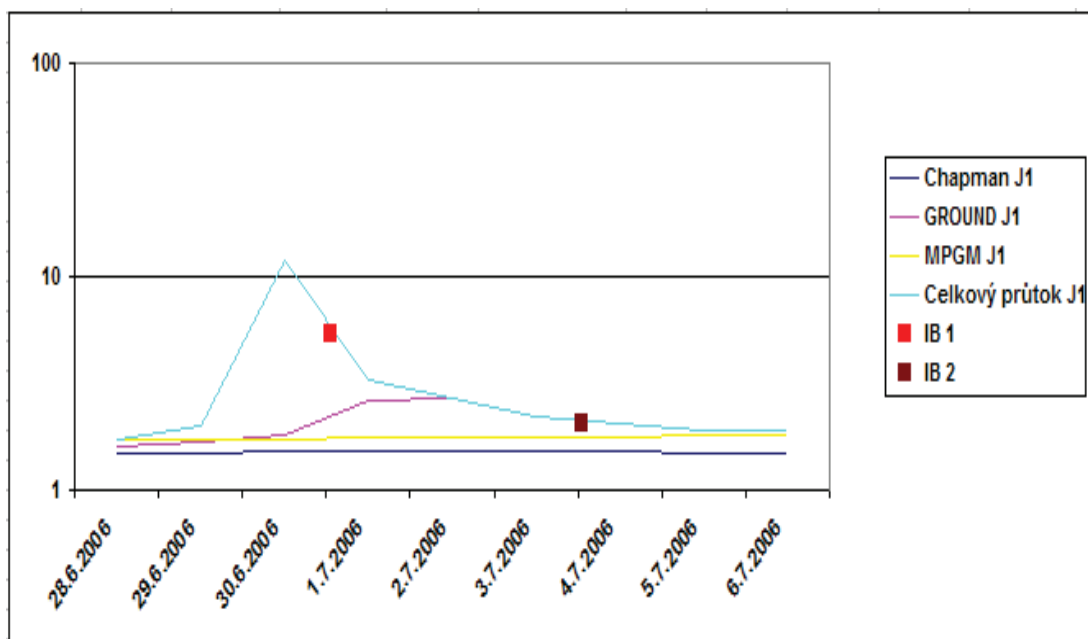
Obr. č. 9 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 20.8.2005 do 3.9.2005



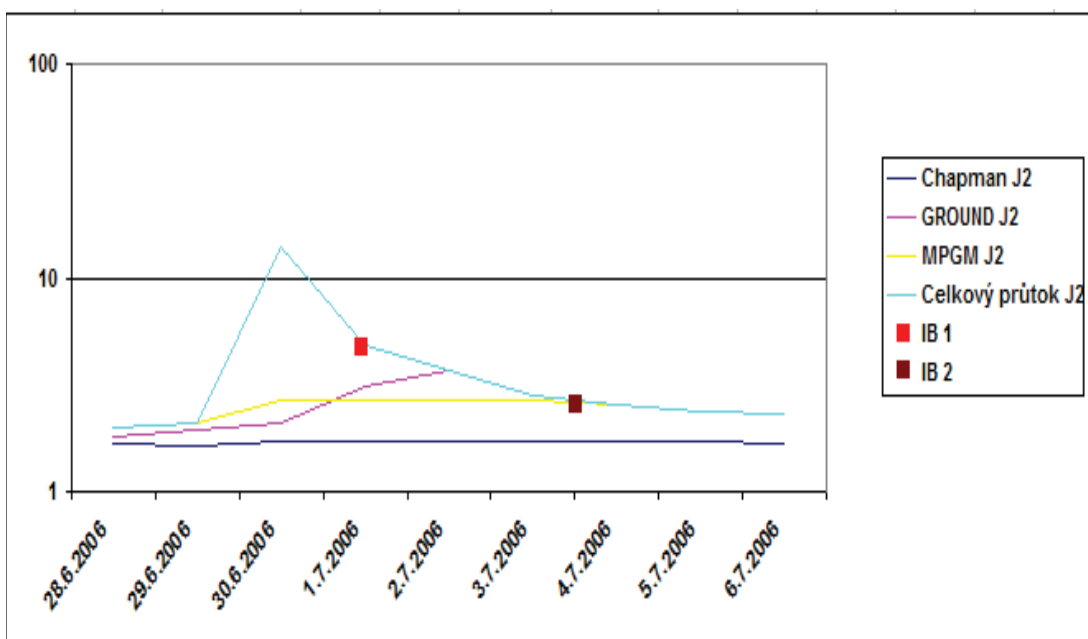
Obr. č. 10 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 19.3.2006 do 11.4.2006



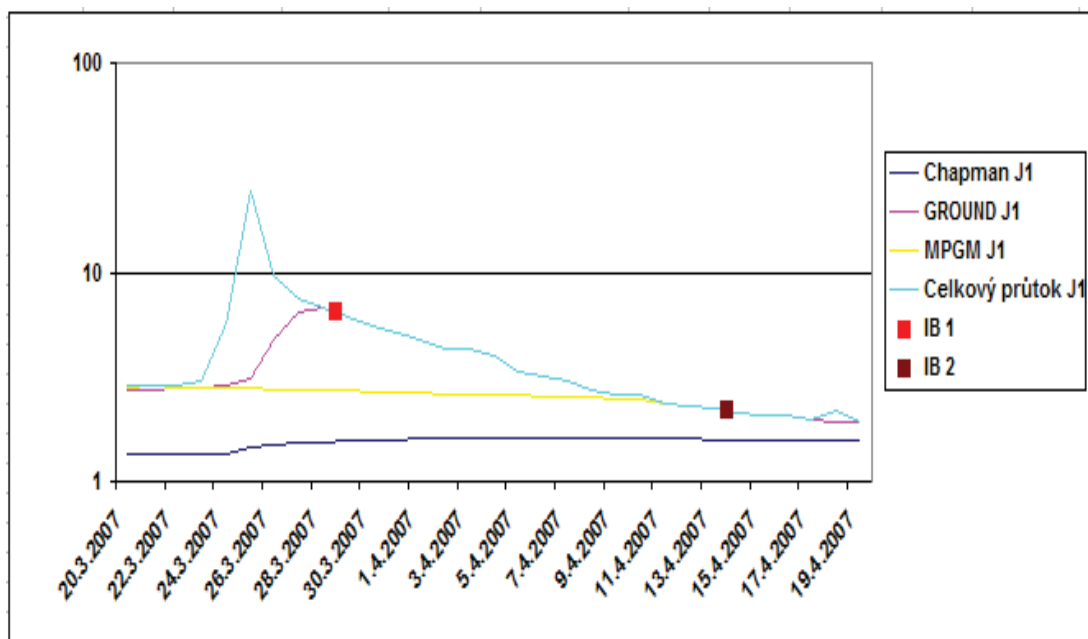
Obr. č. 11 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 19.3.2006 do 11.4.2006



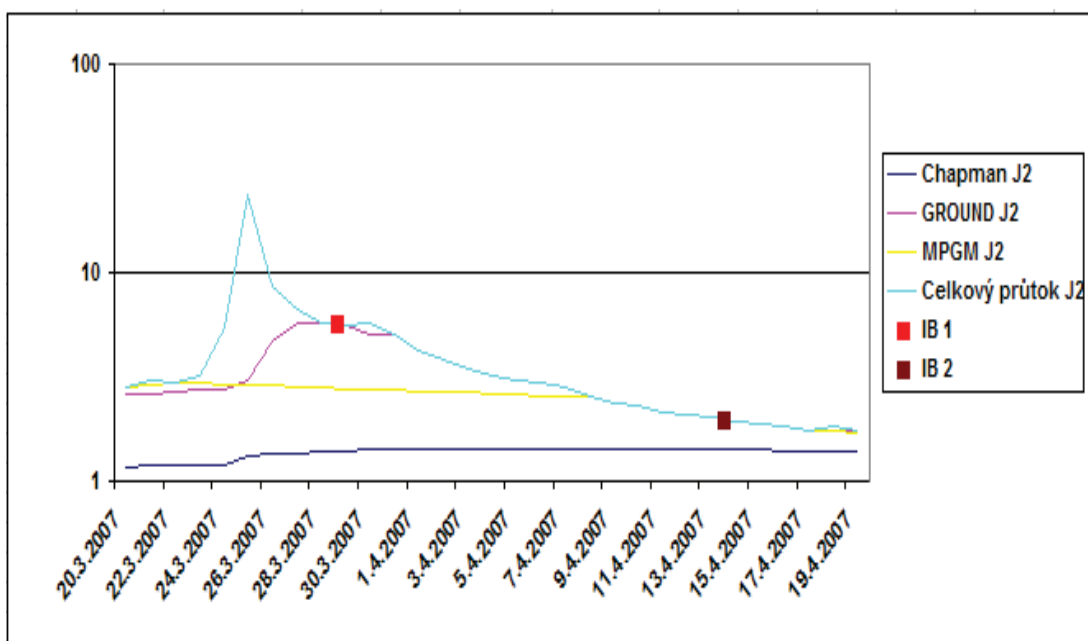
Obr. č. 12 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 28.6.2006 do 6.7.2006



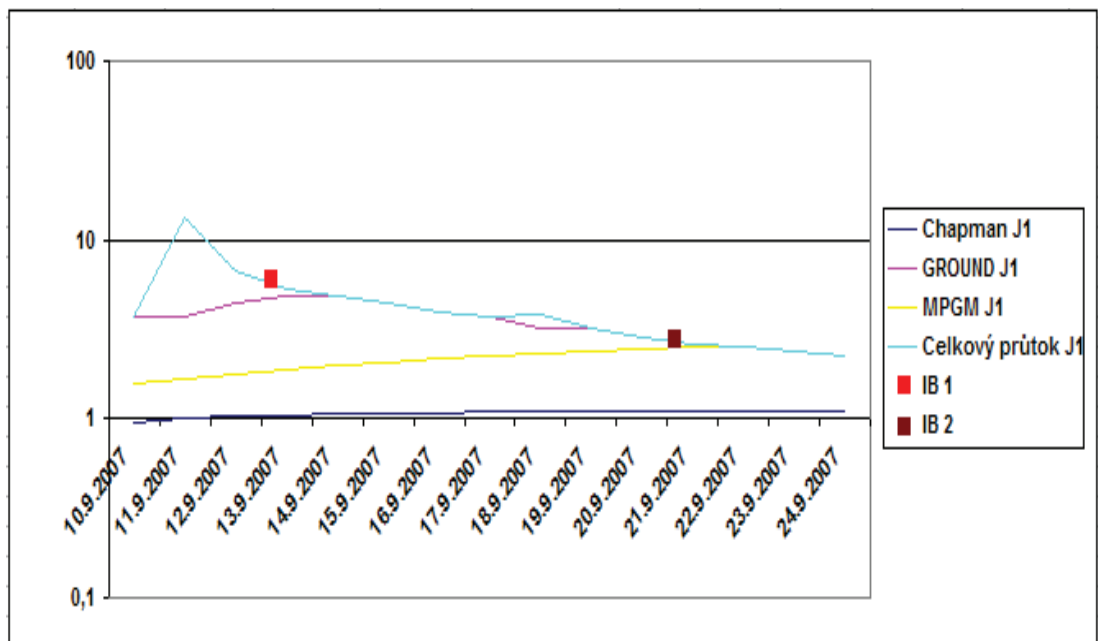
Obr. č. 13 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 28.6.2006 do 6.7.2006



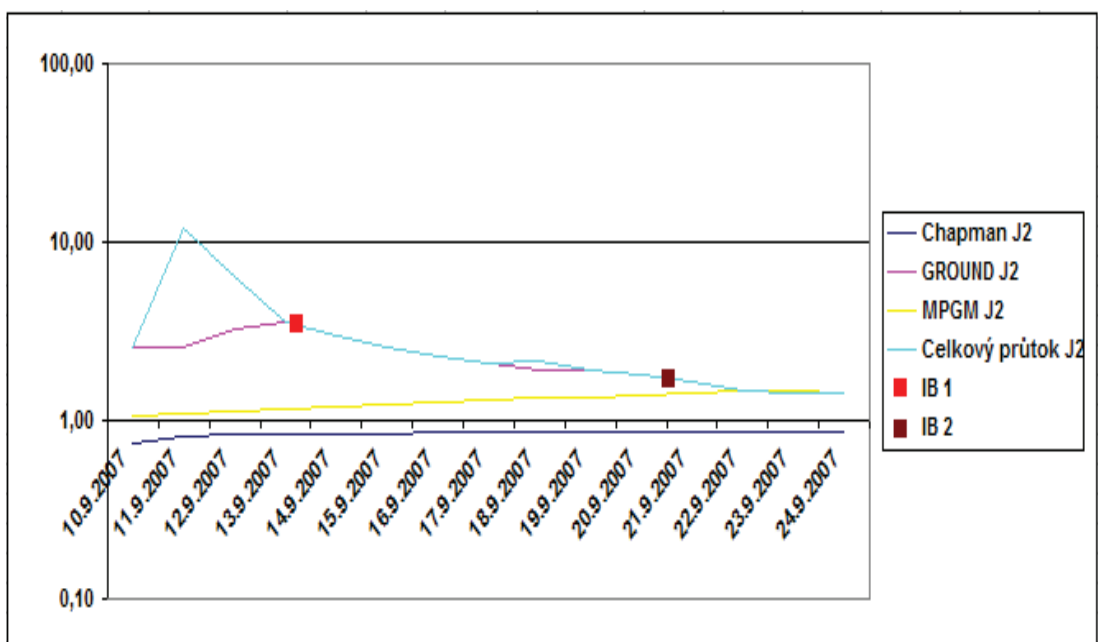
Obr. č. 14 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 20.3.2007 do 19.4.2007



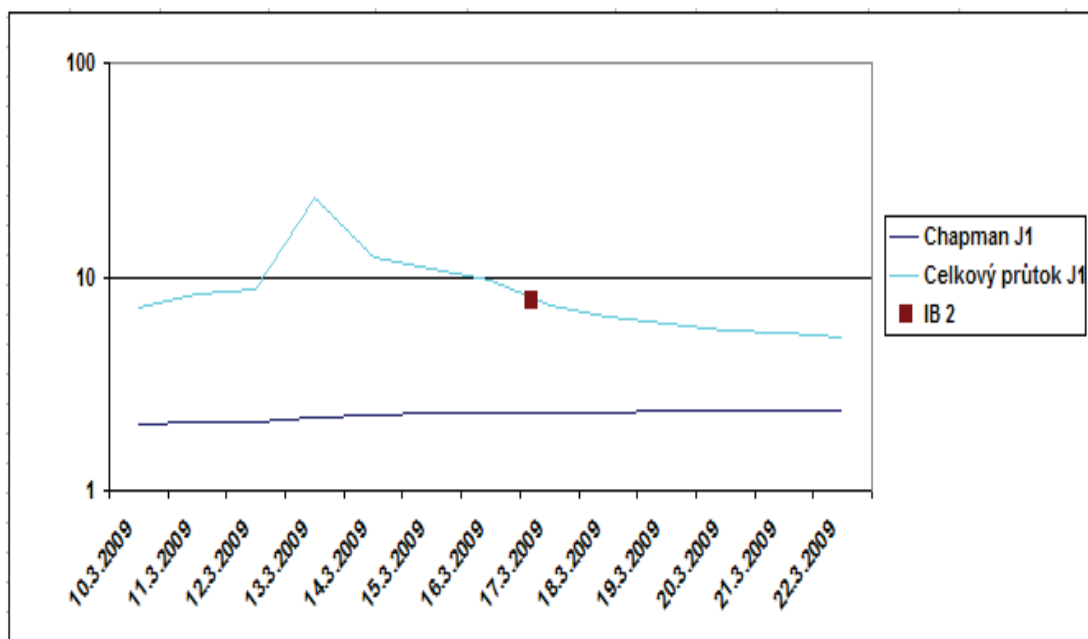
Obr. č. 15 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 20.3.2007 do 19.4.2007



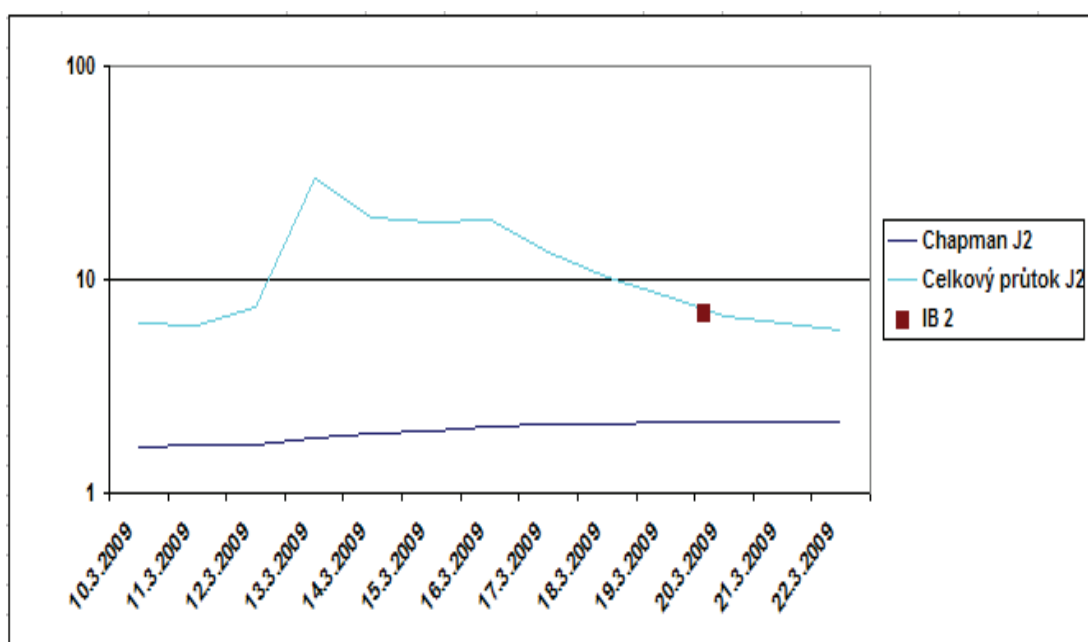
Obr. č. 16 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 10.9.2007 do 24.9.2007



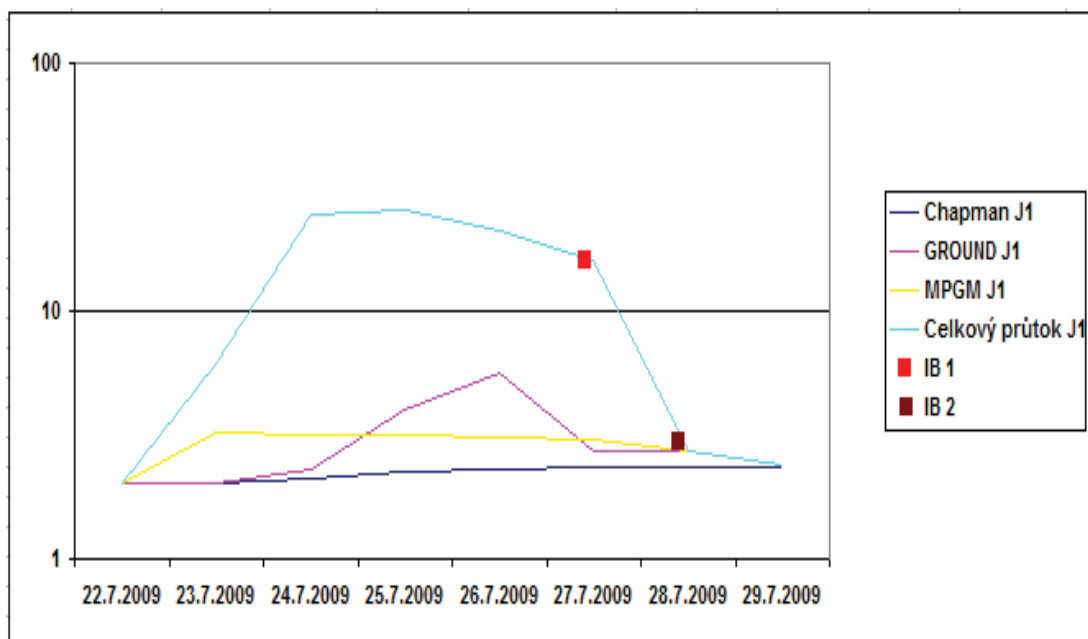
Obr. č. 17 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 10.9.2007 do 24.9.2007



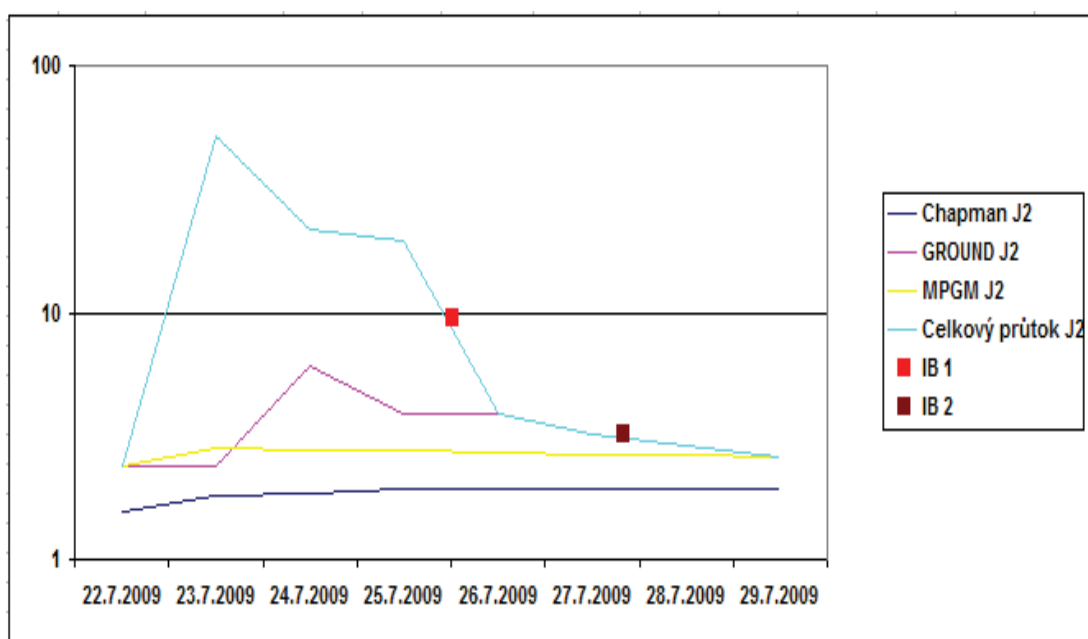
Obr. č. 18 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 10.3.2009 do 22.3.2009



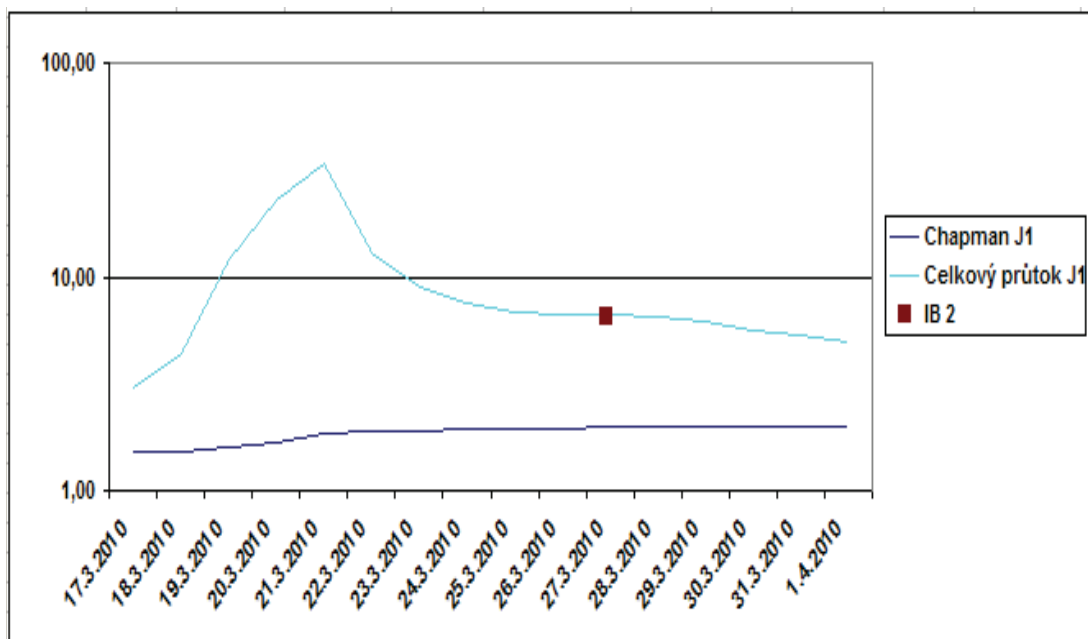
Obr. č. 19 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 10.3.2009 do 22.3.2009



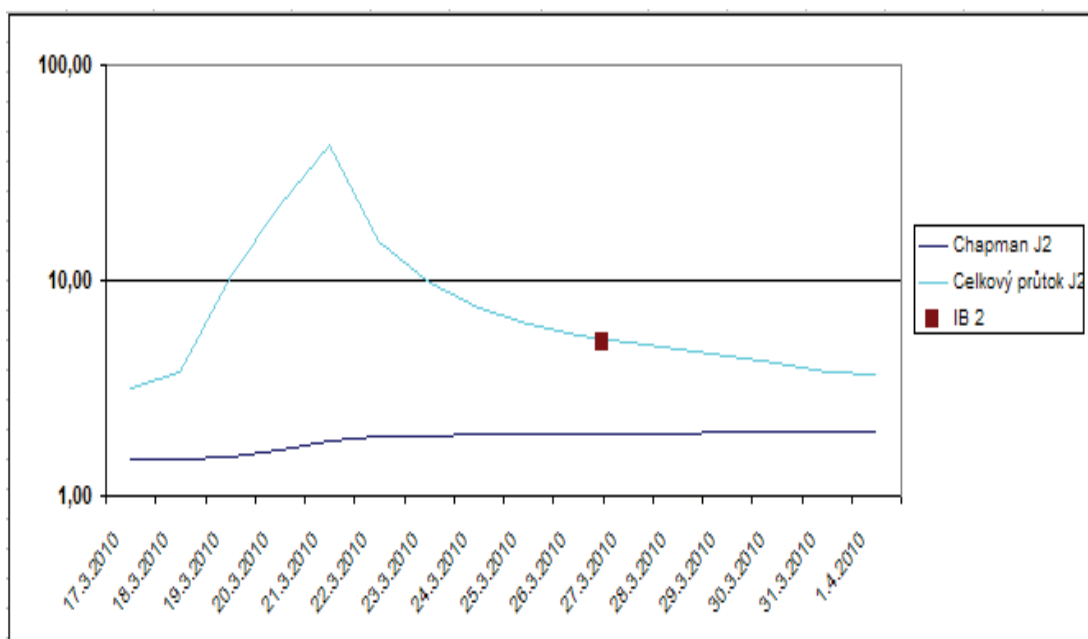
Obr. č. 20 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 22.7.2009 do 29.7.2009



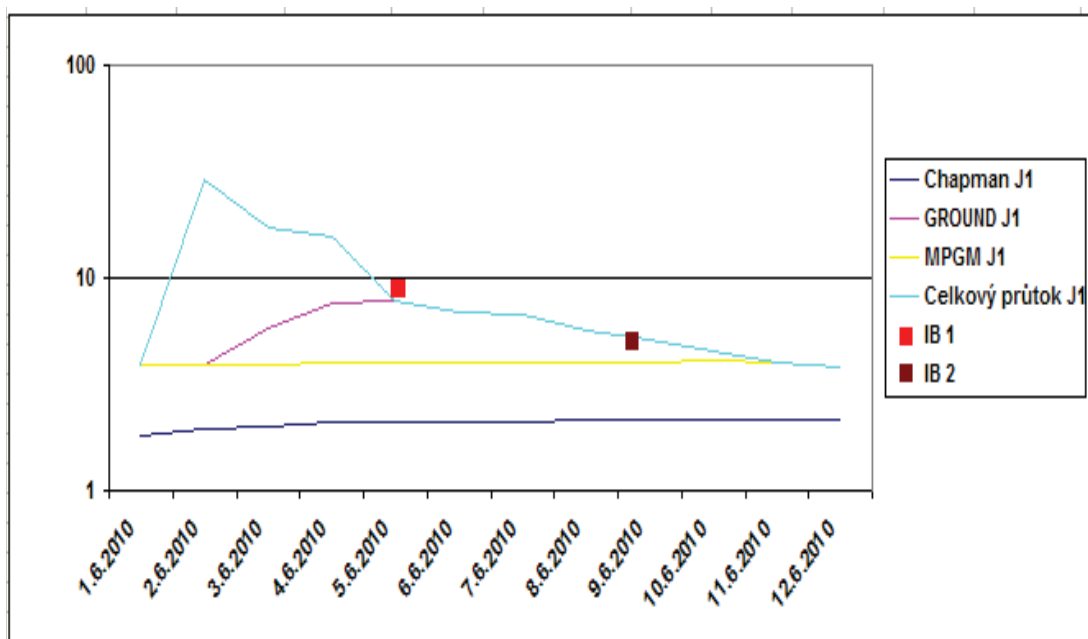
Obr. č. 21 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 22.7.2009 do 29.7.2009



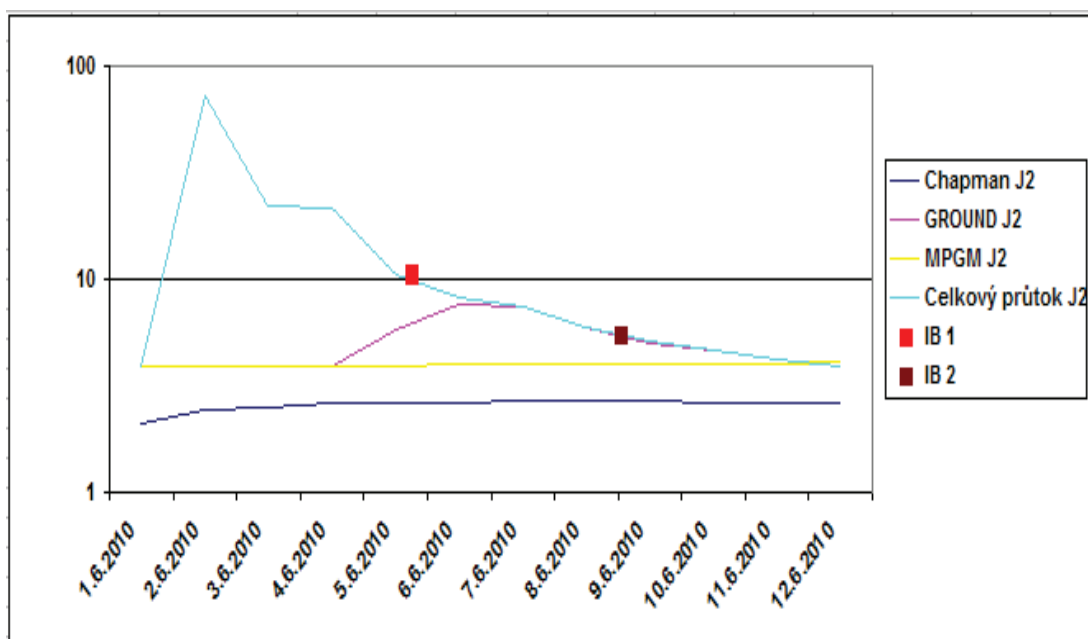
Obr. č. 22 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 17.3.2010 do 1.4.2010



Obr. č. 23 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 17.3.2010 do 1.4.2010



Obr. č. 24 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J1 od 1.6.2010 do 12.6.2010



Obr. č. 25 – Rozčlenění hydrogramu na povodí J2 od 1.6.2010 do 12.6.2010

7. Závěr

Celá diplomová práce byla zaměřována na použití různých metod separace, pro něž je vstupem měřený průměrný denní odtok z malého povodí a z této vzniklé datové řady následné rozčleňování celkového průtoku na jednotlivé složky. Jako zájmové území pro měření byly zvoleny dva uzávěrové profily J1 a J2 na povodí Jenínského potoka.

Nejprve jsme vyčíslili procentuelní zastoupení přímého a základního odtoku za celé měřené období hydrologických roků 2005 – 2011 za použití čtyř metod, a to metodou digitálního filtru dle Chapmana, metodou MPGM, metodou GROUND a metodou minimálních měsíčních průtoků dle Killeho. Tato porovnávaná a prezentovaná data byla zvolena zejména z toho důvodu, že Killeho metoda vykazuje pouze procentuelní zastoupení přímého a základního odtoku za celé sledované období reprezentované jedinou hodnotou.

Kombinací třech zbylých metod, tedy všech kromě metody minimálních měsíčních průtoků, jsme docílili tříložkové metody separace. Pomocí metody Chapman byl separován základní odtok. Následné metody GROUND a MPGM nám dále posloužili k oddělení přímého odtoku ve smyslu povrchového. Rozdílem těchto metod jsme dostali odtok podpovrchový.

Takto separovaný odtok byl ještě dále porovnán s metodou rozčlenění hydrogramu, kde byly znázorněny hodnoty přirozeného logaritmu průtoku od doby jeho kulminace, tedy nejvyššího bodu průtokové vlny. Následovalo vynesení třech přímk (pokud šly v grafu vysledovat, jinak pouze dvou), z jejichž průsečíků nám vznikly dva (příp. jeden) inflexní body. První bod přibližně představuje rozhraní mezi přímým a hypodermickým odtokem, zatímco druhý inflexní bod separuje přímý odtok hypodermický od odtoku dotovaného z podzemních vod, tzn. základního odtoku. Pro období, kde byl patrný vznik průtokové vlny z tání sněhu, jsme zvolili použití pouze dvousložkové separace. Jedná se především o březnové termíny. Dvousložkovou separaci jsme zde zvolili zejména z důvodu předpokladu pozimního zamrznutí půdního prostředí a tedy jeho očekávanou neprůchodnost pro vodu.

Z výsledků uvedených v Obr. 6 – 25 je patrné, že konec období přímého odtoku ve většině případů poměrně dobře vystihuje metoda GROUND. Přechod mezi podpovrchovým a základním odtokem lépe vystihuje metoda MPGM, přičemž

průběh základního odtoku určený digitálním filtrem dle Chapmana se druhému inflexnímu bodu bohužel pouze přibližuje v několika případech, ve všech ostatních metoda digitálního filtru dle Chapmana silně podhodnocuje oproti manuální metodě.

8. Seznam literatury:

1. ALBRECHT, J., Okres Český Krumlov, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 2003, s. 162 – 216
2. BANSKY, V., MUCHA, I., Hydraulické metody výpočtov využitelného množství podzemných vod, Výpočty využitelného množství podzemních vod, Dům techniky, vol. 3, 1975, s. 25 – 53
3. BEDIENT, P., C., HUBERT, W., C., Hydrology and floodplain analysis – Third Edition, Pretice Hall, London, 2002, 763 s.
4. BEVEN, K., J., Rainfall – run-off modelling, The Primer, John Wiley and sons, Chichester, 2001, 360 s.
5. BRÁZDA, Č., Statistické charakteristiky režimu podzemních vod podle limnigramů a podle měření v týdenních intervalech, UJEP Brunensis, Geographia , Brno, vol. 5, 1975, s. 73 – 86
6. BRUTSAERT, W., Hydrology – An introduction, Cambridge University press, 2005, 605 s.
7. CÍSLEROVÁ, M., Preferenční proudění ve vadózní zóně a formování hydrogramu odtoku, Seminář s mezinárodní účastí „Hydrologie půdy v malém povodí“, Praha, 2003, 109 s.
8. Český hydrometeorologický ústav, Úsek Hydrologie, Hydrologická bilance, České republiky, 2002, 36 s.
9. ČESKÝ NÁRODNÍ KOMITÉT UNEP, Voda nad zlato, Program OSN pro životní prostředí, World water development report, 2003, 488 s.

10. DOLEŽAL, F., KULHAVÝ, Z., SOUKUP, M., KODEŠOVÁ, R., Hydrology of the drainage runoff, European Geophysical Society, XXV General Assembly, Physics and Chemistry of the Earth, vol. 26, 2001, s. 623 – 627
11. DUBA, D., Hydrológia podzemných vod, Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 1968, 352 s.
12. DŽAMALOV, G., R., ZEKČER, I., S., IVANOV, V., A., Vozmožnosti izučeniya podzemnykh vod s pomoščju iskusvennykh sputikov Zemli, Vodnyje resursy 6:85-87, IZD Nauka, Moskva, vol. 6, 1974, s. 85 – 87
13. GRAMELA, A., Hydrogeologie, VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2004, 196 s
14. GORDON, L., J., PETERSON, G., D., BENNETT, E., M., Agricultural modifications of hydrological flows create ecological surprises, Trends in Ecology and Evolution, vol. 4, 2008, s. 211 - 219
15. GRAYSON, B., R., ARGENT, R., M., NATHAN J., R., McMAHON, T., A., MEIN, R., G., Hydrological recipes: estimation techniques in Australian hydrology. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, 1996, 125 s.
16. HANUSIN, J., Prirodná krajina – voda – spoločnosť, Životné prostredie, Ústav krajinném ekologie SAV Bratislava, vol. 6, 1996, s. 98 – 99
17. HRABĚ, F., BUCHGRABER, K., Pícninářství, Travní porosty, MZLU Brno, 2004, 154 s.
18. JAIN, S., K., Evolution of catchment management strategies by modelling soil erosion/ water quality in EPIC supported by GIS, Galway, National University of Ireland, Department of Engineering hydrology, 1997, 540 s.
19. JŮVA, K., HRABAL, A., TLAPÁK, V., Odvodnění zemědělské půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1987, 318 s.

20. KANTOR, P., Lesy a povodně. Souhrnná studie. MŽP, Praha, 2003, 48 s.
21. KILLE, K., Das Verfahren MoMnQ, ein Beitrag zur Berechnung der monatlichen Niedrigwasserbflusse, Zeitschrift Deutsche Geologische Geshrift, Sonderheft, Hannover, vol. 3, 1970, s. 89 – 95
22. KLEMENTOVÁ, E., JURÁKOVÁ, M., Mokradě v systéme protipovedňovej ochrany, Životné prostredie, vol. 4, 2003, s. 65 – 72
23. KLINER, K., KNĚŽEK, M., Metoda separace podzemního odtoku při využívání pozorování hladiny podzemní vody, Vodohospodářský časopis, Veda, Bratislava, vol. 22, 1974, s. 457 – 466
24. KLINER, K., KNĚŽEK, M., OLMER, M., Využití a ochrana podzemních vod, SZN, Praha, 1978, 296 s.
25. KNĚŽEK, M., KESSL, J., Metody výpočtu základního odtoku, Hydrologické dny, Nové podněty a vize pro příští století, Plzeň, 2000, s. 337 – 3476
26. KOUŘIL, Z., Stanovení přírodních zdrojů podzemních vod podle metody G. Castanyho, Výpočty využitelného množství podzemních vod, Dům techniky ČVTS, Brno, vol. 3, 1975, s. 63 – 65
27. KREJČOVÁ, D., Metody vyčíslování základního odtoku na P-ČHM Brno, český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, III.Československé hydrologické dny, sborník přednášek, 1990, s. 189 – 191
28. KRÍŽ, H., Hydrologie podzemních vod, Academia, 1983, 289 s.
29. KRÍŽ, V., a kol., Hydrometrie, Státní pedologické nakladatelství, Praha, 1988, 176 s.

30. KRÍŽ, V., Vliv lidské činnosti na hydrické procesy a změny vodního režimu povodí, Vodohospodářský časopis, Veda, Bratislava, vol. 28, 1980, s. 3 – 21
31. KULHAVÝ, Z., ŠVIHLA, V., Využití hydrogeologického modelu malých zemědělsko-lesních povodí, Vědecké práce VÚMOP, Praha, vol. 10, 1999, s. 63 - 78
32. KUTÍLEK, M., Vodohospodářská pedologie. SNTL/ALFA, Praha, Bratislava, 1978, 296 s.
33. KVÍTEK, T., a kolektiv, Využití a ochrana vodních zdrojů, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 2005, 169 s.
34. MARTOŇ, J., TOLGYESSY, J., PIATRIK, M., Získávanie, úprava, čistenie a ochrana vod, ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava, 1984, 456 s.
35. Ministerstvo Zemědělství České Republiky, Program rozvoje venkova České Republiky na období 2007 – 2013, Praha, 2007
36. MOSLEY, M., P., McKERCHAR, A., I., Streamflow, Chapter 8 Maidment, Handbook of Hydrology, New York, McGraw-Hill, vol. 8, 1993, s. 125-151
37. NELSON, R., The Water Cycle, First step nonfiction, Lerner, Publications, 2003, 24 s.
38. NETOPIL, R., hydrologie pevnin, Praha, Academia, 1972, 296 s.
39. OLIVER, J., Encyclopedia of world climatology ,Encyclopedia of earth sciences series, Springer, 2005, 854 s.

40. PELIKÁN, L., SLAVÍK, J., Aplikace metody postupných profilových průtoků pro vyhodnocení základního odtoku na malých povodích, Vodní hospodářství, Praha, vol 2012, no. 3, s. 86 - 91
41. PETŘÍČEK, V., CUDLÍN, P., Máme bojovat proti povodním?, Životné prostredie, Ústav krajinném ekologie SAV Bratislava, vol. 4, 2003, s. 22 - 35
42. PILGRIM, D., H., CORDERY, I., Flood runoff. Chapter 9 in Maidment, Handbook of hydrology, New Yourk, McGraw-Hill, 1993, s. 9.4 – 9.6
43. ŘÍHA, J., Voda a společnost, SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1987, 340 s.
44. SERRANO, E., S., Hydrology for Engineeres, Geologists and Enviromental Professionals, HydroScience, Kentucky, 1997, 450 s.
45. SOMMER, M., Hydrologie, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 1985, 206 s.
46. STEHLÍK, J., Současný stav metodologie poklesové fáze odtoku, ČHMU Praha, Praha, 1998, 27 s.
47. SZOLGAY J., K vymezenie pojmu model v hydrologii, Vodohospodárský časopis, Veda, Bratislava, vol. 27, 1979, s. 331 – 336
48. ŠILAR, J., Aplikace výzkumu přírodních radionuklidů, tritia a radiouhlíku v hydrologickém průzkumu, Geologické práce, Správy vede, Bratislava, vol. 62, 1975, s. 77 – 88
49. TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V., Voda v zemědělské krajině, Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s ministerstvem životního prostředí, Praha, 1992, 320 s.

50. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb.-o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci)
51. WITKOWSKA-WALCZAK, B., Hydrophysical characteristics of rendzina aggregate structure. In: Physic of Soil and Water. Institut Agrofyziky im. Bohdana Dobrzańskiego PAN Lublin, 1996, s. 167 - 174
52. ZAJÍČEK, V., Režim podzemních vod, Sborník referátů z hydrogeologické konference ČSVTS, Gottwaldov, 1970, s. 112 – 130
53. ZAJÍČEK, V., Zur Problematik der Bilanzbevertung von Grundwässern in Tabenbaureviren, Freiburger Forschungshefte, vol. 337, 1966, s. 121 – 132
54. Zákon č. 273/2010 Sb. - vodní zákon
55. ZAŤKO, M., Príspevok k niektorým otázkám režima obyčajných podzemnych vod Slovenska, Geografický časopis, VSAV, Bratislava, vol. 18, 1966, s. 113 – 130