

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělské specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Vliv využití území na složky odtoku vody

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.
Konzultanti diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek, Ph.D.

Autor: Jiří Címl

České Budějovice, duben 2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří CIML**
Osobní číslo: **Z08600**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Vliv využití území na složky odtoku vody**
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 zpracování podrobné literární rešerše týkající se vlivu využití území v povodích na odtok vody s důrazem na rozlišení na jeho složky. Literární rešerše bude zpracována tak, aby sloužila jako kvalitní podklad pro případné zpracování diplomové práce zabývající se navazující problematikou. Součástí práce bude stručný popis zájmového povodí se stručnou analýzou odtokových charakteristik a jejich ovlivnění současným stavem využití území.

1. Literární rešerše na daná témata:
 - a/ oběh vody v přírodě
 - b/ odtok vody z povodí
 - c/ faktory ovlivňující odtok
 - d/ složky odtoku, jejich geneze a metody separace
 - e/ vliv využití území na složky odtoku vody
2. Popis a zpracování konkrétního povodí a dat.
3. Vyhodnocení a závěr.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

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

Fohrer, N., Haverkamp, S., Eckhardt, K., Frede, H.G. Hydrologic Response to land use changes on the catchment scale. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, 26 (7-8), 2001, s. 577-582

Kovář, P. The extent of land use impact on water regime. Plant, soil and environment, No. 6, 2006, s. 239-244

Lambin, E.F., Geist, H.J. Land-use and land-cover change: local processes and global impacts, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006, 222 s.

Pekárová, P., Pekár, J. The impact of land use on stream water quality in Slovakia. Journal of Hydrology, 180 (1-4), 1996, s. 333-350

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

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

Datum zadání bakalářské práce: **15. března 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2011**

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

L.S.

prof. Ing. Miroslav Šoch, CSc.
děkan

prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářsko 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 bakalářské 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.

V Lišově 2011

.....

Poděkování

Nejprve bych chtěl poděkovat vedoucímu pracovníkovi mé bakalářské práce z oblasti hydrologie Ing. Pavlu Žlábkovi, Ph.D. za to, že mi pomáhal při sestavování bakalářské práce, za poskytnutí příslušných data a odborných informací. Rovněž bych mu chtěl poděkovat za připomínkování k práci a dobré rady v průběhu celého roku. Díky všem těmto aspektům a úkonům mi pomohl zkvalitnit a dokončit mou bakalářskou práci.

Rovněž děkuji Ing. Monice Koupilové za poskytnuté informace k erozi a dendrologické problematice. Ing. Janě Moravcové a Ing. Tomáši Pavlíčkovi za pomoc se systémem ArcGIS. A při zpracování grafických podkladů v tomto systému.

Ing. Martinu Pavlovi za pomoc při vytváření 3D plastického modelu subpovodí Jenín J1 a J2 v systému ArcGIS a ArcScene.

Dále bych chtěl poděkovat prof. Ing. Tomáši Kvítkovi, CSc. a Ing. Václavu Bystřickému za konzultace, komentáře, rady a poskytnutá data, která mi rovněž při psaní mé práce pomohla.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a blízkým za to, že mi připravili takové podmínky, za kterých jsem mohl nerušeně pracovat a za to, že mě v mé práci vždy podporovali.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vliv využití území na složky odtoku vody. Definuje základní pojmy této problematiky. Zaměřuje se na genezi a separaci jednotlivých složek odtoku. Uvádí možné metody, užívané k separaci složek odtoku, např. metoda Kliner – Kněžek, digitální filtry, analýza poklesových větví, ...

Velký prostor je věnován využití terénu - land use. Samostatná kapitola se zaměřuje na land use – orná půda, les, TTP a intravilán. Na několika modelových subpovodích je demonstrováno, jaký vliv má využití území na složky odtoku. Poznatky z teorie jsou aplikovány na modelová subpovodí. Na základě land use a charakteristik modelových subpovodí jsou odvozeny předpokládané odtoky vzniklé při srážkách.

Klíčová slova

Odtok, geneze odtoku, separace odtoku, land use

Summary

The constant movement of water is known as the hydrological cycle. The main power of this gigantic, phenomenal and continuous cycle is solar energy. Its effect is the evaporation of water from the ground. The dominant role is played by the oceans again as their surface evaporates five as much water as the land surface. After a short delay, most of the evaporated water returns into the ocean in the form of precipitation. This cycle is called the small hydrological cycle.

The main components of the hydrological balance in relation to the amount of precipitation fallen as follows:

- Evaporation, soil moisture and groundwater sources (71.2%)
- Surface runoff (28.8%)

Surface water

As defined by Surface water law No. 254/2001, surface water is water naturally occurring in the Earth's surface. It does not lose this characteristics if they flow through temporarily covered stretches, natural cavities in the ground or in the overhead lines.

Subsurface water

Subsurface water, as a part of the hydrosphere which is below ground, is essential for plant life and is the main source of drinking water. They are used for the purposes of healthcare, industry, agriculture, etc. The occurrence of subsurface water, its movement and quality are contingent on the environment in which they are located. They arise mainly from infiltration of surface water below the surface and classified according to various criteria. The most frequently in accordance with - state, origin, mobility, bonding, depth of occurrence, etc.

Groundwater

As defined by Groundwater law No. 254/2001, groundwaters are water naturally occurring under the surface in the saturation zone and in direct contact with rocks. The water flowing through drainage systems and water wells is also considered groundwater.

Runoff

The hydrological concept tells us how much water is drained over a specified period of our catchment area. Factors that tell us that there will be a runoff are soil saturation and soil surface saturation due to an increased precipitation. It can also be a snow blanket with which the snow mass and composition (water content) would play their role.

Runoff components

Runoff is part of the hydrological balance and is divided into several components.

1. Overland flow
2. Subsurface flow
3. Groundwater flow

Overland flow

It is largest in deforested and urbanized areas.

Subsurface flow

It is largest in karst areas and naturally forested watersheds.

Groundwater flow

It is largest in naturally forested areas and steep watersheds.

Genesis

1. Direct flow
2. Base flow

Factors affecting runoff:

Relief: appearance, slope, topography and terrain, orientation, exposure

Physical geographical conditions: drainage basin area, basin shape

Geological and hydrological conditions: porosity, subsoil

Pedological properties: soil conditions, physical properties

Land cover (Vegetation cover)

Climate: precipitation, extreme precipitation, infiltration of rainwater

Methods of separation:

Kliner - Kněžek method

Analysis of subsidence branches

Digital filters

Separation according to radioactivity

CN Curve

Land use:

Arable land (Agriculture land)

Pasture, meadow, grassland (TTP)

Forests

Urban, road network

Obsah

1	ÚVOD	- 11 -
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE	- 12 -
2.1	Voda v povodí	- 12 -
2.1.1	Bilance vody v povodí	- 14 -
2.1.2	Rozdělení vody.....	- 16 -
2.2	Povodí	- 18 -
2.2.1	Definice základních pojmů	- 18 -
2.3	Odtok.....	- 19 -
2.3.1	Složky odtoku	- 19 -
2.4	Geneze odtoku.....	- 23 -
2.5	Faktory ovlivňující odtok.....	- 24 -
2.5.1	Reliéf.....	- 24 -
2.5.2	Fyzickogeografické podmínky.....	- 27 -
2.5.3	Geologické a hydrogeologické podmínky	- 27 -
2.5.4	Pedologické vlastnosti.....	- 29 -
2.5.5	Landcover.....	- 29 -
2.5.6	Klimatické podmínky.....	- 31 -
2.6	Metody separace odtoku	- 33 -
2.6.1	Metoda Kliner – Kněžek	- 33 -
2.6.2	Analýza poklesových větví	- 34 -
2.6.3	Digitální filtry	- 35 -
2.6.4	Separace podle radioaktivity	- 37 -
2.7	Land use	- 37 -
2.7.1	Orná půda	- 37 -
2.7.2	Pastviny, louky, TTP.....	- 44 -
2.7.3	Lesy	- 46 -
2.7.4	Intravilán (zastavěná oblast) + cestní síť	- 52 -
3	MATERIÁL, POPIS POVODÍ.....	- 55 -
4	ZÁVĚR	- 65 -

1 ÚVOD

Voda je jeden ze základních elementů naší krajiny. Tato práce se věnuje problematice rozdělení vody a hlavně rozdělení odtoku. Budou zde vysvětleny základní pojmy spjaté s touto problematikou, jako jsou charakteristiky, geneze, separace a metody výpočtu. Bude také poukázáno na to, jak člověk svým chováním ovlivňuje nejrůznější aspekty a podmínky, za kterých odtok vzniká a tím ovlivňuje koloběh vody v prostředí, jakou roli hraje využívání půdy člověkem, tj. hospodaření s ní, její zástavba a případná výsadba a pěstování určitých druhů kultur. Podrobně bude rozpracována část, která se bude zajímat o ovlivnění odtoku v závislosti na vegetačním pokryvu a způsobu využití půdy. Šetření, provedené v závěru na několika lokalitách s rozdílným využitím území, by mělo názorně prokázat, jak se budou měnit jednotlivé složky odtoku - povrchový, podpovrchový a podzemní.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Voda v povodí

Souhrn všech forem vody na Zemi se označuje termínem **hydrosféra**. Voda vyskytující se ve vzduchu, na zemi i pod povrchem země, je základním předpokladem života. Na celkovém povrchu Země $509,95 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ se oceány a moře uplatňují plochou cca 70,8%, zatímco pevnina 29,2%. Voda je v permanentním pohybu. Příčinou koloběhu vody na Zemi je sluneční záření, zemská gravitace, zemská tepelná energie a geochemická energie (SKLENIČKA, 2003).

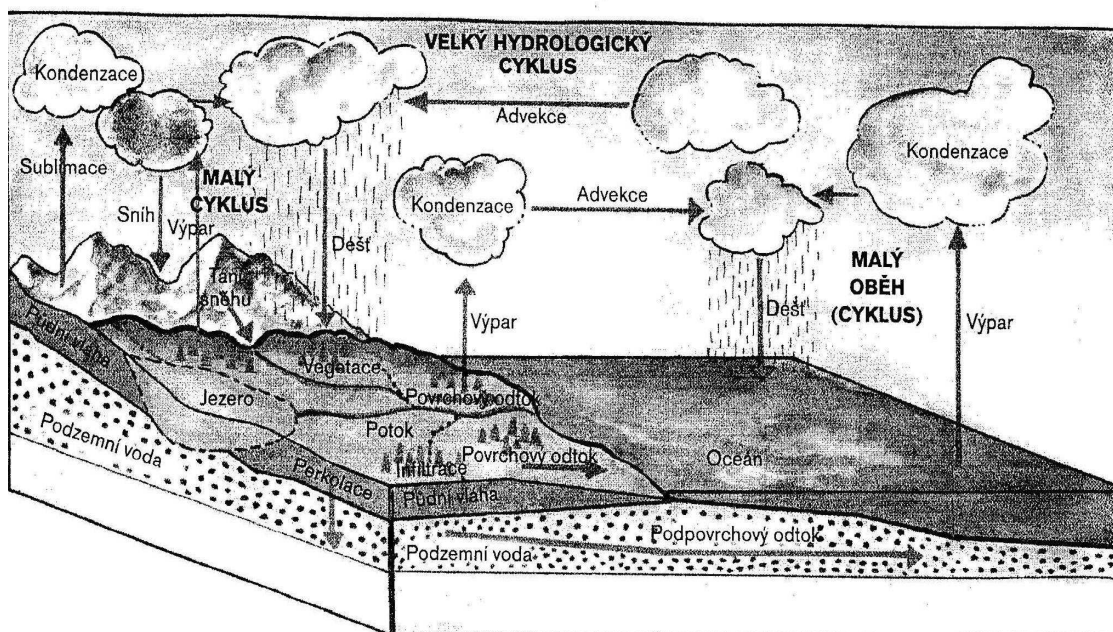
Tento neustálý pohyb označujeme jako **hydrologický cyklus**. Hlavní silou tohoto gigantického, fenomenálního a nepřetržitého koloběhu je sluneční energie. Jejím účinkem dochází k vypařování vody ze zemského povrchu. Dominantní roli zde opět hrají oceány, neboť z jejich povrchu se vypaří přibližně 5x více vody než z povrchu pevnin. Převážná část vypařené vody se po kratším zdržení v atmosféře vrací zpět do oceánu ve formě srážek. Tomuto koloběhu se říká **malý hydrologický cyklus** (viz obr.1.). Podílí se na něm rovněž voda vypařená z povrchu pevnin, která kondenzuje a padá zpět na pevninu ve formě srážek. Pouze část vody vypařené z povrchu oceánů je díky vzdušným proudům přesunuta nad pevninu, kde po kondenzaci vypadává při srážkách na zemský povrch. Zde se přibližně z jedné třetiny stává přímo součástí povrchových vod, další část se vsákne (infiltruje), a obohatí tak zásoby podzemní vody. Určitá část se odtud opět vrací do vodních toků, nádrží a světového oceánu. Zbývající třetina spadlých srážek se vypaří. A tomuto celkovému oběhu se říká **velký hydraulický cyklus** (BRATNYCH A KOL. AUTORŮ, 2005).

Pokud se voda v oběhu ihned nevypaří, vsakuje se do půdy, nebo odtéká po povrchu půdy a vytváří srážkový odtok (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984).

Stabilní roční odtok je množství, které koloběh dovoluje opakovatelně použít, představuje jen tu část, která se každoročně vrací z pevniny do oceánů – tedy jen asi 40 tis. km^3 vody ročně (viz obr.2.). Všechnu tuto vodu nemohou rostliny, živočichové a člověk využít, protože největší podíl odteče po prudkých deštích (26 tis. km^3) v podobě příválových vod, další část odteče řekami a potoky z neobydlených oblastí (5 tis. km^3). To znamená, že člověk může každoročně využít asi 9 tis. km^3 (BRANIŠ, 1997).

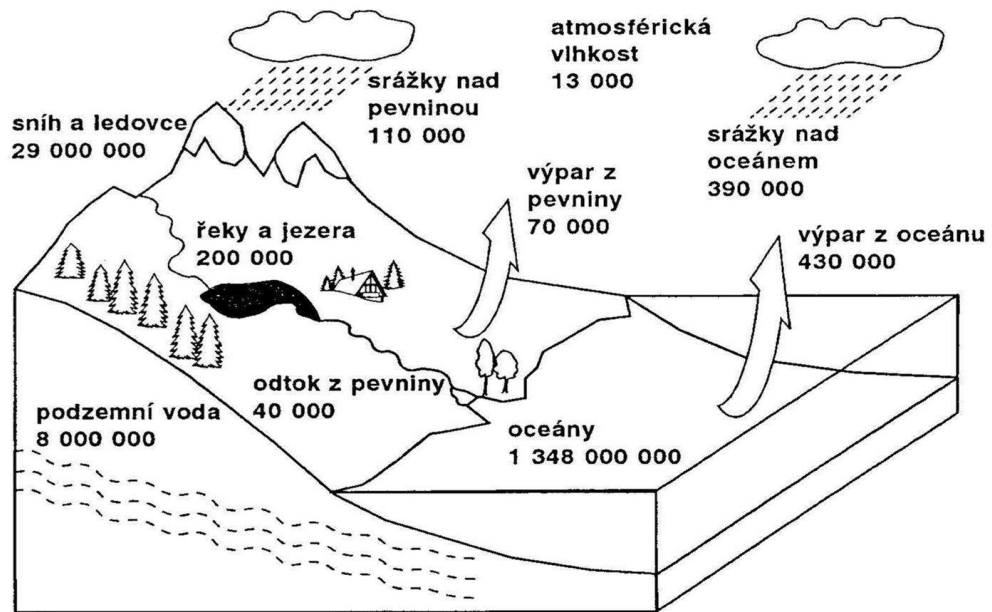
Hospodaření s vodou se na území dnešní České republiky formuje již po celá staletí. Již v počátcích osidlování docházelo k regulaci vodního režimu území odvodňováním bažin a močálů a zřizováním rybníků (KVÍTEK A KOL., 2005).

Rozvodí Severního, Baltského a Černého moře dělí území České republiky na tři hlavní povodí: Labe, Odry a Dunaje. Sítí vodních toků odtéká průměrně asi 15 mld. m³ vody za rok s výrazným kolísáním v nejsušším a nejvodnatějším roce v rozmezí od 8 do 19 mld. m³ za rok a to v závislosti na klimatických podmínkách (KVÍTEK A KOL., 2005).



Obr.1.: Velký a malý hydrologický cyklus

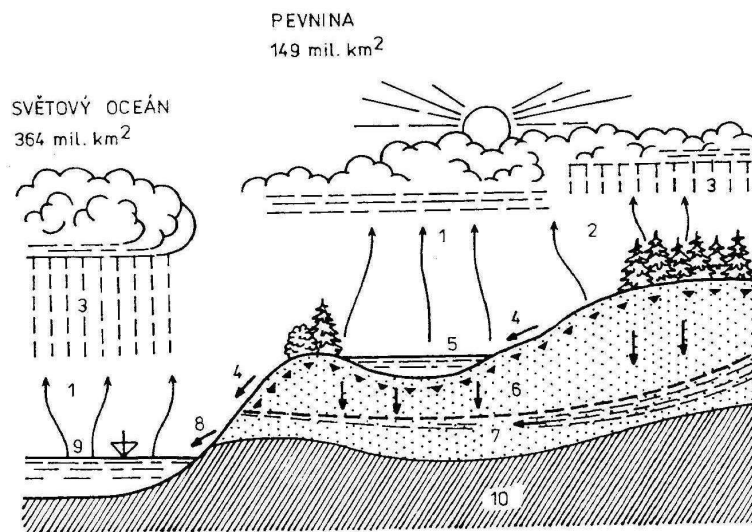
(BRATNYCH A KOL., 2005)



Obr.2.: Množství vody v globálním koloběhu v km^3

(BRANIŠ, 1997)

2.1.1 Bilance vody v povodí



Obr. 1. Formy výskytu vody v přírodě: 1 – výpar, 2 – transpirace, 3 – srážky, 4 – povrchový odtok, 5 – jezero, 6 – voda prosakující půdou, 7 – podzemní voda, 8 – pramen, 9 – oceán, 10 – mateční voda.

Obr.3.: Voda v povodí

(TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992)

Rovnice

Pro určité území (povodí) a jeho vodní biotopy včetně lokálního koloběhu vody vyjádříme srážky jako součet výparu, odtoku a změny zásoby podzemní vody (viz obr.3.) (LELLÁK, KUBÍČEK, 1992).

a) Zkrácený tvar – Kulhavý a Kovář

Srážko-odtokový proces lze zapsat základní bilanční rovnicí oběhu vody.

$$P = AES + TQ \pm \Delta W [mm]$$

P – výška srážky

AES – výška územního výparu

TQ – výška celkového odtoku

ΔW – výška odtokové ztráty, tj. zvýšení nebo snížení zásob povrchové a podpovrchové vody

(KULHAVÝ, KOVÁŘ, 2000)

b) Rozvedený tvar – Kos a Říha

$$H_s = O_v + O_p + O_z + O_s + H_{E(p)} + H_{E(r)} + H_{E(t)} + H_{E(v)} \pm \Omega_1 \pm \Omega_2 \pm \Omega_3 \pm \Omega_4 \pm \Omega_5$$

H_s – atmosférické srážky

O_v – odtok povrchový soustředěný ve vodních korytech

O_p – odtok povrchový nesoustředěný

O_z – odtok podzemní vody (půdou)

O_s – odtok vody do hlubších vrstev

$H_{E(p)}$ – výpar z půdy

$H_{E(r)}$ – výpar z povrchu rostlin (intercepce)

$H_{E(t)}$ – produktivní výpar rostlin (transpirace)

$H_{E(v)}$ – výpar z vodní hladiny

Ω_1 – přírůstek nebo úbytek vody povrchové a podzemní

Ω_2 – přírůstek nebo úbytek vody v nádržích

Ω_3 – přírůstek nebo úbytek vody v ovzduší

Ω_4 – přírůstek nebo úbytek vody v biomase rostlin

Ω_5 – přírůstek nebo úbytek vody v biomase živočišstva

(KOS, ŘÍHA, 2000)

Hlavní složky hydrologické bilance ve vztahu k objemu spadlých srážek jsou následující:

- Výpar, půdní vláh a dotace podzemních zdrojů (71,2 %)
- Povrchový odtok (28,8 %)

(KVÍTEK A KOL., 2005)

2.1.2 Rozdělení vody

Povrchová voda

Jak definuje povrchovou vodu zákon č. 254/2001 Sb.. Povrchové vody jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.

Je to voda odtékající nebo zadržovaná v přirozených a umělých nádržích na zemském povrchu. Vzniká ze srážek, z výronů podzemních vod a z roztávajících ledovců. Předpokládaným zdrojem povrchové vody na území České republiky jsou atmosferické srážky.

Vodní útvar přijímající vodu z určitého povodí se nazývá **vodní recipient**. Vzniká buď přirozenou cestou nebo uměle, zásahem člověka (antropogenním činitelem). Voda v recipientu se buď pohybuje nebo je bez pohybu, tedy stojatá. Podle toho rozlišujeme:

1. vody stojaté
 - a) přirozené (moře a oceány, jezera, močály)
 - b) umělé (rybníky, přehrady a nádrže)
2. vody tekoucí
 - a) přirozené (potoky, bystřiny, řeky, veletoky)
 - b) umělé (kanály, průplavy)

(TÖLGYESSV, 1984)

Analýzy vzorků u povrchové vody tekoucí charakterizují okamžitý stav protékající vody, změny toku, které zpravidla nejsou starší 1 den a změny v povodí ne starší několik dnů. Lze propočítat podíl vodou transportovaných látek z jednotky

plochy povodí za rok. Mají proto význam i pro stanovení ztrát živin odtokem. Kvalitativní změny za delší časový úsek vyjadřují ukazatele hydrobiologické. Jejich číselným vyjádřením je bezrozměrné číslo (index saprobity) (*KVÍTEK A KOL., 2005*).

Podpovrchová voda

Podpovrchové vody, jako část hydrosféry, které jsou pod povrchem země, jsou předpokladem života rostlin a jsou hlavním zdrojem pitné vody. Využívají se i pro účely zdravotnictví, průmyslu, zemědělství, atd. ... Výskyt podpovrchových vod, jejich pohyb i kvalita jsou podmíněny prostředím, ve kterém se nacházejí. Vytvářejí se hlavně infiltrací povrchové vody pod zemský povrch a třídí se podle různých kritérií. Nejčastěji podle – skupenství, původu, pohyblivosti, vazby, hloubky výskytu, atd. ... (*TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992*).

Podzemní voda

Je podpovrchová voda vyplňující průliny, pukliny a dutiny ve zvodněných horninách vytváří podzemní vodu se souvislou, obvykle rozsáhlou hladinou. Podzemní vody se člení podle hydraulických poměrů zvodněného prostředí, podle míry propustnosti horninového prostředí, podle množství a druhu rozpuštěných látek a teploty či skupenství (*TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992*).

A jak definuje podzemní vodu zákon č. 254/2001 Sb.. Podzemní vody jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují také vody protékající drenážními systémy a vody ve studních.

Lze je dělit na:

- a) podzemní a jeskynní jezírka
- b) podzemní toky
- c) skalní a půdní vody

Kromě těchto uvedených se mohou vyskytovat i přechody mezi nimi – zásah člověka (*HARTMAN, PŘIKRYL, ŠTĚDRONSKÝ, 1998*).

Velmi podstatnou část celkového odtoku tvoří přirozené odvodňování podzemních vod, které zároveň kryje jednu polovinu dodávky vody pro veřejné rozvody. Rozdělení využitelných zdrojů podzemní vody na území České republiky je

však nerovnoměrné. Ve vodohospodářsky významných hydrogeologických rajonech svrchní křídly, které zaujímají rozlohu 12,5 tis. km², jsou soustředěny zdroje s využitelnou vydatností více než 27 m³.s⁻¹, v sedimentech jihočeských a západočeských pánví přibližně okolo 1,5 m³.s⁻¹, v neogénu a kvartéru v povodí Moravy a Odry 6 m³.s⁻¹ (KVÍTEK A KOL., 2005).

2.2 Povodí

2.2.1 Definice základních pojmů

Povodí a mezipovodí

Je prostor, ve kterém zkoumáme odtokový proces. Je to území uzavřené **závěrovým profilem** a omezené **rozvodnicí**. Mezipovodí je plocha mezi dvěma uzavírajícími profily (SKLENIČKA, 2003).

KVÍTEK A KOL., (2006) definuje povodí jako základní hydrologickou oblast, ve které zkoumáme odtokový proces a zjišťujeme vzájemný vztah bilančních prvků. Zároveň je hydrologicky uzavřenou oblastí v krajině, z níž veškeré srážky spadlé na povrch odtékají určitým tzv. uzavírajícím profilem.

Závěrový profil

Je to místo ukončující jednotlivá povodí. Veškerá voda se soustřeďuje do tohoto místa a to díky tvaru povodí, který je patrný z uspořádání vrstevnic v mapových podkladech. Je zde tedy soustředěn největší průtok. Zároveň zde má průtok největší sílu a razanci.

Rozvodnice

Je definována jako pomyslná čára v terénu probíhající rozvodím (rozhraní mezi povodími). Lze ji dobře rozpoznat z vrstevnic (SKLENIČKA, 2003).

Rozvodnice ortografická (povrchových vod), je určena z vrstevnicových map na základě konfigurace terénu se nemusí vždy shodovat s rozvodnicí hydrogeologickou (podpovrchových vod), která je dána geologickým složením a průběhem nepropustných vrstev pod povrchem terénu (KVÍTEK A KOL., 2006).

Specifický odtok

Specifický odtok (q) definujeme jako množství vody, které v průměru odteče z plošné jednotky povodí za sekundu. Udává se v l.s⁻¹km⁻² (litr za sekundu na

kilometr čtvereční). Stanoví se jako podíl průměrného odtoku (průtoku) Q a plochy povodí F .

$$q = Q \cdot F^{-1}$$

(Odtokový součinitel (φ), který představuje poměr odtokové výšky H_O a průměrné srážky v povodí H_{Sp}) (KVÍTEK A KOL., 2006).

Průtok

Základní jednotkou odtoku v korytě vodního toku je **průtok** – Q , jimž rozumíme množství vody, které protéká za jednu vteřinu příčným průřezem toku. Vyjadřuje se v $m^3 \cdot s^{-1}$.

Průtok vody Q vztažený na jednotku plochy povodí S_p k zájmovému profilu nazýváme **měrným (specifickým) odtokem q** (viz výše). Podle vzorce $q = Q / S_p$ (KREŠL, 2001).

2.3 Odtok

Tento hydrologický pojem udává, jaké množství vody odečte za určité období z námi stanoveného povodí. Faktory, které říkají, že dojde k odtoku, jsou – nasycenost půdy a jejího povrchu v důsledku větší dešťové srážky. Může to být také sněhová příkrývka, u které by samozřejmě hrála roli velikost sněhové hmoty a její složení (obsah vody).

Velikost odtoku a případné škody, které může napáchat mohou ovlivňovat ještě další faktory. Mezi hlavní patří – Land use (využití terénu), půdní vlastnosti, lokalita povodí, reliéf půdy a také možné antropogenní vlivy, neboli vlivy člověka a jeho schopnost přetvářet krajinu k obrazu svému (kanály, nádrže, cestní síť,...).

V dlouhodobém průměru připadá na jednoho obyvatele ČR kolem $1\,450\, m^3$ ročního odtoku, což je jen asi třetina evropského a pětina světového průměru (KVÍTEK A KOL., 2005).

2.3.1 Složky odtoku

Odtok je součástí hydrologické bilance a dělí se na několik složek.

- A. Povrchový odtok
- B. Podpovrchový odtok

C. Podzemní odtok

Povrchový odtok (Overland flow)

Povrchový odtok srážkové vody však neprobíhá ve formě rovnoměrného, tzv. plošného ronů, ale soustřeďuje se vlivem vyčlenění a sklonu zemského reliéfu v místní rýhy, brázdy, stružky, ručeje, bystřiny a potoky, které se spojují v říčky, řeky a veletoky vyúsťující do moře. Povrchový odtok je tedy jedním s podpůrných činitelů, který vytváří vodní toky a říční síť (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984). Obdobně se k této tématice vyjadřuje KULHAVÝ, KOVÁŘ, (2000), tvrdí, že v důsledku geomorfologické diverzity zemského povrchu se povrchový odtok z ronů či ze zdrojových ploch obvykle soustřeďuje do sítě stružek, které dále tvoří základ hydrografické sítě. V ní dochází k soustředěnému a později korytovému odtoku. Povrchový odtok probíhá na malých povodích s malým časovým zpožděním za příčinným deštěm.

Vzniká tak, že srážky dopadající na povrch Země jsou jednak zadrženy na povrchu vegetace a půdy, jednak se vsakují do půdy, popř. se vypařují zpět do ovzduší. Při intenzitě deště vyšší než je intenzita vsaku, popř. při tání sněhu, stéká srážková voda nejprve v souvislé vrstvě jako *nesoustředěný* (také *svahový*) *povrchový odtok*, až posléze se rozčleňuje erozivními rýhami do stružek a jimi odtéká do bystřin, potoků, řek, které vytvářejí říční hydrografickou síť. Tuto fázi odtoku vodní sítí nazýváme *soustředěný povrchový odtok* (KREŠL, 2001).

Je to voda, která odtéká přímo po povrchu terénu. Tato složka odtoku je ze všech složek nejrychlejší. Odtéká z míst, kde vznikly podmínky pro tvorbu odtoku (logicky se tedy jedná o místo kde srážky převažují nad ztrátami).

Možnosti vzniku tohoto typu odtoku jsou tři:

- Hortonovský odtok – jedná se zde o překročení infiltrační kapacity
- Dunný odtok – překročení retenční kapacity
- Opětovná exfiltrace vody v nižších částech svahu

Povrchový odtok má několik fází, které lze relativně spolehlivě předpovídat a vypočítat. Jedná se o:

1. Vzestupnou větev

2. Sestupnou větev
3. Dobu koncentrace
4. Dobu prodlení.

Je největší v odlesněných a urbanizovaných oblastech (*SERRANO, 1997*).

Podpovrchový odtok (Subsurface flow)

Primárním vstupem podpovrchového odtoku je infiltrace. Redistribuce vody v nenasycené zóně je řízena zákonem průtoku vody skrze nenasycené pórovité prostředí (*SERRANO, 1997*).

Tato voda se vsakuje do půdy – infiltruje se. Avšak opouští povodí dříve nežli dosáhne hladiny podzemní vody.

Lze jej dělit na nasycený a nenasycený. Základním rozdílem je doba po kterou se vsáknutá kapalina (medium) udrží v půdním profilu a za jak dlouho tato voda bude putovat povodím. U nasyceného odtoku se voda prakticky nezadrží, jelikož všechny prostory v půdě, které by byly schopné absorbovat vodu, jsou již plné (obsazené). Dochází k podpovrchovému odtoku vody okamžitě, k takzvanému rychlému odtoku, stejně jako u odtoku povrchového. Pokud je odtok nenasycený, dojde nejprve k vyplnění vzduchových prostor v půdě vodou. Jedná se o proudění v mikro a makro pórech. Tím se z nenasyceného odtoku stává nasycený a voda opět putuje podpovrchovým odtokem dále do povodí, směrem k závěrovému profilu. Tato doba, po kterou dochází k zaplavování půdy vodou, se nazývá zpoždění a celý děj se tedy nazývá zpožděný odtok. Tento jev lze pozorovat a rovněž i spočítat. K tomu nám slouží aplikace Richardových a Darcyho rovnic proudění vody v porézních prostředích.

Je největší v přirozeně zalesněných plochách a příkrých vodních předělech (*SERRANO, 1997*).

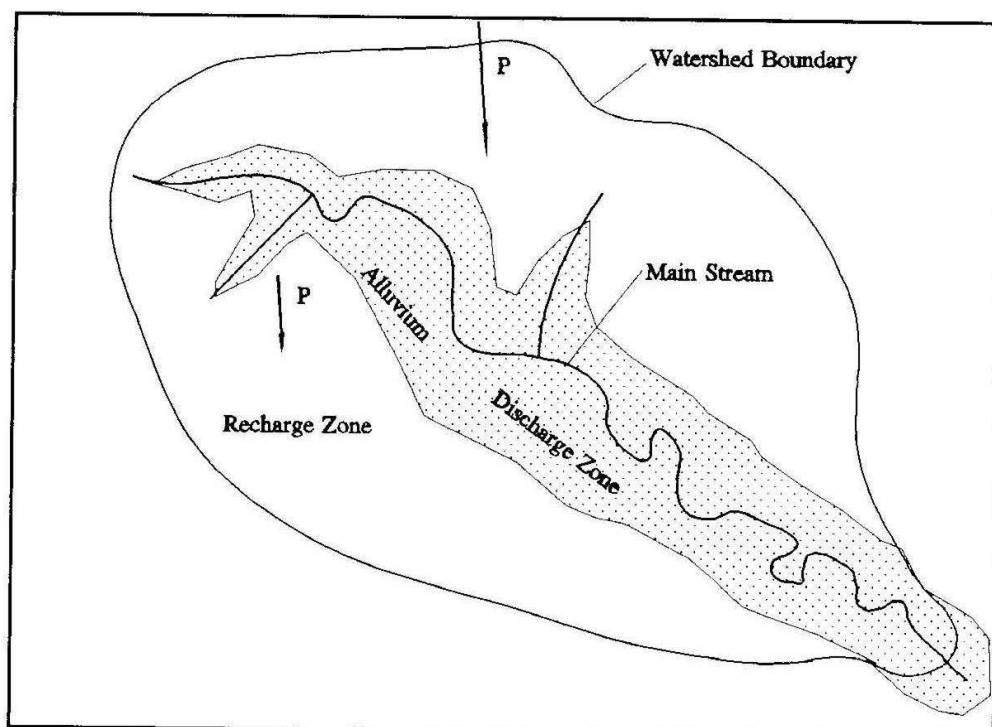
Podzemní odtok (Groundwater flow)

Je ta část celkového odtoku vody z území, která se později ukládá do podzemních vod – např. z pramenů, dnových pramenů v tocích nebo jiným přítokem podzemí vody (viz obr.4.).

Hlavně se však jedná o vodu, která se sráží a prosakuje do půdního profilu. Později si tato voda najde cestu do potoků, řek, jezer, podzemních jezer a dalších přírodních recipientů. Poté, co se vsakování, např. po srážce, na nějakou dobu zastaví,

lze předpokládat, že celý odtok je tvořen kumulativním odtokem, který hromadí (kumuluje) veškerou vodu do podzemního odtoku a stahuje tak veškerou vodu z celého infiltračního povodí (území). Prognóza takového základního odtoku je praktickou informací a má význam v tom, že určuje průtokovou rychlost pro dané povodí. Určí, jak může utrpět území pokud nedojde k předpokládanému vsakování vody nebo pokud odstraníme ochranné prostředky, jako jsou některé inženýrské stavby či zadržovací zařízení, jako je třeba poldr. Podle toho lze určit, jak se bude tok chovat při základním odtoku, v suchém období, při dlouhotrvajících deštích nebo při přívalové srážce. Pokud se jedná o územně a inženýrsky podobné povodí, lze předpokládat, že se bude chovat stejně jako povodí již jednou měřené. Takovéto méně přesné prognózy vycházející z podobných povodí, jsou často vyžadovány například zemědělci k tomu, aby rozhodli o možném zavlažení či odvodnění (BRUTSAERT, 2005).

Je největší v krasových oblastech a přirozeně zalesněných vodních předělech (SERRANO, 1997)

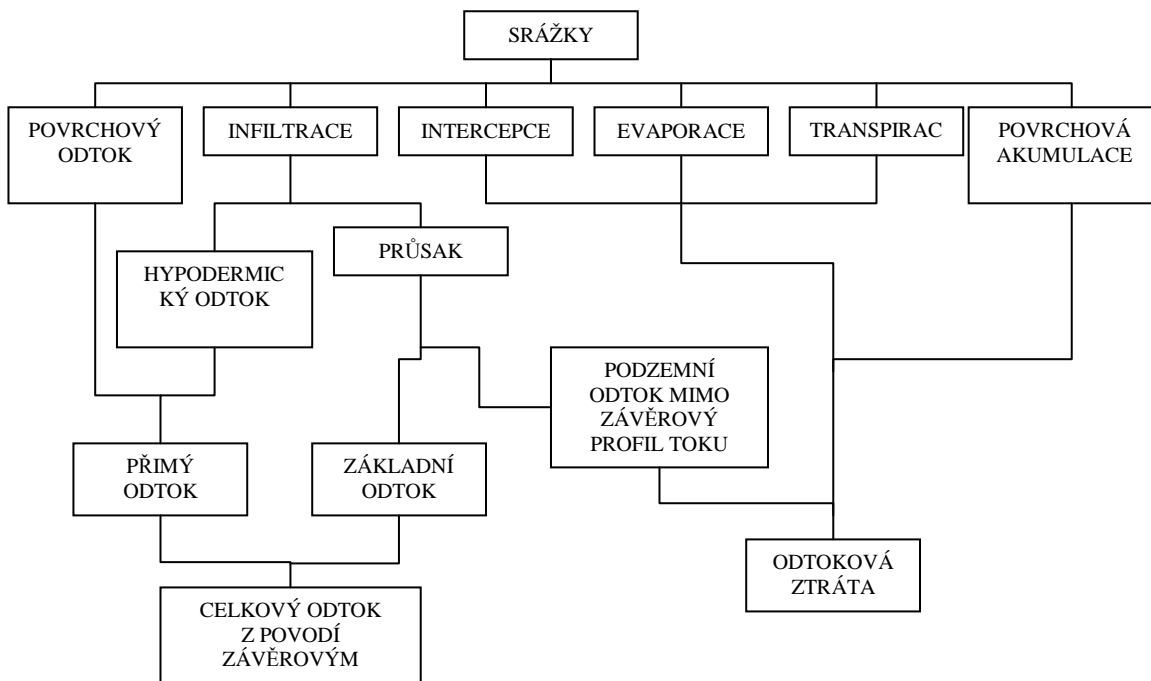


Obr.4.: Regionální podzemní odtok v povodí

(SERRANO, 1997)

2.4 Geneze odtoku

Genezi, neboli způsob vzniku, lze rozdělit na dlouhodobou a krátkodobou. Odtok se dále dělí na povrchový, podpovrchový a podzemní (viz obr.5.), více je uvedeno výše.



Obr.5.: Schéma odtokového procesu

(ČSN 736530, 1985)

V praxi je obvyklé rozdělovat odtok na dva podrobnější subjekty: **Přímý odtok** DRO (Direct runoff) a **základní odtok** BF (Base flow). Zatím co DRO zahrnuje vodu stékající po povrchu, BF je z větší části tvořen pouze podzemní vodou (BEDIENT, HUBER, 2002).

Přímý odtok

Je suma povrchového a podpovrchového odtoku vody v daném povodí. Jedná se o odtok, který přímo reaguje na srážku. Land use determinuje infiltrační vlastnost a míru intercepce. Tím výrazně ovlivňuje intenzitu rychlé složky odtoku, tj. přímý odtok (Daňhelka, 2007).

Základní odtok

Některé srážky mohou prosakovat a navyšovat spodní hladinu vod, obvykle i o několik desítek centimetrů. Základní odtok (Base flow) v přirozeném korytě toku je

zásobován vodou z mělkých podzemních vod a tyto toky jsou pak součástí hydrografu. Ve velkých přírodních povodích, může být základní odtok významný zlomek odtoku, zatímco zřídka kdy může být významný v povodích malých urbanizovaných, ve kterých převládá povrchový ron. Základní odtok může být oddělený od celkového odtoku řadou metod, což slouží k tomu, abychom mohli odvozovat Direct runoff (DRO) hydrograf (*BEDIENT, HUBER, 2002*).

2.5 Faktory ovlivňující odtok

2.5.1 Reliéf

Reliéf terénu ovlivňuje odtok srážkových vod. Například větší sklon nám urychlí odtok srážek a možnost infiltrace (vsaku) je menší. Hluboké zářezy v terénu do zvodnělých vrstev umožňují jejich lepší odvodnění a tím dotaci povrchových vod (*BEVEN, 2001*).

Každý reliéf lze rozložit na základní geometrické plochy, jejichž vývoj je zpravidla výsledkem jednoho pochodu. Takové plochy v geomorfologii nazýváme geneticky stejnorodé plochy. Tyto jednotkové plochy mohou mít různý vzhled, sklon, orientaci vůči světovým stranám a různou expozici (*SKLENIČKA, 2003*).

Vzhled

Podle vzhledu, který závisí na tvaru spádnice, rozlišujeme:

- Přímkové plochy
- Konkávní plochy
- Konvexní plochy

(*SKLENIČKA, 2003*)

Sklon

Síla eroze závisí na sklonu (prudkosti) povodí. Tok (odtok) vody je tím prudší, čím více je vody a čím příkřejší je její spád. Výsledkem této energie a erozivní činnosti jsou koryta řek a údolí (*PERTŽÍLEK, KOČÁREK, 1959*).

Průměrný sklon povodí

$$I_p = (H_{\max} - H_{\min}) \cdot S_p^{-1/2}$$

Průměrný sklon toku

$$I_t = (H_{\max} - H_{\min}) \cdot L^{-1}$$

(Veškeré proměnné ve vzorcích jsou vysvětleny níže v odstavci **Členitost terénu**)

(KREŠL, BARTUŇKOVÁ, 1978)

V závislosti na sklonu ploch můžeme tyto rozdělit na:

- Rovinné plochy
- Mírně skloněné plochy
- Značně skloněné plochy
- Příkře skloněné plochy
- Velmi příkře skloněné plochy
- Srázy
- Stěny

(SKLENIČKA, 2003)

Členitost terénu

Při staničení vždy počátek - tedy km 0,0 - leží u ústí zájmového toku do toku vyššího řádu. Tok prodlužujeme podle průběhu vrstevnic až k rozvodnici (tečkovaně modře) nejnižším místem údolí a délkou toku rozumíme délku údolnice L až k rozvodnici. Pro určení dalších vlastností zjistíme na mapě: výškovou kótu nejnižšího místa H_{\min} , nejvyššího místa H_{\max} , délku rozvodnice L_r , délku vrstevnic l_i , zvoleného intervalu h v povodí, délku celé vodní sítě L_s , popř. pro přesné stanovení průměrné výšky povodí i plochy S_i , které vymezují jednotlivé vrstevnice a rozvodnice, výškové kóty počátečního H_{\min} a konečného H_{\max} profilu údolnice. Tyto hodnoty dosadíme do vztahů pro výpočet jednotlivých vlastností povodí podle (KREŠL, BARTUŇKOVÁ, 1978).

Charakteristika povodí

$$\alpha = S_p \cdot L^{-2}$$

Členitost rozvodnice

$$m_\alpha = 0,282 \cdot L_r \cdot S_p^{-1/2}$$

Orientace

Tímto atributem chápeme polohu plochy vůči světovým stranám. Z tohoto hlediska rozlišujeme čtyři hlavní kvadranty směrové růžice:

- ◆ Plochy orientované k severu (S)
- ◆ Plochy orientované k východu (V)
- ◆ Plochy orientované k jihu (J)
- ◆ Plochy orientované k západu (Z)

Rovinné plochy (0 - 2°) se ve smyslu orientace ke světovým stranám neklasifikují (SKLENIČKA, 2003).

Expozice

Expozicí rozumíme úhel mezi normálou a směrem, vůči němuž expozici uvažujeme, např. vůči slunečním paprskům, větru, dešti apod. Expozice svahu je závislá na jeho orientaci a sklonu (SKLENIČKA, 2003).

Jednotlivé geneticky stejnorodé plochy jsou odděleny hranami, které se stýkají v uzlech. Zpravidla se nejedná o ostrá rozhraní (lomy). Hrany mívají vesměs charakter více či méně úzké přechodné zóny. Geneticky stejnorodé plochy tvoří složitější útvary označené jako povrchové tvary. Podle rozměrů (šířka, výška) je dělíme na nanoformy, mikroformy, meziformy a makroformy. Povrchové tvary dále tvoří soubory, nazývané *typy reliéfu*. V případě subaerických typů georeliéfu uvádíme dva základní termíny:

- ◆ Nížina – území v nadmořské výšce 0 – 200 m, složené ze zpevněných nebo málo zpevněných sedimentů, uložených horizontálně nebo subhorizontálně, které mají měkký rovinný nebo pahorkatinný reliéf s relativní výškovou členitostí do 75 m
- ◆ Vysočina – území v nadmořské výšce nad 200 m se zpevněným až členitým reliéfem; podle výškové členitosti se dále dělí na pahorkatiny, vrchoviny, hornatiny a velehornatiny

(DEMEK, 1987)

Reliéf je přírodním faktorem, který významně ovlivňuje způsob využívání krajiny. Na základě vzhledu, geneze a stáří lze na území ČR rozlišit 5 hlavních skupin typů reliéfu: akumulární roviny, sníženiny, pahorkatiny, vrchoviny, hornatiny (DEMEK, 1987).

2.5.2 Fyzickogeografické podmínky

Plocha povodí

Plocha povodí F , je jednou z nejdůležitějších charakteristik, vytváří představu o významu toku, který dané povodí odvodňuje. Definována je jako plocha půdorysného průmětu povodí do vodorovné roviny. Udává se zpravidla v km^2 . Stanoví se planimetrováním z map vhodného měřítka (KVÍTEK A KOL., 2006).

Tvar povodí

Patří mezi charakteristiky, které ovlivňují dobu, za kterou se soustředí voda z celé plochy povodí v uzavírajícím profilu povodí. Povodí bývá obvykle nejširší ve své střední části, směrem k prameništi se zužuje. Součinitel tvaru povodí:

$$\alpha = B / L_{\text{ú}}$$

$$B = F / L_{\text{ú}}$$

α - součinitel tvaru povodí

B - střední šířka tvaru povodí

$L_{\text{ú}}$ - délka údolnice

F - plocha povodí

$$\alpha < 0,24$$

$$\alpha = 0,24 - 0,26$$

$$\alpha > 0,26$$

(KVÍTEK A KOL., 2006)

2.5.3 Geologické a hydrogeologické podmínky

Pórovitost

Nejpříznivější podmínky pro stanovení pórovitosti a puklinatosti geofyzikálními metodami jsou tvořeny při geofyzikálním proměřování vrtů. V obzvlášť příznivých případech lze pro posouzení pórovitosti a puklinatost použít též povrchových geofyzikálních měření (MAREŠ A KOL., 1983).

Nejdůležitější geologickou a hydrogeologickou podmínkou ovlivňující odtok je bezesporu pórovitost. Čím větší pórovitost, tím se zvedne i schopnost dané kombinace hornin pojmout více vody. Pohyb uvnitř jednotlivých dutin je dán jejich velikostí. Ve velkých dutinách působí gravitační síla a tak dochází k pohybu. V malých dutinách se děje pohyb účinkem kapilárních sil. Kapilární síla je velmi malá a tak i pohyb v dutině je velmi pomalý. Jestliže dojde k tomu, že jsou všechny póry v zemině zaplněny vodou, považuje se za nasycenou. Určení pórovitosti tedy spočívá v určení množství vody, která zaplní všechny póry. Podíl tohoto objemu

vody a objemu suchého vzorku dává pórovitost, relativní číslo, menší než 1 (*BENETIN, 1958*).

Geologické podloží

Geologické podloží a jeho propustnost má význam pro utváření odtoku v období bezdeští. Ovšem nepropustné vrstvy (krystalické horniny, ruly, slíny, břidlice) s málo mocným půdním překryvem snižují celkovou retenční kapacitu povodí a spolupůsobí při prudkém stoupání průtoků při vydatnějších deštích (*KREŠL, 2001*).

Typ horniny

Podle *BEDIENT, HUBER, (2002)* mají na našem území svůj četný výskyt čtvrtohorní, tzv. aluviální náplavy, vzniklé erozí a sedimentační činností vody.

Propustné

Mezi propustné horniny patří: štěrk, písek, úlomkovité sedimenty, rozpuštěné horniny celistvé a pórovité rozpukané vyvěřeliny.

Polopropustné

Mezi polopropustné horniny patří: hlinité písky, spraš, rašelina, stmelené úlomkovité horniny (jako je pískovec, slepenec a rozpuštěné vápence).

Nepropustné

Mezi nepropustné horniny patří: horniny celistvé jako je žula, porfyr, syenit, diabas znělec, čedič, krystalická břidlice, nerozpuštěné vápence, jíly, slíny, jílovité břidlice (*CHOWA KOL., 1988*).

Nejvydatnější - a tedy na vodu nejbohatší - jsou vrstvy úlomkovitých hornin, které byly vytvořeny ve čtvrtohorách ledovci. Říkáme jim glaciální vrstvy, mnohdy tyto vrstvy dosahují mocnosti (tloušťky) až několik stovek metrů (*BEDIENT, HUBER, 2002*).

2.5.4 Pedologické vlastnosti

Půdní poměry

Rozhodují o velikosti a intenzitě vsaku vody a tím rovněž o rozložení a velikosti odtoku. Představu o půdních poměrech území lze získat z podrobných pedologických map (*KVÍTEK A KOL., 2006*).

Fyzikální vlastnosti půdy

Fyzikální vlastnosti jsou parametry, které nám významně dokáží charakterizovat půdu, (tj. půdní vlhkost, sací tlak, hydraulická vodivost, výška hladiny podzemní vody), kořenový systém a podpovrchové systémy chodbiček půdních živočichů (*GRMELA, 2004*).

2.5.5 Landcover

Landcover označuje v daném čase aktuální kombinaci land use, čili využívání krajiny a vegetace pokrývající zemský povrch. Rozbor tohoto atributu se používá především v případech potřeby detailnější úrovně hodnocení krajiny, při návrzích podrobného managementu, krajinářských optření apod. Landcover je zpravidla kombinace 3 dílčích atributů krajiny:

- Vegetační pokryv
- Struktura krajiny
- Land use

(*SKLENÍČKA, 2003*)

Vegetační pokryv

Vegetační pokryv výrazně ovlivňuje infiltraci meteorologických srážek a tím i velikost odtoku a množství podzemní vody. Land use (land cover) determinuje míru intercepce daného území a jeho infiltrační vlastnosti. Tím je výrazně ovlivněna intenzita rychlé složky odtoku (přímý odtok). Pro vznik rychlého odtoku jsou příznivé zemědělské plochy bez dostatečného zapojení pěstovaných plodin chránících půdní povrch (chmelnice, vinice, porosty kukuřice a ostatní porosty na začátku vegetační sezóny) (*DAŇHELKA, 2007*).

Vegetační kryt povodí reguluje množství srážek zachycených na tělech rostlin, množství vody vsáklé, rychlost vody stékající po svazích, velikost ztrát výparem aj. Takže rovněž významně předurčuje jednotlivé fáze procesu odtoku vod z povodí.

Procentuální zastoupení a situování vegetačního krytu (plochy lesů, polí, luk) zjišťujeme z topografických map (*KVÍTEK A KOL., 2006*).

Vytváření účinných prvků ekologické kostry krajiny – biokoridory (snížená rychlost větru v rámci místních podmínek) – opatření zvyšující ochlazující schopnost krajiny, zvyšuje se retenční kapacita území. Snižuje se povrchový odtok a odnos (*KVÍTEK A KOL., 2005*).

Na povrchu vegetačního krytu jsou dopadající dešťové kapky zadržovány molekulárními silami. Část zadržené srážkové vody se odpaří, část stéká, popř. skapává na zem. Toto zadržování srážek vegetačním korytem nazýváme *interceptí* (*KREŠL, 2001*).

Analýza vegetačního pokryvu – výchozím kritériem pro učení optimálního návrhového stavu kultur v krajině je vyhodnocení indexu trvalých kultur (I_{TK}), zohledňující původní a současný stav kultur v dané krajině.

$$I_{TK} = (R.k + T.l + V.m + X + Y.n) / (L + P + S + M + N)$$

I_{TK}	- index trvalých kultur
L	- historické zastoupení luk v krajině [ha]
P	- historické zastoupení pastvin [ha]
S	- historické zastoupení lesů [ha]
M	- historické zastoupení mezí a remízků [ha]
N	- historické zastoupení stojatých vod a mokřadů [ha]
R	- současné zastoupení luk [ha]
T	- současné zastoupení pastvin [ha]
V	- současné zastoupení lesů [ha]
X	- současné zastoupení mezí a remízků [ha]
Y	- současné zastoupení stojatých vod a mokřadů [ha]

k,l,m,n - koeficienty vyjadřující kvalitu porostů z hlediska funkce ochrany kvality vod v PHO:

k	- koeficient kvality porostu – louky
l	- koeficient kvality porostu – pastviny
m	- koeficient kvality porostu – lesní porosty
n	- koeficient kvality porostu – rybníky a nádrže

Struktura krajiny

Strukturu krajiny definujeme jako to, co z krajiny vidí oči ptáka ve směru kolmém nebo šikmém k povrchu zemskému (ZONNEVELD, 1995).

V důsledku nestejnorodostí dílčích krajinných atributů se krajina diferencuje na jednotlivé skladebné části. Krajina se může jevit též jako zcela homogenní území bez struktury, neboť v jeho rámci skutečně neexistují rozdíly v dílčích attributech, resp. je nelze rozlišit při dané úrovni hodnocení. Struktura krajiny je jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících biodiverzitu, jako základní ukazatel ekologické hodnoty krajiny (LANGLOIS, 2001).

Land use

Termín land use v sobě zahrnuje dvě základní složky – biofyzikální a socioekologickou. Land use je pojem dynamický, stejně jako jsou v čase a prostoru proměnlivé jednotlivé atributy krajiny. Zahrnuje jak formu analýzy aktuálního či historického stavu, tak hodnocení krajiny z hlediska vhodnosti pro jednotlivé způsoby využívání. Každá z forem land use má specifické požadavky na danou lokalitu. Ty jsou dány požadovanými krajinnými vlastnostmi. Srovnání těchto požadavků s land use typem může poskytnout informace o vhodnosti dané formy využívání krajiny (SKLENIČKA, 2003).

Více bude k této tématice uvedeno v samostatné části níže, protože se jedná o hlavní téma této práce.

2.5.6 Klimatické podmínky

Hlavní faktor pro tvorbu odtoku jsou srážky.

Srážky

Srážkový odtok vzniká na základě mírných i přívalových dešťových srážek v tuhém i kapalném stavu (déšť, sníh). Znečišťující příměsky, které povrchově odtékající dešťová nebo sněhová voda smývá z povrchu orné, luční a lesní půdy a ze zastavěných nebo jiných ploch. Složení a míra znečištění tohoto odtoku se proto velmi různí zejména podle způsobu užívání půdy a podle činitelů, spolupůsobících při vytváření srážkového odtoku. Svou roli hraje povaha dešťů, sklonitost a členitost terénu či vegetační pokryv (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984).

Rozdělení srážek

Atmosferické srážky, především dešťové, se různí podle vydatnosti, trvání, rozlohy a intenzity. Z hlediska *vydatnosti*, vyjadřované výškou v mm celkem spadlé a zachycené na vodní ploše bez ztráty výparem, odtokem nebo vsakem. Děšť lze takto rozdělit na: slabý, mírný, silný a velmi silný. Podle *trvání, rozlohy a intenzity*, což lze definovat jako množství spadlé na určitou plochu za stanovenou jednotku času. Jedná se o krátkodobé přívalové deště o trvání 5 minut až 6 hodin, zpravidla však do 30 minut. A o déletrvajících deště od 6 hodin až po několik dnů. Pro vytváření odtoků z povodí jsou zvláště nebezpečné přívalové srážky (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984).

Extrémní srážky

Z území někdejšího Československa se uvádí roční úhrn srážek 2 130 mm ze stanice Zbojnická chata (Vysoké Tatry, 1958 m) za období 1901-1950; z téže stanice pochází absolutní maximum ročních srážek 2 725 mm (1938). Nejnižší průměrný roční úhrn srážek 410 mm byl zaznamenán na stanici Libědice za období 1901-1950. Absolutní minimum ročních srážek 247 mm pochází ze stanice Velké Přítočno z r. 1933. Nejvyšší úhrn srážek za 24 hodin činil 345 mm na stanici Nová Louka. Za nejvyšší hodinový srážkový úhrn se považuje hodnota 116,6 mm ze stanice Hamry (okr. Chrudim) zaznamenaná dne 3. září 1956 (BEDNÁŘ, 2003).

Infiltrace srážkové vody

Vsakem, čili infiltrací, nazýváme pronikání vody (srážkové nebo uměle dodávané) z povrchu půdy do jejích hlubších vrstev (MAREŠ A KOL., 1983).

Množství vody, které se vsákne do půdy za jednotku času, označujeme jako intenzitu vsaku čili rychlost infiltrace. Velikost infiltrace je celkové množství vody, které se vsákne do půdy od počátku vsaku do doby t .

Infiltrace je složitý děj, který je závislý na řadě faktorů. Především se uplatňuje intenzita srážek a půdní poměry: počáteční vlhkost, obsah vzduchu uzavřeného vsakující se vodou do půdy, stabilizace agregátů a množství pseudoagregátů, objem volných pórů a nekapilární vodivost půdy. Při vsaku se voda pohybuje především v nekapilárních pórech; dochází však také k postupnému pohybu kapilární vody obsažené v půdě před vsakováním. Týká se to především vody obsažené semikapilárních pórech. Proto zvýšení vlhkosti půdy zmenšuje obecně intenzitu infiltrace (KREŠL, 2001).

2.6 Metody separace odtoku

Podíl podzemních vod na toku je jednou z důležitých charakteristik hydrologického režimu toku. Podíl podzemních vod se zjišťuje z čáry průtoků za dlouhou řadu let, tzv. separací podzemního odtoku. Metod separace je, v závislosti na záměru zpracování, celá řada. Pro naše toky vyhovuje způsob naznačený na obrázku níže. Spočívá v tom, že se v čáře $Q = f(t)$ spojují čarou (úsečkami) body příslušející obdobím nízkých průtoků. Správnost výsledku je podmíněna vystižením počátku období nízkých průtoků, kdy lze důvodně předpokládat, že průtok v profilu toku je převážně tvořen ze zásob podzemních vod.

Separace podzemních vod, je v hydrologii významnou úlohou, zvláště v problematice hydrometeorologických předpovědí, při konstrukcích povodňových vln metodou jednotkového hydrogramu apod. (KEMEL, 1994).

Následuje výčet a popis některých metod, včetně grafů a vzorců, které lze užít k separaci určitých složek odtoku.

2.6.1 Metoda Kliner – Kněžek

Pro rozčlenění hydrogramu vycházíme z toho, že pokles odtékajícího množství vody za jednotku v čase, vyjadřuje výtoková čára. Výtokovou čáru nejlépe specifikujeme pomocí vztahů odvozených Boussinesquem. Pokud jsou antropogenní a přírodní podmínky neměnné, lze prohlásit, že výsledná výtoková čára je poměrně stabilní. Drenážní funkce toků závisí hlavně na základním odtoku a to za proměnných podmínek. Především na (hydraulickém) sklonu, který je vázán na stav hladin v toku a ve zvodni. Vhodné a podložené výsledky lze získat z metody užívané k pozorování podzemních vod. Jednu z nich vytvořili (KLINER, KNĚŽEK, 1974), kteří zkonstruovali obalovou křivku v množině bodů, jejichž souřadnicemi v původní verzi je rozdíl mezi úrovněmi hladiny podzemní vody a hladinou v toku na ose y a průtok na ose x . Obalová křivka přiřazuje k danému rozdílu hladin nejmenší časově odpovídající průtok. Autoři metody předpokládají, že takto definovaný vztah je velmi blízký vztahu hydraulického sklonu k velikosti složky podzemních vod dotujících tok.

2.6.2 Analýza poklesových větví

Existuje několik technik, jak oddělit přímý odtok od základního odtoku, které jsou závislé na analýze poklesových větví podzemní vody. V mnoha případech, může být výtoková čára definována jako exponenciální rovnost vyplývající ze základních předpokladů (forem).

$$q_t = q_0 e^{-kt}$$

- q_t - průtok v čase t
- q_0 - počáteční průtok
- k - konstanta poklesu

(*BEDIENT, HUBER, 2002*)

Rovnice s touto rovností jsou užívány často v inženýrství k tomu, aby charakterizovali rozklad prvního řádu případné srážkové situace. Rovnice bude znázorňovat výtokové čáry v hydrografu jako přímky na semilogaritmickém papíru. Rozdíl mezi těmito křivkami a celkovou čarou průtoku při stejném zatížení reprezentuje DRO (Direct flow). Několik bouřek v průběhu určitého časového úseku představuje soubor dat dostačující k tomu, aby vytvořil hlavní výtokovou čáru v hydrografu (*MCCUEN, 1998*).

Další metodiky užívají empirický vzorec navrhovaný pro velké rozvodí.

$$N = A^{0.2}$$

Kde N je počet dnů od doby vrcholného stavu průtokové křivky, měřené do konce přímého odtoku a A je plocha povodí ve čtverečních kilometrech.

Základní odtok a jeho určení je převážně odhadová technika, než odborná znalost. V této době se jedná v mnoha případech o praktický zájem, jako jsou městské odvodnění či kanalizace. Zde je základní odtok zanedbaný, protože představuje pouze malý komponent. Základní odtok je oddělený najednou, zbývající hydrograf znázorňuje přímý odtok způsobený nadbytkem srážek. Základní odtok je obvykle důležitější v přírodním toku a ve velkých řekách kvůli přispívání do hladiny podzemních vod podél břehů. Jakákoliv metoda vybraná pro separaci,

kteřou určí hydrolog by měla mít shodný výsledek tak, že hydrografy se mohou srovnávat od bouře k bouři, od deště k dešti (*BEDIENT, HUBER, 2002*).

2.6.3 Digitální filtry

Při použití filtru je potřeba odhadnout velikost koeficientu pomocí odlišné metody – analýzy poklesové větve, apod. Nebo použít již osvědčenou hodnotu koeficientu pro dané podmínky (velikost povodí, formát vstupních dat). Příkladem digitálních filtrů jsou např. metody dle Chapmana a Maxwella, Boughtona nebo Lyne a Hollicka (*GRAYSON A KOL, 1996*).

Technické separace základního odtoku *Base flow* jsou grafické, které inklinují k využití známých zakreslených bodů, protínajících rostoucí a klesající větve. Zde sledujeme odezvu na *Quick Flow* (rychlý odtok hned po srážce – povrchový odtok) nebo zahrneme filtrování, kde v závislosti na čase vyhotovíme graf s průtokovými čarami, z nichž odvodíme výslednou průtokovou čáru pro *Quick Flow*. Grafické metody, obvykle užívané pro osnovy (sestavy) *Base flow*, kde komponenty jsou čáry průtoku při záplavové události, včetně bodu, kde *Base flow* protíná padající větve. Soustředěný odtok následující za tímto bodem je považován celý za *Base flow*, dokud nezačne další hydrografická odezva na významnou srážkovou událost (viz obr.7.). Tyto grafické přístupy dělí *Base flow* složitostně i přehledně (*CHAPMAN, MAXWELL, 1996*).

K přesnému vyhodnocení používáme různé algoritmy:

Chapman

$$q_{f(i)} = (3\alpha - 1 / 3 - \alpha) q_{f(i-1)} + (2 / 3 - \alpha)(q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)})$$

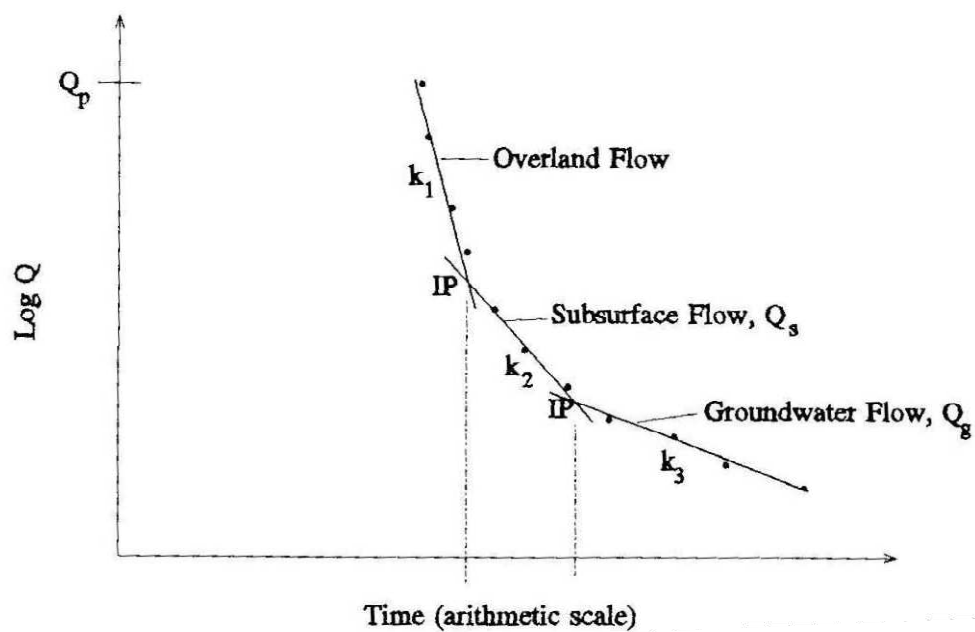
(*CHAPMAN, 1991*)

Lyne a Hollick

$$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - \alpha q_{(i-1)})((1+\alpha) / 2)$$

$$\alpha = 0.925$$

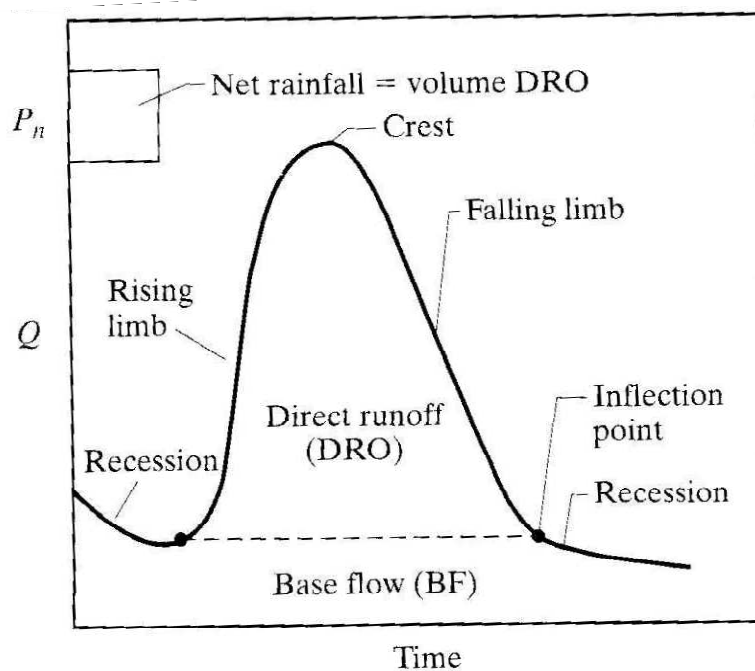
(*LYNE, HOLLICK, 1979*)



Obr.6.: Umístění inflexních bodů v poklesové větvi

(SERRANO, 1997)

Graficky lze danou problematiku vyjádřit takto podle Bedienta a Hubera.



Obr.7.: Analýza hydrografem

(BEDIENT, HUBER, 2002)

2.6.4 Separace užitím stabilních stopovačů

Povrchová voda, jež před dopadnutím na zem v podobě deště, který propadne atmosférou, osahuje více radioaktivních látek než zpravidla voda podzemní. Určování separace podle rozdílu tvrdosti nebylo dříve zcela spolehlivé. Využití rozdílnosti v radioaktivitě překážela hlavně ta skutečnost, že se zpravidla jednalo o velmi nízkou hladinu radioaktivity, která byla na hranici citlivosti a měřitelnosti v tehdejší době existujících přístrojů (*KEMEL, 1994*).

Dnes se však tato metoda začíná hojně využívat. Měříme stabilní izotopy vodíku a kyslíku ve vodě. Užíváme k tomu dnes již vhodná zařízení, jako je např. laserový spektroskop. Po izotopově signální srážce a vzniku odtoku se totiž rychlý odtok z půdy postupně vrací k dlouhodobé hodnotě v půdě, zatímco povrchový odtok se vrací mezi půdní a podzemní vodu.

2.7 Faktor land use

1. Orná půda
2. Pastviny, louky, TTP
3. Lesy
4. Intravilán (zastavěná oblast), cestní síť

2.7.1 Orná půda

Plošný odtok se na zemědělské půdě vyskytuje na většině území ČR, nejvíce však v oblastech, kde se vzhledem k hydrogeologické charakteristice využívají mělké povrchové vody jímané mělkými studnami a zářezy. V méně případech se na odtoku povrchové vody podílí živočišná výroba (*HLAVÍNEK A KOL., 1998*).

Vodní prvky v zemědělské krajině plní radu funkcí a jsou ovlivňovány zemědělskou činností. Jakýkoli necitlivý zásah do vodního hospodářství krajiny může způsobit řadu problémů ve fungování krajiny a ekosystémů, včetně antropogenních, mezi něž patří agroekosystémy (*SKLENIČKA, 2003*).

Parametry

Typ půdy

Lehké půdy

Například u zhutňování ornice melioračními opatřeními se zlepšují fyzikální vlastnosti lehkých (písčitých, štěrkopísčitých) půd přidáním těžších zemin (jílu, slínu, rybníčních a říčních kalů) nebo prachovitých materiálů. Po promíšení ornice s těmito

zúrodňujícími hmotami se půda má stát vododržnější a má se zlepšit celý soubor jejích fyzikálních vlastností.

Lehké písčité a sypké půdy. Protéká v nich rychle voda, rychle vysychají, intenzivní zavlažování je nutné pro pěstování mírně náročných plodin (ŠARAPATKA, URBAN, 2006).

Středně těžké půdy

Hnědozemě jsou středně těžké půdy mírného pásu. V České republice jsou nejrozšířenější a jsou velmi podobné svými vlastnostmi černozemím. Mají však menší obsah humusu, rovněž menší obsah CaCO_3 a živin (NĚMEČEK, SMOLÍKOVÁ, KUTÍLEK, 1990).

Těžké půdy

Skupinu půd s nízkou propustností tvoří především těžké půdy s nevhodnou zrnitostní skladbou, vytvářející prostředí těžko propustné pro vodu a vzduch a dále zhutněné půdy s ulehlou, nepropustnou vrstvou v podorničí nebo ve větší hloubce.

Jako těžké půdy se označují souhrnně půdy s obsahem jílnatých částic o průměru pod 0.01mm nad 50% hmotnosti zeminy. Jsou to půdy s nadbytkem nejmenších a nejjemnějších zelinných částic na úkor částic hrubších. Mají celistvou strukturu, velkou soudržnost a přilnavost. Svou pórovitostí díky převaze jemných kapilárních pórů, jsou těžko propustné pro vodu a vzduch. Jsou náchylné k sléhavosti a zamokření. V suchém období vytvářejí tvrdé krusty nepropustné pro vodu i vzduch. Přejíždějí tedy z extrému do extrému (JŮVA, DVOŘÁK, TLAPÁK, 1987).

Vrstva humusu a sorpční schopnost

Humus se svými složkami aktivně spoluúčastní na stavbě půdního sorpčního komplexu. Zvýšení sorpčních schopností půd se příznivě projevuje v možnosti vytváření větší zásoby živin v půdě, v omezení jejich ztrát, které mohou vzniknout vyplavením slabě poutaných živin do spodních vrstev půdy mimo dosah kořenového systému rostlin. Huminové látky podstatně ovlivňují agregační schopnost půd, čímž přímo ovlivňují jejich strukturní stav. To se projevuje v příznivějším vzdušném a vodním režimu, zvýšením vododržnosti u lehkých půd a zlepšením provětrávání a vedení vody u těžkých půd. Vytvořením drobtové struktury se zmenší neproduktivní výpar, a tím se zvýší zásoba vody v půdním profilu (ŠARAPATKA, URBAN A KOL., 2006).

Agrotechnika

Měrný tlak přenášený na půdu koly mechanizačních prostředků je limitován hodnotou $0,8 \text{ kg.cm}^{-2}$ a osovým zatížením na nápravu. Zpracování půdy slouží k úpravě půdních vlastností ve vztahu k pěstovaným plodinám. Patří k němu povrchové kypření půdy, povrchové utužení, kypření a drobení orniční vrstvy, urovnání povrchu orniční vrstvy, prohlubování ornice a kypření podorničí a odvodnění půdního profilu. Povrchové kypření provzdušňuje svrchní vrstvy půdy, umožňuje výměnu plynů, a zejména zvyšuje obsah kyslíku v rhizosféře. Tímto úkonem se snižuje přívod tepla a kapilární zdvih vody v povrchu zvyšují (ŠARAPATKA, URBAN A KOL., 2006).

Užívat vždy vhodnou mechanizaci a pokud možno mechanizaci z úzkoprofilovými pneumatikami či lehčí mechanizaci, která snižuje zhutnění pozemku. Koleje, které nekopírují vrstevnice, často vytvářejí místa soustředěného odtoku (KLÍR, 2005). Tím se zvyšuje množství látek, které odtokem proudí. Může jít o látky neškodné, ale i o látky nevhodné či vyloženě nebezpečné pro vodní zdroje.

Osevní postupy

Odtoky vznikají zvláště na svahových polích, oraných po sklonu a obhospodařovaných protierozně málo odolnými a monokulturně pěstovanými plodinami (zvláště obilninami a okopaninami), takže voda snadno smývá ornici a splachuje i vyluhuje živiny z půdy. Naproti tomu plodiny ve vhodně volených osevních postupech, vytrvalé píce a dobře vzrostlé luční a lesní porosty vytvářejí povrchové odtoky nižší, s malým obsahem smyté zeminy (viz tab.1.) (JŮVA, HRABAL, TLAPÁK, 1984).

Tab.1.: Množství odtoku a smyvu na různě obhospodařované půdě

Způsob obh. půdy	Odtok	Smyv	Ztráta živin v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$		
	v % srážek	$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$	N	P_2O_5	K_2O
Odplevelený úhor	31,3	500	128,6	61,8	493,2
Monokultura pšenice	25,2	100	120,4	14,1	98,8
Os. postup: pšenice, jetel, kukuřice	14,1	34	7,7	2,9	54,0
Vytrvalé píce	11,0	4	0,8	0,1	0,8

(SPIRHANZL, 1952)

Degradace vodních toků v zemědělské krajině

Technické úpravy vodních toků v naší krajině motivovaly hlavně tři následující účely (pomineme-li plavební úpravy):

1. prostorová redukce vodních prvků krajiny a to převážně ve prospěch zemědělského hospodaření nebo zástavby,
2. zlepšení hospodaření odvodněním (technicky upravené toky působí jako odvodňovací zářezy v nivách i jako dostatečně zahloubené recipienty drenážních zařízení),
3. rychlé a lokálně co nejméně škodlivé provádění velkých vod – v zájmu ochrany zastavěných území a zemědělsky využívaných ploch.

(ŠARAPATKA, NIGGLIA KOL., 2008)

Voda v půdě a hydrolimity

Pomocí hydrolimitů se také stanoví objem půdních pórů různé kvality. Podle převládajícího účinku působení sil na vodu v půdě rozeznáváme 3 základní kategorie půdní vody: absorpční, kapilární a gravitační (volnou). Polní vodní kapacita je vymezena kapilární a gravitační vodou.

V běžném hydrotechnické praxi se pro posuzování přístupnosti vody v půdě stanovují určité mezní charakteristiky půdní vlhkosti tzv. hydrolimity. Hydrolimitem označujeme určitou půdní vlhkost, dosaženou za smluvených, přesně definovaných podmínek (KUTÍLEK, 1978).

Odtoky na orné půdě

Malá infiltrace a velký povrchový odtok srážkové vody představují riziko lokálních povodní a na orné půdě vysoké riziko vodní eroze půdy v případě, že na pozemcích jsou pěstovány širokořádkové plodiny, jako je kukuřice, cukrovka, slunečnice či brambory. Při regulaci povrchového odtoku má velký význam odumřelá biomasa rostlin na povrchu půdy, tzv. mulč. Ten napomáhá redukovat smyv zeminy při povrchovém odtoku vody. Převážně na svažitéch pozemcích (JANEČEK, 2005).

Nejvyšší rychlost infiltrace a nejnižší povrchový odtok vody byly dosaženy u setí do umrtveného porostu meziplodin bez jarní předset'ové přípravy půdy. Nejnižší

rychlost infiltrace a s tím spojený nejvyšší povrchový odtok byly zaznamenány u konvenční technologie s orbou, bez meziplodin (HŮLA, KOVAŘÍČEK, KROULÍK, 2010).

Musí se brát v úvahu, že nadměrný povrchový odtok v zemědělských povodích je nežádoucí a to jak z hlediska vyvolané eroze, tak potřeby vody pro produkci biomasy. Odtok vody v zemědělských povodích je závislý na:

- Intenzitě atmosferických srážek (zejména přívalových dešťů)
- Intenzitě vsaku a výparu, na transpiraci rostlin a schopnosti zadržet vodu v půdním profilu
- Velikosti povodí a jeho tvaru
- Morfologických poměrech v povodích
- Geomorfologických a půdních poměrech
- Vegetativním pokryvu a systému hospodaření na půdě, povodích a na další ekonomické činnosti člověka v krajině

(JONÁŠ A KOL., 1990)

Povrchový odtok na orné půdě může způsobit poškození ornice. Vysoký povrchový odtok poškozuje úrodnou část orné půdy a plodiny rostoucí na něm. Abychom zabránili těmto škodám, provádíme meliorace. Podle (KVÍTEK, A KOL., 2006) v podmínkách nadměrného zásobení půdy vodou se hovoří o odvodnění půdy. Jedná se o soubor opatření ke sbírání a odvádění vody ze zamokřeného půdního profilu. Odvodnění provádíme v rozumné míře, zlepšuje se tak provzdušněnost půd. Kladně působí na jejich fyzikální, chemické a biologické vlastnosti.

Eroze na zemědělské půdě

V zemědělství se z přírodních příčin uplatňuje především eroze půdy, která znečišťuje povrchový a podpovrchový odtok vod smyvem, odnosem a vyluhováním půdy (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992). Stupeň znečištění vody půdním materiálem se bude různit podle místních podmínek klimatických, geologických, geomorfologických, pedologických a vegetačních.

Omezování povrchového odtoku a vodní eroze – v případě, že intenzita a úhrn dešťových srážek převyšují infiltraci (vsakování) vody do půdy, dochází k povrchovému odtoku. Vodní eroze působí škody jak na území, kde k ní dochází a kde se projevuje povrchovým smyvem (i málo nápadným), vytvářením erozních rýžek, rýh a stružek, soustřeďujících povrchový odtok (a kde způsobuje ztrátu ornice,

její ochuzování o živiny a zhoršení její vodní jímavosti), případně lokálními nánosy zeminy, tak i následně v celém povodí. Opakovaným výskytem se stupňují ztráty půdních částic z povrchové vrstvy půdy a dochází k degradaci půdního fondu (snížení úrodnosti půdy, zhoršení jejich fyzikálních vlastností), snižuje se retence půdy (KVÍTEK A KOL., 2005).

Navržená opatření pro omezení povrchového odtoku a eroze:

a) Organizační

- Delimitace kultur zatravněním a zalesněním
- Protierozní rozmísťování plodin v osevních postupech
- Pásové střídání plodin
- Změna velikosti a tvaru pozemku

b) Agrotechnické

- Vrstevnicové obdělávání
- Meliorace podorničních horizontů
- Obdělávání a ponechání organických zbytků na povrchu půdy
- Mulčování
- Výsev do ochranné plodiny nebo strniště
- Setí do hrubé brázdy
- Přerušované brázdování
- Stabilizace povrchu půdy

c) Technické

- Terasování
- Průlehy
- Terénní urovnávky
- Ochranné hrázky
- Příkopy
- Protierozní kanály
- Polní cesty s protierozním charakterem
- Protierozní nádrže
- Sanace strží a úvozů

(KVÍTEK A KOL., 2005)

Omezení eroze

Parametry ovlivňující erozi jsou:

- Vhodné osevní postupy (viz příloha 1.)
- Vhodné užívání podsívky
- Zatravnění
- Pěstování vhodných plodin s ohledem na lokalitu
- Pásové pěstování plodin
- Vhodná mechanizace viz výše
- Vhodně provedená pozemková úprava

2.7.2 Pastviny, louky, TTP

Velmi moderní je dnes zatravňování. V praxi se používá několik druhů trav a jetelovin, z nichž většina byla doposud šlechtěna na vysokou produkci. Zatravňování travino-bylinnými směsmi má řadu výhod. Byliny zvyšují druhovou diverzitu a tím napomáhají zachycovat povrchovou vodu (PIRO, WOLFOVÁ, 2008). Vsakují ji a ukládají do podpovrchových zásob.

Parametry ovlivňující odtok

Hloubka a hustota kořenového systému

Zvýšení hloubky a hustoty kořenového systému současných travních porostů. Důležitou podmínkou tohoto opatření je takové využití a pratotechnika současných luk a pastvin a návrh odpovídajících druhů trav pro výsev, který je v souladu s konkrétními stanovištními podmínkami (KVÍTEK A KOL., 2006).

Retenční a infiltrační kapacita půdy

Pro zvýšení retenční a infiltrační kapacity půdy je vhodná změna druhu pozemku z orné půdy na louky a pastviny resp. z luk na lesy. Přispívá ke zvýšení retenční schopnosti vzhledem k tomu, že se mění struktura povrchových horizontů půdy a objem pórů schopných vodu zadržovat (KVÍTEK A KOL., 2006).

Zvýšený obsah uhlíku v půdě posiluje schopnost retence nitrátů v kořenovém systému trav (KVÍTEK A KOL., 2005).

Zatravňování vybraných ploch

Systematickým výběrem ploch, vhodných k zatravnění, se zvyšuje evapotranspirační mohutnost území (dtto jako lesy). Zatravňování orné půdy má velmi příznivý vliv na jakost vody (KVÍTEK A KOL., 2005).

Zhutnění půdy

Je negativním jevem, zhoršuje technologické půdy, omezuje pohyb vody v půdě, snižuje infiltraci vody do půdy a může vést ke zvýšenému povrchovému odtoku a zvýšení půdní eroze a tím i většímu odnosu do povrchového odtoku (KVÍTEK A KOL., 2005).

Odtoky na loukách a TTP

Účinnost trvale travních porostů a travních pásů spočívá v tom, že převádí povrchově odtékající vody (povrchový odtok) v odtok podpovrchový a to nejen ze

srážkové vody, dopadající přímo na zasakovací oblast, ale především z vody, přitékající z výše ležících pozemků (KVÍTEK A KOL., 2006).

Navržená opatření pro omezení povrchového odtoku a vodní eroze:

- a) **Organizační** – změna tvaru lučních pozemků tak, aby nedocházelo k soustředování povrchového odtoku v místech s drnovým fondem.
- b) **Pratotechnická** – nelze ponechat porost ladem, tj. zemědělsky již neobhospodařovat ve svazích nad 12° (čtvrté číslo BPEJ má hodnotu 6 nebo 7) z důvodu možnosti vzniku tzv. „doškového efektu“, kdy po polehlém porostu trav a plevelných společenstev může docházet ke snížení množství zasakující se vody do půdy, zvýšení povrchového odtoku a jeho zrychlení.

(KVÍTEK A KOL., 2005)

2.7.3 Lesy

Les tvoří velmi specifické prostředí. Jeho schopnost ovlivňovat odtok a vodní zdroje v krajině je značný. Důležitou roli zde hraje samozřejmě nadmořská výška, složení lesa, jeho situovanost v krajině, ... Všechny tyto parametry ovlivňují kolik vody je schopen lesní porost zadržet a na jak dlouho (*MÍCHALA KOL., 1992*).

Les se v krajině uplatňuje různými účinky, které jsou povahy klimatické, půdoochranné, půdotvorné, vodohospodářské, ale i jiné, které jsou pro ochranu a vývoj krajinného prostředí velmi významné a prospěšné. Proto se lesy musí plně využívat, čehož se docílí jejich řádným obhospodařováním i účelným umístěním v krajině, kterou chrání a zlepšují (*JŮVA, KLEČKA, ZACHAR, 1981*).

Zdravý a vyspělý smíšený les se správným zastoupením dřevin, který má dostatečnou vrstvu hrabanky a humusu, je schopen pojmout a zachytit poměrně značné množství vody ze srážek, vodu vsáknout a s časovým zpožděním postupně zásobovat tok(y) v povodí (*KVÍTEK A KOL., 2006*).

Rozdělení

Lesy dělíme z hlediska **antropogenního činitele**

- **Přírodě blízké lesy** se při absenci lidských zásahů spontánně vyvíjejí k vývojově vyspělejší formám. Jako hospodářské objekty vykazují relativně vysokou stabilitu. Pravděpodobnost, že vnější vlivy překročí hranici jejich rezistence katastrofálním způsobem, je relativně malá (rozmanité doubravy na odpovídajících typech stanovišť, bučiny, bukové smíšené lesy, javořiny, horské jehličnatolistnaté lesy i subalpínské smrčiny).
- **Přírodě vzdálené lesy** se v případě absence lidských zásahů postupně rozpadají a v případě spontánního vývoje jsou postupně (třeba v hospodářsky často nevyhovujících časových rozpětích) nahrazovány lesy, které jsou schopny lépe odolávat vnějším faktorům. Takových lesů je u nás většina – jsou to stejnověkové nesmíšené jehličnaté prostory ze sadby na stanovištích - často mimo přirozený areál hlavních dřevin (*MÍCHALA KOL., 1992*).

Na rozvodích toků a silně sklonitých až příkrých svazích, zemědělsky již nevyužitelných, zlepšuje však odtokové poměry nejlépe plošné zalesnění, neboť zdravý a stanovištně vhodný lesní porost snižuje srážkový odtok velkou intercepcí a značným vsakem vody do lesní půdy. Tuto důležitou funkci plní vodohospodářské lesy, v nichž se pěstební péče i těžba provozují z hlediska co nejvyššího ochranného a retenčního účinku lesa (JŮVA, KLEČKA, ZACHAR, 1981).

Uvedené prospěšné účinky lesa se využívají na dlouhých, zemědělsky obhospodařovaných svazích, alespoň ve formě *vsakovacích lesních pásů*, které se umísťují napříč svahu, zvláště v místech náhlých změn svahu (JŮVA, KLEČKA, ZACHAR, 1981).

Parametry

Pórovitost lesních půd

Definuje množství vzduchu a vody v půdě. Celkový objem pórů se udává v objemových procentech podle vzorce

$$P = (S - S1) \cdot 100 / S$$

Kde S = specifická váha, S1 = objemová váha redukována. Výpočtem se pak vyjadřuje pórovitost v % objemu zeminy.

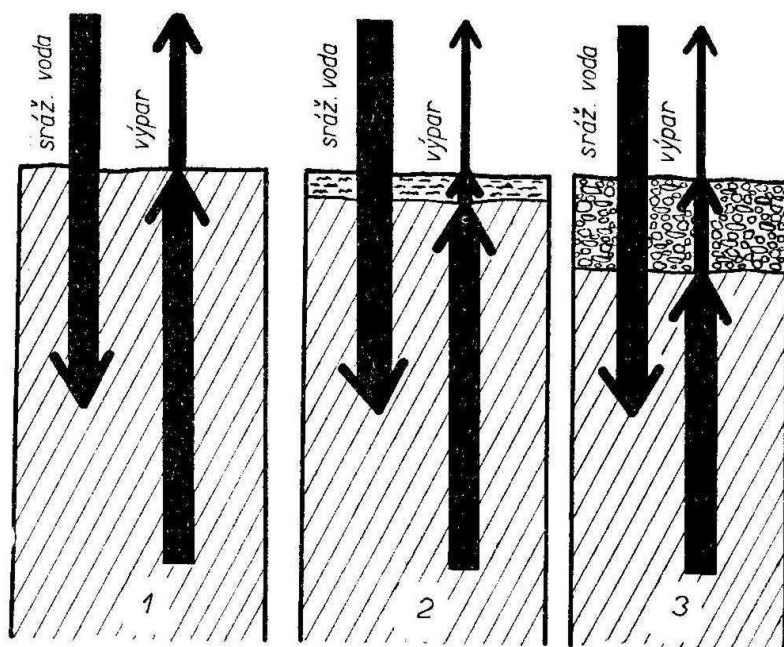
Nejnižší teoretický obsah pórů může být v půdách 25,95 % a některé opravdu jemné písky mohou mít 28-30 %. Maximální pórovitost vykazuje zpravidla listnatý nebo jehličnatý opad 80-90 %. Průměrná optimální hodnota pórovitosti v našich lesích se pohybuje v rozmezí kolem 45-55 %. Nepříznivě působí v lesních půdách malá pórovitost, ale i vysoká pórovitost (PELÍŠEK, 1964).

Změna druhové diverzity lesních kultur

Obecně je třeba zlepšovat a měnit druhové složení porostů, z jehličnatých na smíšené lesy. Další souvislosti – současně s tím se vytváří i kvalitnější humusový horizont z opadu (dlouhodobé měřítko), tj. zvyšuje se hloubka humusového horizontu, zvyšuje se objem vody schopné retence v humusovém horizontu v půdě,

zvyšuje se drsnost povrchu půdy. Zvýšení obsahu C (uhlíku) v půdě vede ke snížení vyplavování nitrátů do vod (KVÍTEK A KOL., 2005).

Vrstva povrchového humusu



Obr.8.: Schéma průsaku vody do půdy a výparu z půdního povrchu půdy slehlé (1), z půdy kryté povrchovým humusem (2) a z půdy s nakypřeným a dobře strukturním povrchem (3).

(PELÍŠEK, 1964)

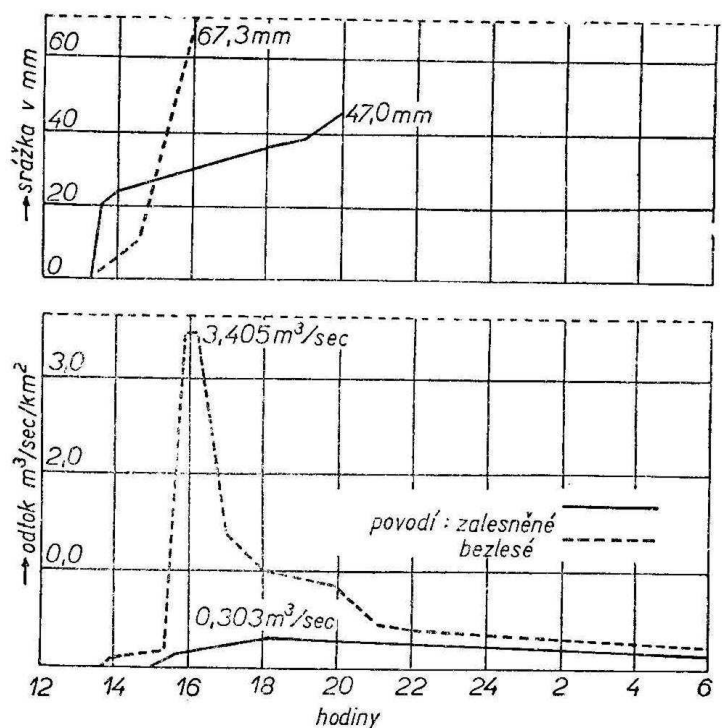
Srážková voda po dopadu na půdu je bezprostředně vázána na jejím povrchu, při srážkové intenzitě, větší než intenzita vsaku, se hromadí v terénních mikrosníženinách. Na lesních půdách pokravný humus a mechový porost zvyšují množství vody zadržené na povrchu půdy, neboť zvětšují smáčitelnou plochu povrchu úměrně mocnosti vrstvy a době zavlažování; akumulace vody v mikrosníženinách však prakticky neexistuje (viz obr.8.).

Retence srážkové vody na povrchu půdy se pohybuje v rozmezí 1,0 – 7,5 mm, u mechorostů asi v rozmezí 5 – 15mm (KREŠL, 2001).

Zadržení srážek vegetací

V průběhu deště do jeho určité hodnoty jsou prakticky zachyceny veškeré vodní kapky trvale (viz obr.9.). Hodnota deště, při níž se nasatí povrchové síly korunové plochy včetně vody zadržované kapilárními silami, nazýváme *skropná*

voda. Její množství se pohybuje podle druhu dřevin asi od 0,5 do 1,8 mm. Při delším trvání srážek vzrůstá množství zadržované vody až do určitého maxima, kdy dešťové kapky stékají a odkapávají z listů nebo se přímo dostávají po větvích a kmeni k půdě. Při dosažení této hodnoty se prakticky vyrovnává vydatnost srážek nad úrovní porostu a pod ním (KREČMER, 2007).



Obr.9.: Vliv zalesnění na srážkový odtok z přívalového deště

(PELÍŠEK, 1964)

Odtoky na lesní půdě

Odtok pro lesní porost stanovíme jako potenciální množství atmosférických srážek H_0 , které může odtékat (skutečný odtok je závislý na okamžitém stavu půdní vlhkosti, mimoto složka H_{0s} je dosud přímo velmi obtížně zjistitelná).

$$H_0 = H_C - (E_R + E_{tr} + E_P) \quad (\text{mm})$$

H_0 - potenciální odtok

H_C - srážka

E_R - intercepce

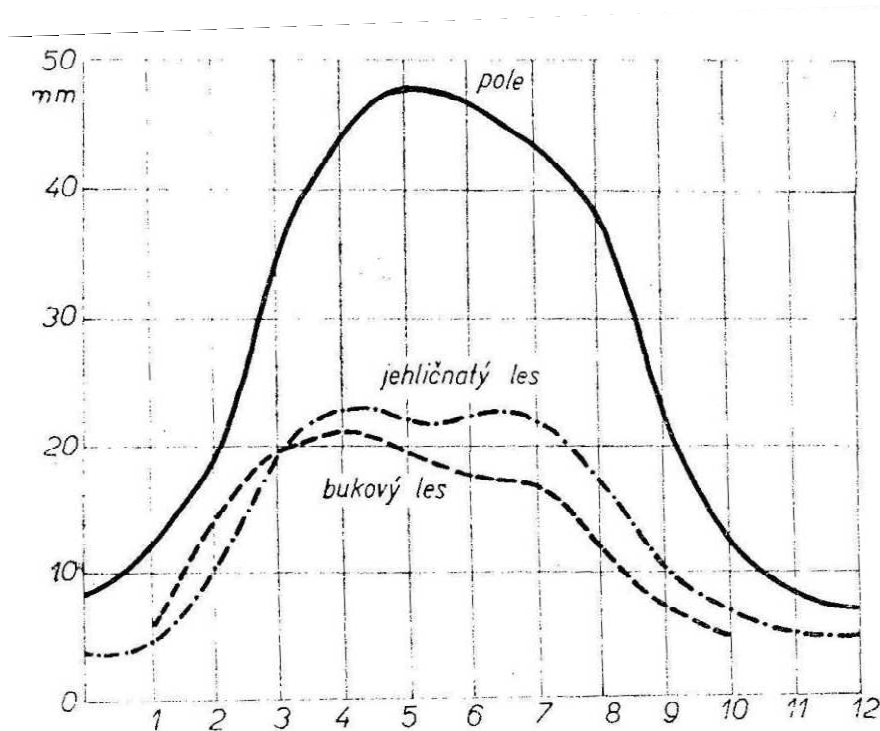
E_{tr} - transpirace

E_P - výpar z povrchu půdy

(KREŠL, BARTUŇKOVÁ, 1978)

Zalesněné pásy mají vzhledem k menšímu promrznání půdy vyšší účinnost při zachycování odtoku v době jarního tání než půdy zatravněné (KVÍTEK A KOL., 2006).

B. Mařan a O. Lhota studovali podrobně povrchové odtoky v lese a v bezlesí v našich oblastech a prokázali, že každý lesní porost upravuje a vyrovnává povrchové odtoky tak, že snižuje rozkolísanost průtoků v potocích a řekách. Vliv porostu tkví v tom, že se mění povrchový odtok v podzemní odtok, takže všechna spadlá srážková voda se zasákne do půdy, kde se pak tvoří rezervoáry podzemních vod nebo se vypařuje tzv. evopotranspiruje (viz obr.10.). Důležitým činitelem je zde vrstva povrchového humusu, která působí jako sací houba pro vodní srážky. Lesní oblasti tedy značně ovlivňují odtokové poměry srážkových vod a to v příznivém slova smyslu. Vysoký a rychlý odtok, který je typický pro odlesněné oblasti, je v lesních komplexech zpravidla malý. Les je sice značným spotřebitelem vody, ale zároveň působí jako důležitý zásobitel a regulátor půdní vlhkosti (PELÍŠEK, 1964).



Obr.10.: Výpar z půdního povrchu v bezlesí, s porostem jehličnatým a s porostem bukovým

(PELÍŠEK, 1964)

Navržená opatření pro omezení povrchového odtoku a vodní eroze:

- a) **Organizační** – úprava systému těžby dřeva v lesích, je třeba omezit poškozování půdy v lesích těžkou

mechanizací na minimum, pokud tyto škody vzniknou je třeba je neprodleně odstraňovat. Dochází k vytváření kolejí, a tvorbě erozních rýh a strží, k urychlení povrchového odtoku.

- b) **Pěstební** – ponechávat větve a kůru vytěžených strojů v lese pro podporu tvorby humusového horizontu. Zvýšení drsnosti povrchu zpomaluje povrchový odtok.
- c) **Technická** – je třeba provádět retenční opatření na lesních a turistických cestách, je třeba v lesích obnovovat, udržovat a budovat stavby zabraňující pohybu zemního materiálu a snižující kinetickou energii vodního proudu (stavby hrazení bystřin).

(KVÍTEK A KOL., 2005)

Kulminační průtoky ze zalesněných povodí jsou za jinak stejných podmínek zpravidla nižší než v oblastech nezalesněných *(KVÍTEK A KOL., 2006)*.

Snížení velkých bloků monokultur v krajině je opatření, které zvyšuje ochlazující schopnost krajiny. Snižuje se povrchový odtok a odnos nutrietů *(KVÍTEK A KOL., 2005)*.

Zalesňování vybraných ploch – systematickým výběrem vhodných ploch k zalesnění se dosahuje: zvyšování počtu kondenzačních (chladnějších) míst v krajině (podpora krátkého oběhu vody v povodí), zvyšuje se evapotranspirační potenciál území, současně se zvyšuje i retence vody v půdě, může docházet (místně) i ke snižování rychlosti větru a tím ke zvýšení vlhkosti vzduchu, k omezení výparu vody z půdy, zvýšení vlhkosti půdy a ochlazení prostředí. Zvýšení vlhkosti půdy může přispět i k redukci dusičitanů *(KVÍTEK A KOL., 2005)*.

2.7.4 Intravilán (zastavěná oblast) + cestní síť

Činnost člověka se v poslední době čím dále tím výrazněji projevuje na průtokovém, ale i jiném, režimu toků. Uvedme některé v tomto ohledu z nejvýznamnějších aktivit člověka. Především sem patří výstavba, úprava toků, výstavba husté silniční sítě s pevným nepropustným povrchem, zábor půd (i zemědělské) a následná výstavba na ní (*KEMEL, 1994*).

Parametry ovlivňující odtok

Snížení počtu a rozlohy míst bez vegetačního pokryvu

Při výstavbě zpevněných ploch v krajině používat výhradně polovegetační tvárnice a jiné stavební prvky s vegetací (je třeba zvyšovat ochlazující schopnost krajiny – kondenzace vody), zvyšuje se plocha zasakování srážek, snižuje se objem povrchového odtoku (*KVÍTEK A KOL, 2005*).

Odtoky v intravilánu

Antropogenní znečištění souvisí s lidskou činností a je vyvoláno vlivy osídlení, průmyslu a okrajově i zemědělstvím. K znečištění vod dochází především vypouštěním odpadních vod nejrůznější povahy do vodních toků a nádrží nebo přímo na půdní povrch, kde voda zasakuje a znečišťuje vodu podzemní. Veškeré konstrukce a jejich úpravy, které člověk staví a využívá, produkují velké množství znečištění. Tyto jedy vody splachuje a usazují se v půdě a ve vodních tocích. Některé jsme schopni odstranit či alespoň částečně odbourat pomocí čistících opatření. Jiné se však hromadí a způsobují devastaci všech živých organismů, vodních zdrojů a půdy. V některých místech může dojít k takové koncentraci nečistot, že se tento stav stane již nevratným (*TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992*).

U většiny městského odtoku bude základní odtok relativně malou komponentou, obvykle méně než pár procent, může být významnou součástí třeba u ve velkých vodojemů (*BEDIENT, HUBER, 2002*).

Osídlení

Sídlištní vody, jako produkt sídlišť, tvoří směs splachů a odtoků z domácností a různých menších provozoven a srážkového odtoku znečištěného splachem z ulic (viz Cestní síť), parkovišť, dvorů a střech. Tyto vody obsahují velké množství nečistot a zdravotně závadných látek, z nichž značnou část tvoří nečistoty organické, které rychle hnijí, přičemž se uvolňují zápachající plyny, zvláště pak sirovodík.

Množství sídlištní vody je limitováno charakterem sídliště a specifickou potřebou pitné a užitkové vody, která se podle velikosti sídliště pohybuje od 80 do 420 l na jednoho obyvatele a na jeden den (průměr dosahuje 295 l na jednoho obyvatele a na jeden den). Na množství je závislé také složení a koncentrace sídlištní vody (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992).

Cestní síť

Rozdělení cest

Podle KPÚ

Cestní síť plní řadu funkcí. Vodohospodářská není tak výrazná, jako protierozní, ekonomická či estetická (SKLENIČKA, 2003). U této problematiky se pozastavíme a zjistíme, jaké látky může cestní síť díky odtoku a smyvu ukládat v půdě či vodních zdrojích.

Podle zákona o pozemních komunikacích

- Dálnice
- Silnice
 - Silnice I. třídy
 - Silnice II. třídy
 - Silnice II. třídy
- Místní komunikace
 - Místní komunikace I. třídy
 - Místní komunikace II. třídy
 - Místní komunikace III. třídy
 - Místní komunikace IV. Třídy
- Účelové komunikace

(KAUN, LEHOVEC, 2004)

Parametry ovlivňující odtok

Typ komunikace

Polní cesty jsou účinným regulátorem srážkového odtoku. Měly by se zakládat tak, aby zachycovaly odtok z terénních údolnic, zabraňovaly jeho soustředování a zajišťovaly neškodný odtok. Úvozové cesty je nutno zrušit a podle

možnosti zavést, anebo přeměnit v zatravněné nebo zalesněné úlehy, neboť bývají příčinou vzniku erozních výmolů a strží (JŮVA, KLEČKA, ZACHAR, 1981).

Koruna vozovky

Koruna vozovky svým sklonem a typem povrchu udává rychlost vodě, která na ni v podobě srážky dopadá, případně na ni vzniká vlivem tání sněhu či ledu (KAUN, LEHOVEC, 2004).

Odtoky na cestní síti

Cesty mají minimální infiltraci a urychlují odtok vody z krajiny, mnohdy stojí na počátku soustředěného odtoku a stružkové eroze. Protože se jedná o uměle zpevněnou asfaltovou či betonovou plochu, lze prohlásit, že podpovrchový a podzemní odtok je zde minimální (blízký nule). Zatímco odtok povrchový je za takových podmínek maximální (téměř 100%).

Velmi účelné je využívat sítě cestních příkopů jako záchytných příkopů s protierozní funkcí. Cestní síť tvoří kostru pozemkových úprav, je však také spolu s přirozenými a umělými toky hlavním regulátorem povrchového odtoku. Součástí každé cesty v systému protierozní ochrany jsou příkopy, odvádějí nejen přebytečnou srážkovou vodu z vozovky, ale i z přilehlých pozemků (KVÍTEK A KOL., 2006).

3 MATERIÁL, POPIS POVODÍ

Charakteristika povodí J1 a J2 - Jenínský potok

Povodí Jenínského potoka nalezneme v jihočeském kraji u obce Jenín poblíž Horního Kaliště. Správní jednotkou dané oblasti je město Dolní Dvořiště. Sledované území je rozděleno na dvě subpovodí J1 a J2 o rozloze 468061 m² a 552061 m². Většinu těchto území zabírají pastviny a louky. Tyto oblasti byly původně zemědělskou půdou. Výzkumný ústav meliorací tuto oblast zatravnil a v časových obdobích zde sleduje velikost odtoku a změnu jakosti vody.

Jenínský potok zařazujeme do klimatického regionu MT3:

- Průměrná teplota 6 - 7 °C
- Roční úhrn srážek 650 – 800 mm
- Počet dní se srážkou 100 – 110 dní
- Počet dní se sněžením 40 – 50 dní
- Počet jasných dní 40 – 50 dní
- Počet dní z bouřkou 20 – 25 dní

Pokud bychom chtěli vyčlenit zastoupení HPJ (hlavních půdních jednotek), pak by převažovaly – HPJ 34, HPJ 37, HPJ 40, HPJ 50, HPJ 73 a HPJ 75. Jedná se převážně o kambizemě. Od HPJ 50 výše se jedná o oglejené kambizemě.

Charakteristika povodí P51 a P6 - Kopaninský potok

Kopaninský potok nalezneme v Českomoravské vrchovině. Potok se nachází na rozhraní dvou oblastí – Vyskytenské pahorkatiny a Košetické pahorkatiny. Stejně jako na Jeníně i zde provádí Výzkumný ústav meliorací svá měření odtoku a jakosti vody a to již od roku 1985. Subpovodí P51 je 100% tvořeno lesem, ve kterém převažují jehličnany. Subpovodí P6 je zastoupeno z 95% ornou půdou, zbylých 5% tvoří drobné louky a ostatní plochy.

Kopaninský potok zařazujeme do klimatického regionu MT4:

- Průměrná teplota 7 – 8 °C
- Roční úhrn srážek 650 – 700 mm
- Počet dní se srážkou 95 – 105 dní
- Počet dní se sněžením 45 – 50 dní
- Počet jasných dní 20 – 35 dní

- Počet dní z bouřkou 20 – 25 dní

Vrstvy s příslušnými daty pro práci v GIS:

Názvy vrstev:

- Rozvodnice
- Subpovodí
- Land use
- BPEJ
- Vrstevnice
- Grafický mapový podklad povodí

JENÍN

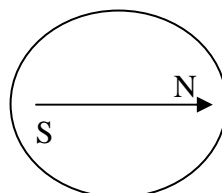
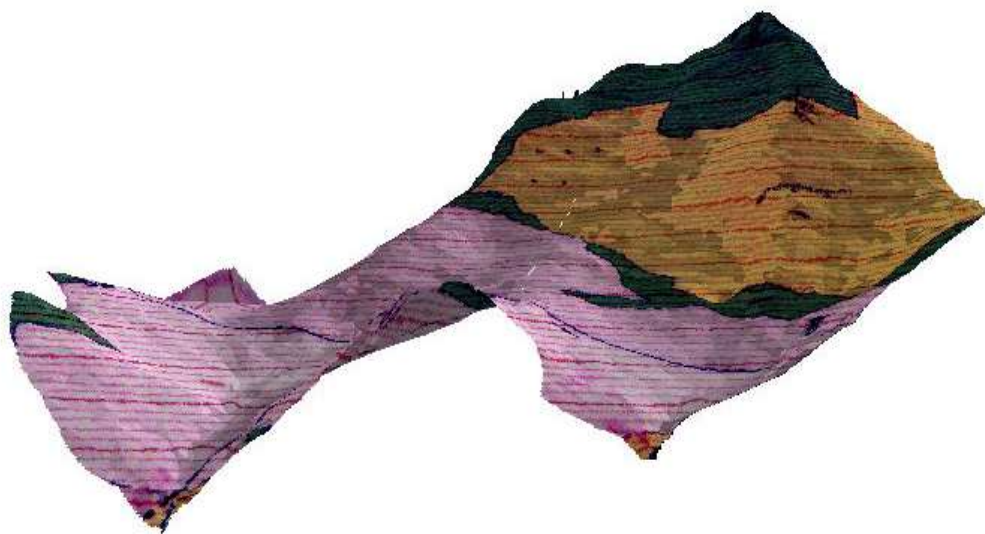
Klimatický region zkoumaných subpovodí Jenínského potoka J1 a J2 se určí podle první číslice v BPEJ - 8. Podle Quitta je hodnota 8 rovna symbolu MCh. Více informací je v tab.2.

Tab.2.: Hodnoty podle Quitta pro region 8 (viz příloha 2.)

SYMBOL REGIONŮ	KÓD REGIONŮ	OZNAČENÍ REGIONŮ	SUMA TEPLŮT NAD 10°C	VLÁHOVÁ JISTOTA	SUCHÁ VEGETAČNÍ OBDOBÍ	Ø ROČNÍ TEPLŮTY [°C]	ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK [mm]
MCh	8	mírně chladný, vlhký	2000-2200	nad 10	0-5	5-6	700-800

Tab.3.: Obvod a plocha Jenínského potoka - subpovodí J1 a J2

<i>Subpovodí na Jenínském potoce</i>		
	J1 (Jižní)	J2 (Severní)
Obvod (m)	3473	3060
Rozloha (m ²)	468061	552061



Obr.11.: 3D model subpovodí Jenín J1 (vlevo) a J2 (vpravo)

Tab.3. a obr.11. udávají informace o rozloze a obvodu subpovodí J1 a J2. 3D model pomůže lépe znázornit toto subpovodí. Zřetelně jsou na něm vidět vrstevnice a dva závěrové profily.

Tab.4.: Max. a min. výšky v subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

<i>Nadmořská výška</i>		
<i>Nejvyšší bod</i>	Babín	868 m.n.m.
<i>Nejnižší bod</i>	Závěrový profil	638 m.n.m.
Pozn. Všechny výšky jsou - Balt po vyrovnání (Bpv)		

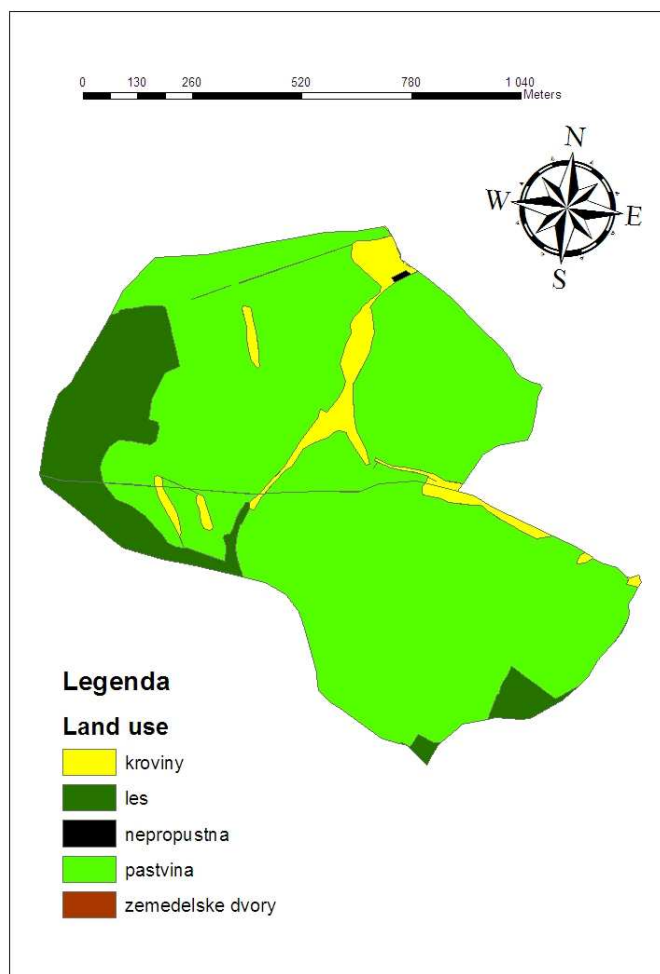


Obr.12.: Vrstevnicový model subpovodí Jenínského potoka J1 (dole) a J2 (nahore)

Nejvyšším bodem pro obě povodí je vrch Babín o nadmořské výšce 868 m.n.m. (viz tab.4.). Na obr.12. si lze díky vrstevnicím představit, kudy povedou spádnice od nejvyššího bodu Babín (západ) k uzávěrovým profilům (východ).

Tab.5.: Land use v subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

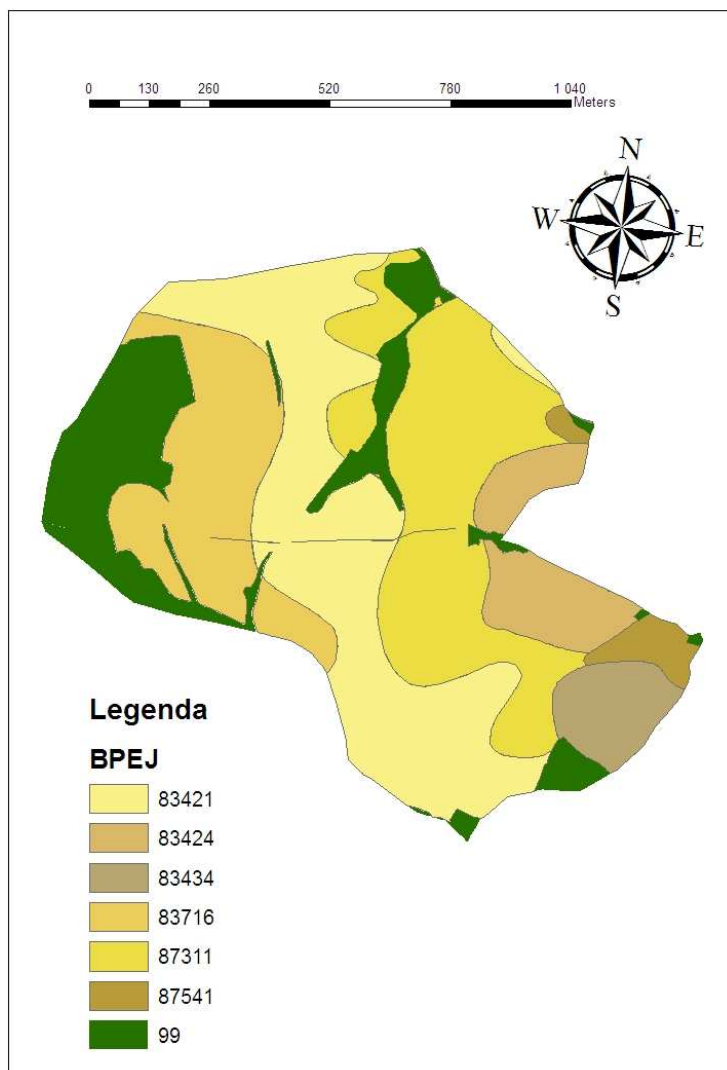
Land use	Jenín J1 (m²)	Jenín J2 (m²)
<i>Pastvina</i>	87,2 %	78,2 %
<i>Les</i>	10,0 %	14,7 %
<i>Křoviny</i>	2,7 %	7,0 %
<i>Zemědělské dvory</i>	0,1 %	0,0 %
<i>Nepropustná</i>	0,0 %	0,1 %



Obr.13. Grafické rozdělení land use na subpovodí Jenínského potoka J1 a J2

Z tab.5. je zřejmé, že převládajícím typem land use na obou subpovodích jsou pastviny. Tuto skutečnost vhodně dokresluje obr.13., kde jsou jednotlivé typy land use barevně rolišeny.

BPEJ



Obr.14. Zastoupení půd podle BPEJ na Jenínském potoce subpovodí J1 a J2

Pozn.: Kód 99 není BPEJ, ale označuje lesní plochy.

Z obr.14. je patrné, že všechny půdy spadají do klimatického regionu 8 (viz tab.2.). Převládají zde kambizemě – litické, bazické a oglejené.

P51 & P6

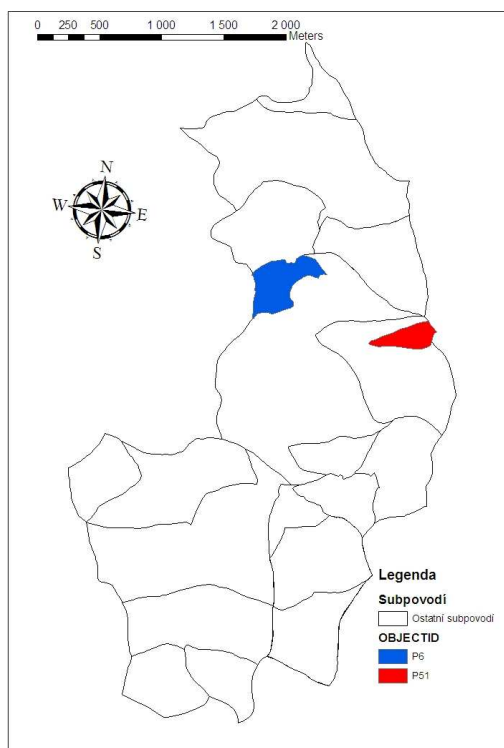
Klimatický region Kopanického potoka pro subpovodí P51 a P6 se určí podle první číslice v BPEJ - 7. Podle Quitta je hodnota 7 rovna symbolu MT4. Více informací je v tab.6.

Tab.6.: Hodnoty podle Quitta pro region 7 (viz příloha 2.)

SYMBOL REGIONŮ	KÓD REGIONŮ	OZNAČENÍ REGIONŮ	SUMA TEPLŮT NAD 10°C	VLÁHOVÁ JISTOTA	SUCHÁ VEGETAČNÍ OBDOBÍ	Ø ROČNÍ TEPLŮTY [°C]	ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK [mm]
MT 4	7	<i>mírně teplý, vlhký</i>	2200-2400	<i>nad 10</i>	5-15	6-7	650-750

Tab.7.: Obvod a plocha Kopanického potoka - subpovodí P51 a P6

Subpovodí P51 a P6 na Kop. potoce		
	P51	P6
Obvod (m)	1268	2330
Rozloha (m ²)	71222	157348



Obr.15. Rozdělení subpovodí na Kopanickém potoce

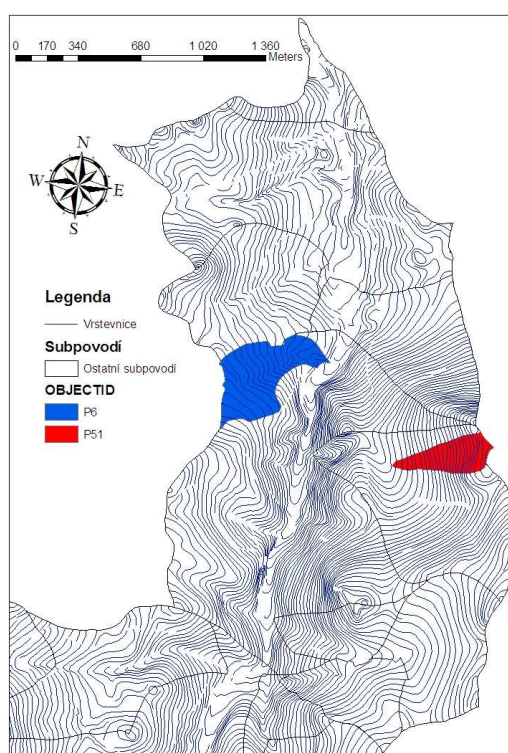
Tab.7. udává základní parametry subpovodí P51 a P6. Jedná se o plochu a obvod těchto subpovodí. Pro lepší orientaci je v obr.15. zobrazeno celé povodí se všemi subpovodími. Přičemž jsou zájmová subpovodí barevně vyznačena.

Tab.8.: Max. a min. výšky v subpovodí Kopaninského potoka P51

<i>Nadmořská výška P51</i>		
<i>Nejvyšší bod</i>	Vrchol rozvodnice	596 m.n.m.
<i>Nejnižší bod</i>	Uzávěrový profil	542 m.n.m.
Pozn. Všechny výšky jsou - Balt po vyrovnání (Bpv)		

Tab.9.: Max. a min. výšky v subpovodí Kopaninského potoka P6

<i>Nadmořská výška P6</i>		
<i>Nejvyšší bod</i>	Vrchol rozvodnice	532 m.n.m.
<i>Nejnižší bod</i>	Uzávěrový profil	492 m.n.m.
Pozn. Všechny výšky jsou - Balt po vyrovnání (Bpv)		

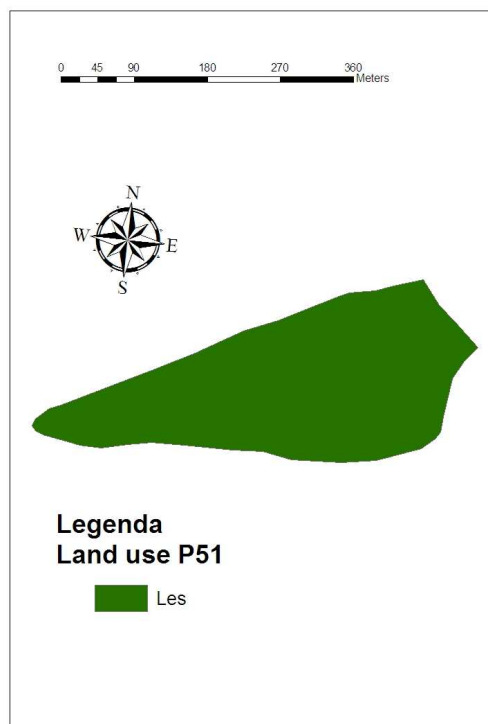
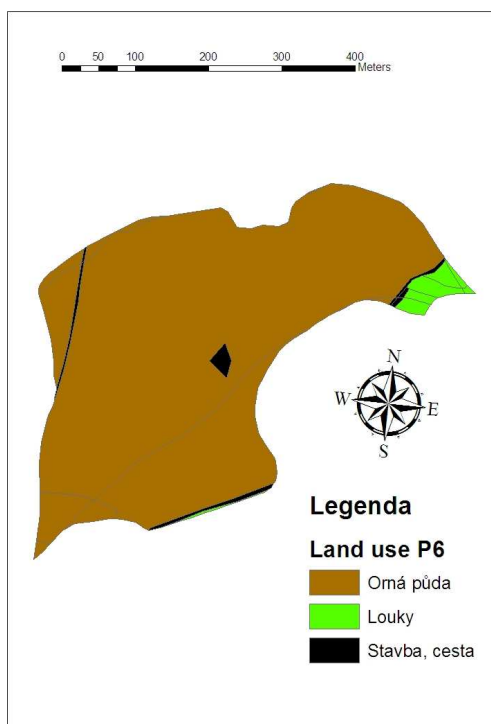


Obr.16. Vrstevnice na subpovodí P51 a P6

V tab.8. a tab.9. jsou uvedeny nejvyšší a nejnižší místa (body) na zájmových subpovodích P51 a P6. Na obr.16. lze z vrstevnic vyčíst předpokládané spádnice a zřetelně lze vidět centrální tok.

Tab.10.: Land use na subpovodí Kopaninského potoka P51 a P6

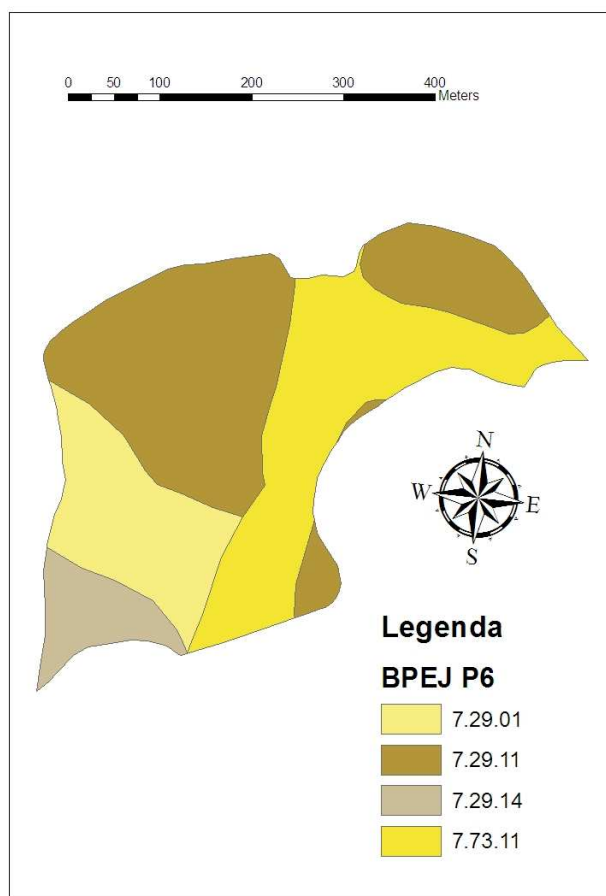
Land use	P6 (m ²)	P51 (m ²)
Les	0,0 %	100,0 %
Louky	2,4 %	0,0 %
Orná půda	95,9 %	0,0 %
Ostatní plochy	1,7 %	0,0 %



Obr.17. (vlevo) Grafické rozdělení land use na Kopaninském potoce - subpovodí P6
 Obr.18. (vpravo) Grafické rozdělení land use na Kopaninském potoce - subpovodí P51

Tab.10. nám udává procentuální rozdělení jednotlivých typů land use na subpovodích P6 a P51. Pro větší názornost je zde grafické zpracování na obr.17. a obr.18.

BPEJ P6



Obr. 19. Zastoupení půd podle BPEJ na Kopaninském potoce - subpovodí P6

Z obr.19. je patrné, že všechny půdy spadají do klimatického regionu 7 (viz tab.6.). Jedná se o půdy kambizemě oglejené, pseudogleje, gleje hydroeluviální a gleje povrchové.

BPEJ P51

BPEJ zde není, protože celé území P51 je pouze les.

4 ZÁVĚR

Pokud na subpovodí převládá orná půda, lze předpokládat, že zde bude velký povrchový odtok. Je to dáno tím, že žádný či malý vegetační pokryv (land cover) na orné půdě zachytí velmi málo vody. Les či TTP má mnohem větší zasakovací schopnost (infiltraci) a to díky mohutnému vegetačnímu koberci a spletitému kořenovému systému těchto rostlin. TTP, louky a pastviny mají díky svému vegetačnímu pokryvu schopnost přetvářet povrchový odtok na odtok podpovrchový. Tím dojde k jeho zbrždění a díky tomu dorazí do centrálního toku opožděně. Zmenší se povrchová eroze a zmenší se nebezpečí povodní, protože voda dorazí do toku v delším časovém úseku a v menších dávkách. Nejlepší land use pro zadržení vody a minimalizaci eroze je lesní porost. Listnatý les má dokonce ještě větší schopnost vsakovat vodu než les jehličnatý díky svému hlubšímu kořenovému systému a díky lepší kvalitě humusu. Jehličnatý les vytváří humus pouze z jehlic, které jsou kyselé a při procesu humifikace nedochází k dokonalé přeměně v humus. V půdě převládají fulvokyseliny a díky tomu nemůže být humifikace dokonalá. Mohutnost humusové vrstvy, schopné zachycovat vodu, je nižší než u listnatého lesa. Lesní porost funguje v přírodě jako brzda schopná zachytit velké množství srážkové vody. Rovněž dokáže velmi mnoho vody vrátit zpět do ovzduší díky evapotranspiraci. Bohužel, pokud u lesního porostu dojde k plnému zaplnění pórů (kapilárních) a kapacita pro zachycování vody je na maximální hranici, může dojít k tomu, že vznikne rázový odtok vody z oblasti lesa. Pokud by byla pod lesem orná půda, dojde zde k velké erozi a při velkém množství vody může dojít ke skluzu (posunu) ornice po svahu. Intravilán či cesta (s pevnou korunou – asfalt, beton) mají velký povrchový odtok, protože člověk vytváří stavby s pevnými základy, které zcela zabraňují vsakování vody a povrchový odtok bude maximální. Voda je z takovýchto ploch odváděna příkopy a kanalizační sítí.

Při zhodnocení podkladů k ukázkovým subpovodím J1, J2, P51 a P6 bylo dosaženo následujících předpokladů. Na Jenínském subpovodí J1 a J2 převládají pastviny. V nejvyšším místě subpovodí, vrchu Babín, je lesní kultura, která bude zabraňovat rozběhu povrchového odtoku z nejvyššího místa. Subpovodí, označené jako J2, které je severněji, má ve své střední části další pruh lesa, který bude opět zbrždovat odtok a redukovat tak množství vody ve spodní části tohoto povodí. Obecně lze předpokládat, že povrchový odtok zde bude menší, protože les a louka

dobře přetvářejí povrchový odtok na odtok podpovrchový a podzemní. Eroze v této oblasti by měla být malá.

Na Kopaninském subpovodí, označeném jako P51, je situace taková, že se jedná pouze o lesní porost. Jeho vsakovací a evapotranspirační schopnost bude dána jeho složením, rovněž tak i jeho vrstva humusu. Les má největší schopnost zadržovat vodu, a proto zde bude nejmenší povrchový odtok ze všech zkoumaných subpovodí. Les má schopnost vytvářet velký podzemní odtok a bude ho časově zdržovat, takže i přívalová srážka bude z velké části vsáknuta a vstřebána.

Na Kopaninském subpovodí, označeném jako P6, je situace zcela jiná. Jedná se převážně o ornou půdu, která je na několika místech přerušena komunikací. Dále je zde malý úsek louky ve východní části. Povrchový odtok zde bude zřejmě větší než na předchozích lokalitách. Dal by se redukovat vysazením vhodných hospodářských plodin. O funkci louky ve východní části lze jen spekulovat, jelikož využití okolního terénu není známo. Obecně lze tvrdit, že každý TTP má schopnost brzdit odtok a pomáhá vsakovat vodu z povrchového odtoku.

Výše uvedené předpoklady vlivu využití území jednotlivých subpovodí na složky odtoku budou předmětem podrobného experimentálního zkoumání v navazující diplomové práci. V té budou separovány datové řady průměrných denních průtoků a statisticky vyhodnocen vliv využití území na složení odtoku.

Použitá literatura

1. Bedient, P. C., Huber, W. C. Hydrology and floodplain analysis – Third Edition. Prentice Hall, London 2002, 763 stran.
2. Bednář, J. Meteorologie: Úvod do studia dějů v zemské atmosféře. Vydalo nakladatelství Portál, s.r.o., Praha 2003, 223 stran.
3. Benetin, J. Pohyb vody v zemině. Vydavatelstvo SAV, Bratislava 1958, 207 stran.
4. Beven, K. J. Rainfall-runoff modelling: The Primer. Chichester, J. Wiley & Sons, 2001, 360 stran.
5. Braniš, M. Základy ekologie a ochrany životního prostředí. Vydalo nakladatelství Informatorium, spol. s r.o., Praha 1997, 143 stran.
6. Bratrych, V. a kolektiv autorů. Živel Voda. Vydala © Agentura Koniklec v Praze, Praha 2005, 295 stran.
7. Brutsaert, W. Hydrology an introduction. Cambridge University Press, Cambridge 2005, 605 stran.
8. ČSN 736530, Názvosloví hydrologie, 1985.
9. Daňhelka, J. Operativní hydrologie: hydrologické modely a nejistota předpovědí. Sborník prací ČHMU, Praha 2007, 104 stran.
10. Demek, J. Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Praha 1987. In: Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Vydalo nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha 2003, 321 stran.
11. Demek, J. Obecná geomorfologie. Akademia, Praha 1987. In: Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Vydalo nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha 2003, 321 stran.
12. Grayson, B.R., Argent, R.M., Nathan, J.R., McMahon, T.A., Mein, R.G. Hydrological recipes: estimation techniques in Australian hydrology. Cooperative Research Center for Catchment Hydrology, 1996, 125 s. In: Žlábek, P. Disertační ráce - Vliv uspořádání krajinné matrice na složky odtoku. České Budějovice 2009, 129 stran.
13. Grmela, A. Hydrogeologie. VŠB TU Ostrava, Ostrava 2004, 196 stran.
14. Hartman, P., Přikryl, I., Štědranský, E. Hydrobiologie. Nakladatelství Informatorium, spol. s.r.o., Na Topolce 10, Praha 1998, 335 stran.

15. Hlavínek, P. a kolektiv Kvalita vod '98, Sborník 1. Mezinárodní konference. Vydalo nakladatelství NOEL 2000 s.r.o., Brno 1998, 287 stran.
16. Holý, M. Protierozní ochrana. Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1978, 283 stran.
17. Hůla, J., Kovaříček, P., Koulík, M. Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha 2010, s. 22-26.
18. Chapman, T.G., Maxwell, A.I. Baseflow separation - comparison of numerical methods with tracer experiments. Institute Engineers Australia National Conference, 1996, s. 539-545.
19. Chapman, T.G. Comment on evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. by RJ Nathan and TA McMahon. Water Resources Research, 27(7), 1991, s. 1783-1784.
20. Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, L. W. Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, New York- Toronto 1988, 132 stran.
21. Janeček, M. Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha 2005, 195 stran.
22. Jonáš, F. a kolektiv Pozemkové úpravy. © Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1990, 512 stran.
23. Jůva, K., Dvořák, J., Tlapák, V. Odvodňování zemědělské půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1987, 318 stran.
24. Jůva, K., Hrabal, A., Tlapák, V. Malé vodní toky. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1984, 256 stran.
25. Jůva, K. Odvodňování půdy, SZN Praha, Praha 1957, 526 stran.
26. Jůva, K., Klečka, A., Zachar, D. Ochrana krajiny ČSSR. ACADEMIA nakladatelství ČSAV, Praha 1981, 568 stran.
27. Kaun, M., Lehovec, F. Pozemní komunikace 20. Vydavatelství ČVUT, Praha 2004, 228 stran.
28. Klíner, K., Kněžek, M. Metoda separace podzemního odtoku při využití pozorování hladiny podzemní vody. Vodohospodářský časopis SAV, č.5 sv. 22, Bratislava 1974.
29. Klír, J. Ochrana vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha – Ruzyně, Praha 2005, 57 stran.

30. Kos, Z., Říha, J. Vodní hospodářství 10. ČVUT, Praha 2000. In: Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Vydalo nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha 2003, 321 stran.
31. Krečmer, V. Lesní hospodářství v právních souvislostech s ochranou životního prostředí a ochranou přírody, Nakladatelství Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy 2007, 78 stran.
32. Krešl, J. Hydrologie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2001, 128 stran.
33. Krešl, J., Bartuňková, P. Lesnické meliorace cvičení, Státní pedagogické nakladatelství Praha, Praha 1978, 144 stran.
34. Kulhavý, Z., Kovář, P. Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Prahy 2000, 123 stran.
35. Kutílek, M. Vodohospodářská pedologie. SNTL Praha, Praha 1966, 250 stran.
36. Kvítek, T. a kolektiv Využití a ochrana vodních zdrojů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, České Budějovice 2005, 169 stran.
37. Kvítek, T. a kolektiv Zemědělské meliorace. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, České Budějovice 2006, 164 stran.
38. Langlois, J.P., Fahrig, L., Merriam, G., Artsob, H. Landscape srtructure influences continental distribution of hantavirus in deer mice. Landscape Ecology, 2001, 16: s. 255-266. In: Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Vydalo nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha 2003, 321 stran.
39. Lellák, J., Kubíček, F. Hydrobiologie. Univerzita Karlova, vydavatelství Karolinum, Praha 1992, 260 stran.
40. Lyne, V., Hollick, M. Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling. Institute of Engineers Australia National Conference, Publ. 79/10, 1979, s. 89-93.
41. Mareš, S. a kolektiv Geofyzikální metody v hydrologii a inženýrské geologii. SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha 1983, 200 stran.
42. Mařan, B., Lhota, O. Mikroklíma a povrchové odtoky na rašeliništi a v lese. Sb. ČSAZV - Lesnictví č. 1, ř. B., r. 26., Praha 1953.

43. McCuen, R.H. Hydrologic Analysis and Design, 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle river, NY 1998. In: Bedient, P. C., Huber, W. C. Hydrology and floodplain analysis – Third Edition. Prentice Hall, London 2002, 763 stran.
44. Míchal, I. a kolektiv Obnova ekologické stability lesa. ACADEMIA, Praha 1992, 172 stran.
45. Němeček J., Smolíková L., Kutílek M. Pedologie a paleopedologie. Academia, Praha 1990, 546 stran.
46. Pelíšek, J. Lesnické půdoznaectví. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1964, 568 stran.
47. Petržílek, B., Kočárek, E. Základy geologie, vydala PRÁCE, vydavatelství ROH, Praha 1959, 570 stran.
48. Piro, Z., Wolfová, J. Conservation of the carpathian grassland diversity. Projekt UNDP-GEF 2255/1705, © FOA Nadační fond pro ekologické zemědělství, Praha 2008, 108 stran.
49. Serrano, S.E. Hydrology for Engineers, Geologists and Enviromental Professionals – An Integrated Treatment of Surface, Subsurface, and Contaminant Hydrology, HydroScience Inc. 1021 Deer Crossing Way, Lexington, Kentucky 40509 U.S.A. 1997, 450 stran.
50. Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Vydalo nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha 2003, 321 stran.
51. Spirhanzl, J. Eroze půdy a ochrana proti ní. Přírodovědecké nakladatelství, Praha 1952,
52. Straškrabová, V. a kolektiv Mikrobiální ekologie vody. Ministerstvo životního prostředí České Republiky, Praha 1996, 120 stran.
53. Šarapatka, B., Niggli, U. a kol. Zemědělství a krajina cesty vzájemného souladu. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2008. 271 stran.
54. Šarapatka, B., Urban, J. a kolektiv Ekologické zemědělství v praxi. Vydal PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Šumperk 2006, 502 stran.
55. Šindelářová, J. Obsah některých cizorodých látek v půdě a v zemědělských produktech. Odborné pracoviště rady pro životní prostředí při vládě ČSR, Praha 1969, 77 stran.

56. Tlapák, V., Šálek, J., Legát, V. Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s ministerstvem životního prostředí, Praha 1992, 320 stran.
57. Tölgyessv, J. a kol. Chémia, biológia a toxikológia vody a ovdušia. Vydavateľstvo slovenskej akadémie vied, Bratislava 1984, 532 stran.
58. U.S. SCS. Urban Hydrology for Small Watersheds í, Technical Release 55 (updated), USA 1986, 13 stran. In: Kulhavý, Z., Kovář, P. Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí. VÚMOP, Praha 2000.
59. Zonneveld, I.S. Land Ecology. SPB academic Publishing, Amsterdam, 1995. In: Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Vydalo nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha 2003, 321 stran.
60. Zákon č. 254/2001 Sb. Vodní zákon
61. <http://www.ovocnarska-unie.cz>

Příloha 1.

Průměrné smyvy jednotlivých druhů rostlin v %

<u>Plodina</u>	<u>Průměrný smyv v %</u>
Jetel	1
Ozimé obiloviny	50
Jarní obiloviny a kulturní úhory	100
Okopaniny	200

(ŠARAPATKA, NIGGLI A KOL., 2008)

Příloha 2.

Charakteristiky klimatických oblastí ČR dle Quitta

	TEPLÁ		MÍRNĚ TEPLÁ								CHLADNÁ				
	T2 oranžová	T4 červená	MT2 khaki	MT3 tmavě zelená	MT4 olivová	MT5 zelená	MT7 světle zelená	MT9 světle žlutá	MT10 žlutá	MT11 okrová	CH4 šedá	CH6 modrá	CH7 světle modrá		
LetD	50-60	60-70	20-30		30-40		40-50			0-20	10-30				
HVO	160-170	170-180	140-160	120-140	140-160		140-160			80-120	120-140				
MD	100-110	110-130	130-160	110-130	130-140	110-130			160-180	140-160					
LD	30-40		40-50		30-40			60-70		50-60					
°C I	-2 - -3		-3 - -4		-2 - -3		-3 - -4		-2 - -3		-6 - -7		-4 - -5		
°C IV	8-9	9-10	6-7		7-8		7-8		2-4		4-6				
°C VII	18-19	19-20	16-17		17-18		15-16		12-14		14-15		15-16		
°C X	7-9	9-10	6-7		7-8		4-5		5-6		6-7				
š1mm	90-100	80-90	120-130	110-120	100-120		90-100		120-140		140-160		120-130		
s VO	350-400	300-350	450-500	350-450		400-450		350-400		600-700		500-600			
s VZ	200-300		250-300		200-250		400-500		350-400						
sp	40-50	80-100	60-100	60-80	60-100	60-80	50-60	140-160	120-140	100-120					
0>0,8	120-140	110-120	150-160	120-150	150-160	120-150		130-150		150-160					
0<0,2	40-50	50-60	40-50	50-60	40-50	40-50		30-40		40-50					

([HTTP://WWW.OVOCNARSKA-UNIE.CZ](http://www.ovocnarska-unie.cz))