

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra pozemkových úprav

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecné zemědělství

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD KONCENTRACÍ ANIONTŮ
A KATIONTŮ NA POVODÍ KOPANINSKÉHO TOKU VE
VAZBĚ NA VYUŽITÍ PŮDY.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Žlábek

Autor diplomové práce:

Kateřina Kouřimská

2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina KOURIMSKÁ**

Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**

Studijní obor: **Všeobecné zemědělství**

Název tématu: **Analýza časových řad koncentrací aniontů a kationtů na povodí Kopaninského toku ve vazbě na využití půdy.**

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

Cílem práce je vypracování přehledu využití půdy na jednotlivých mikropovodích Kopaninského toku, zpracování časových řad koncentrací vybraných hydrochemických ukazatelů a vyhodnocení vlivu využití půdy na koncentrace aniontů a kationtů.

1. Terénní šetření na povodí Kopaninského toku, sběr dostupných podkladů.
2. Vytvoření GIS vrstev (využití půdy, rozvodnice povodí a mikropovodí a další).
3. Zpracování a vyhodnocení časových řad a koncentrací aniontů a kationtů.
4. Vyhodnocení vlivu využití půdy na poměry aniontů a kationtů.

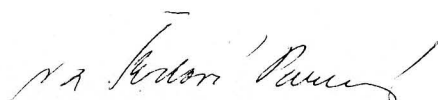
Rozsah práce: 50 stran
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Pitter, P.: Hydrochemie. Vydavatelství Vysoké školy chemicko-technologické, 3. přeprac. vyd., 1999
Bouška, V., Jakeš, J., Pačes, T., Pokorný, J.: Geochemie, Academia, 555 p., Praha, 1980
Cipra, T.: Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. SNTL, Praha, 1986
Forman, R.T., Godron, M.: Landscape Ecology, Wiley, 1986, (český překlad: Krajinná ekologie, Academia, Praha, 1993)
Časopis Soil and Water

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek
Katedra pozemkových úprav
Datum zadání diplomové práce: 30. března 2006
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2008

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení ④
Studentská 13
370 05 České Budějovice

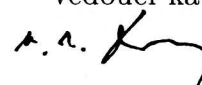

prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.

děkanka

L.S.

doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

vedoucí katedry



V Českých Budějovicích dne 30. března 2006

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Pavlu Žlábkovi za odborné vedení a cenné metodické rady při zpracování této diplomové práce.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Analýza časových řad koncentrací aniontů a kationtů na povodí Kopaninského toku ve vazbě na využití půdy“ vypracovala samostatně za přispění odborných konzultací s vedoucím práce a odborné literatury, kterou uvádím v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Pelhřimově, 20. dubna 2008

.....

Kateřina Kouřimská

Abstrakt

Kvalita vody drobných povrchových toků v zemědělské krajině je v převážné míře klasifikována jako znečištěná až jako velmi znečištěná. Příčinu zvýšené mineralizace organické hmoty v půdě lze hledat ve změně fyzikálních, chemických a biochemických vlastností půdního profilu, které se negativně projevují právě v mineralizaci organické hmoty a uvolňování dusíku do půdního roztoku. Kvalitativní rozbory vod zemědělských povodí dokazují, že jakost povrchových vod v oblasti dusičnanového zatížení se v posledních letech výrazně nezlepšila. Dusičnany ve vodách jsou výrazným antropogenním faktorem, který velmi dobře definuje narušenost přírodního prostředí. Tato diplomová práce se zabývá analýzou časových řad koncentrací dusičnanů z malého zemědělského povodí Kopaninského toku na Českomoravské vysočině. Dále obsahuje trend vývoje této koncentrace a její sezónní složku.

Abstrakt

Water quality of small streams in agricultural landscape is mostly classified as polluted or very polluted. The reason of enhanced mineralization of organic mass in soil can be found in changed physical, chemical and biochemical properties of soil profile, which negatively display in mineralization of organic mass and nitrogen release to soil water. Analysis of water quality in agricultural river-basin prove that quality of surface water in areas with high nitrate loadings did not significantly improve in recent years. Nitrates in water are a distinct anthropogenic factor, which defines well disturbance in natural environment. This thesis deals with analysis of time series of nitrate concentrations in the Kopaninsky stream catchment in Bohemo-Moravian Highland. Further the progress in nitrate concentration and its seasonal component is researched.

Obsah

1. Úvod.....	2
2. Literární rešerše	4
2.1. Časové řady.....	4
2.1.1. Význam analýzy časových řad	4
2.1.2. Základní přístupy k analýze časových řad	4
2.1.3. Typy časových řad	6
2.1.4. Dekompozice časových řad	7
2.1.5. Popis trendu	8
2.1.6. Popis sezónní složky	8
2.1.7. Problémy analýzy časových řad	9
2.1.7.1. Problémy s volbou časových bodů pozorování	9
2.1.7.2. Problémy s délkou časových řad	9
2.2. Jakost vody	10
2.2.1. Druhy vod	10
2.2.1.1. Přírodní vody	10
2.2.1.2. Pitná voda	14
2.2.1.3. Užitékové a provozní vody.....	15
2.2.1.4. Odpadní vody.....	15
2.2.2. Obecné složení vod.....	15
2.2.2.1. Chemické složení atmosférických vod	17
2.2.2.2. Chemické složení podzemních vod	18
2.2.2.3. Chemické složení povrchových vod	18
2.2.2.4. Chemické složení drenážních vod	21
2.2.3. Vliv hospodaření na kvalitu vod	22
2.3. Geografické informační systémy	27
2.3.1. Vstup dat	29
2.3.2. Geografická data jako model skutečnosti	29
2.3.3. Aplikace GIS ve VÚMOP	31
3. Materiál a metody	32
3.1. Charakteristika Kopaninského toku	32
3.1.1. Mikropovodí Kopaninského potoka	35
3.1.2. Zastoupení BPEJ v povodí Kopaninského toku	44
3.2. Metodika odběru	48
3.2.1. Četnost odběru	48
3.2.2. Technické podmínky odběru povrchových vod.....	48
3.3. Hodnocené ukazatele	48
3.3.1. Použité vzorce hodnocených ukazatelů	49
4. Výsledky a diskuse	51
5. Závěr	69
6. Použitá literatura	70
Seznam zkratk	75

1. Úvod

Půda a voda jsou základní, nenahraditelné složky přírody, jsou zdrojem života a životním prostředím pro rostliny a organismy. Problematika vodního režimu v krajině a půdě je obsáhlá a poměrně náročná oblast, která má za úkol optimalizovat a řešit fungování krajiny jako neustále se vyvíjecího celku ve vztahu k velikému množství faktorů, které velkou měrou ovlivňuje. Je to zejména vztah v krajině ke krajině samé a tím mimo jiné ovlivňuje využívání půdy v krajině jako výrobního prostředku. Mezi vodou a půdou protékají v přírodě neustále interaktivní děje, včetně výměny látek. Voda v půdě významně ovlivňuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdního profilu. Na druhé straně na vlastnostech půdy závisí schopnost infiltrace, zadržování a propouštění vody.

Cílem této diplomové práce je vypracování přehledu využití půdy na jednotlivých mikropovodích Kopaninského toku, zpracování časových řad koncentrací vybraných hydrochemických ukazatelů a vyhodnocení vlivu využití půdy na koncentrace aniontů a kationtů.

Povodí Kopaninského potoka bylo v roce 1985 založeno jako experimentální povodí na Českomoravské vrchovině, kde se dlouhodobě sledují průtoky, meteorologické údaje a kvalita vody. K profilu „Velký Rybník“ má povodí rozlohu 713 ha a spadá do povodí Vltavy. V zájmovém povodí převažuje zemědělská půda, pokrývá 57 % území.

Využívání krajiny ve vztahu k zemědělskému hospodaření se stále častěji v poslední době setkává se zájmem veřejnosti, což je způsobeno novým pojetím ochrany přírody a v neposlední řadě též návazností na majetkové právní vztahy.

Po roce 1989 došlo v ČR k určitému zvýšení kvality vody odstraněním především bodových zdrojů znečištění, a to jak průmyslových, tak zemědělských. Rozbory vod v dílčích povodích však nedosvědčují zásadní kvalitativní zlepšení povrchových vod v posledních letech například v oblasti dusičnanového zatížení. Dusičnany ve vodách chápeme jako jeden z nejvýraznějších antropogenních výstupů z povodí, který velmi dobře definuje narušenost přírodního prostředí, respektive jeho autoregulační stabilitu. I dnes je často prezentován názor, že za dusičnanovým znečištěním stojí především hnojení. Tato

kontaminace však vyjadřuje především nestabilitu systému krajiny a jeho narušenost. Stabilita systému není nikdy absolutní, žádný systém nemůže být naprosto neměnný. Biologická stabilita je metastabilita, kdy systém je v rovnováze a osciluje kolem ústřední polohy. Nestabilita je pro krajinu charakteristická tehdy, stačí-li malá změna prostředí k vychýlení systému z jeho režimu kolem ústřední polohy. Ukazuje se, že existují dva typy nestability. V jednom se systém mění a dosahuje nového režimu předvídatelných oscilací, vzniká nová metastabilní rovnováha, v druhém k novému statisticky předvídatelnému režimu fluktuace nedochází. Nestabilita je buď dočasná nebo trvalá.

2. Literární rešerše

2.1. Časové řady

2.1.1. Význam analýzy časových řad

Analýza časových řad včetně předpovídání jejich budoucího chování se stává jednou z nejdůležitějších oblastí v rozvoji současné statistiky. Hlavním důvodem rostoucího významu této disciplíny je fakt, že se úspěšně vyrovnává s popisem dynamických systémů, s kterými často přicházíme do styku. Data, která vytvářejí časovou řadu, vznikají jako chronologicky uspořádaná pozorování a podstatné pro ně proto je, že jsou v čase chronologicky uspořádána.

Data ve formě časových řad vznikají ve fyzikálních vědách a v technice, v biologických vědách, ve společenských vědách.

Cílem analýzy časové řady je většinou konstrukce odpovídajícího modelu. Znalost modelu dále umožňuje předpovídat budoucí vývoj systému. Konečně konstrukce modelu také umožní do jisté míry řídit a optimalizovat činnost příslušného systému vhodnou volbou vstupních parametrů a počátečních podmínek. (CIPRA, 1986)

2.1.2. Základní přístupy k analýze časových řad

Volba metody pro analýzu časové řady závisí na mnoha faktorech, z nichž nejdůležitější jsou tyto:

- účel analýzy, kterým je většinou rozpoznání mechanismu generování hodnot časové řady a předpovídání jejího budoucího vývoje; s tím také souvisí otázka skutečného využití výsledků analýzy v praxi, očekávaný hospodářský přínos těchto výsledků, objem zpracovaného statistického materiálu, prostředky na provedení analýzy aj.,
- typ časové řady, neboť některé metody jsou vhodné, jen pro časové řady vymezeného typu. (CIPRA, 1986).

Při sledování dvourozměrných či vícerozměrných statistických souborů nemůže izolované hodnocení jednotlivých proměnných poskytnout úplné informace o sledovaném statistickém souboru. Toto hodnocení je třeba doplnit charakteristikami, které měří závislosti mezi jednotlivými statistickými znaky. Závislost mezi jevy může být výrazem určité nahodilosti. Shodný průběh jevů, určitá pravidelnost v jejich výskytu není tedy výrazem vnitřní nutnosti, ale vyplývá z nejobecnějších podmínek existence těchto jevů. Tuto závislost nazýváme závislostí nepodstatnou nebo náhodnou. Dalším druhem závislosti je závislost příčinná (kauzální). Je to taková závislost, kdy výsledek jednoho jevu je vyvolán za určitých podmínek jinými jevy. Sledování příčinných závislostí tvoří bezesporu hlavní náplň každého vědeckého bádání. (ČERMÁKOVÁ, STŘELEČEK, 1995)

Nutnou podmínkou příčinné závislosti je časová následnost příčiny a účinku. Tato podmínka není však podmínkou dostačující, neboť v řadě případů časová souslednost mezi příčinou a účinkem může znamenat pouhou koexistenci jevů, kdy shodné chování jevů nevzniká z příčinné závislosti mezi těmito jevy, ale je výrazem jiných, obecnějších příčin. Závislost příčiny a účinku lze vymezit jako závislost jednostrannou nebo závislost oboustrannou. Při jednostranné závislosti působí příčina na účinek, účinek však zpětně neovlivňuje příčinu. Při závislosti oboustranné nelze jednoznačně ze sledovaných jevů určit příčinu a účinek, ale projevuje se oboustranná vazba mezi jevy v tom smyslu, že jeden jev ovlivňuje druhý a druhý jev zpětně působí na první. (ČERMÁKOVÁ, STŘELEČEK, 1995)

Jednodušší formy příčinné závislosti se vyznačují tím, že účinek je zpravidla plně určen chováním jedné nebo několika málo příčin. Charakteristické pro tyto jednoduché formy příčinné závislosti je, že můžeme zpravidla vymezit a sledovat chování všech příčin na daný účinek. Z vymezení všech příčin vyplývá také úplná determinovanost účinku sledovanými příčinami. Tuto závislost označujeme jako závislost funkční (pevnou či matematickou). Její projevy lze sledovat v individuálních případech a na základě změn příčin lze přesně vymezit změnu účinku. (ČERMÁKOVÁ, STŘELEČEK, 1995)

Složitější formy příčinné závislosti se vyskytují především ve vědách ekonomických, ale také i v řadě biologických i zootechnických disciplín. Charakteristická pro tuto závislost je skutečnost, že účinek je ovlivňován větším počtem příčin, jejichž projev nemůžeme plně postihnout (některé příčiny ani neznáme), a proto se musíme omezit na sledování vztahu mezi účinkem a pouze částí těchto příčin. Z toho také plyne, že nelze na základě změny sledovaných příčin vyjádřit přesně změnu účinku. Usuzovat na změnu účinku na základě změny příčin můžeme pouze v průměru, neboť při větším množství pozorování se vliv nekontrolovaných příčin na daný účinek bude vzájemně kompenzovat. Tuto závislost označujeme jako závislost statistickou nebo závislost volnou. (ČERMÁKOVÁ, STŘELEČEK, 1995)

2.1.3. Typy časových řad

Typy časových řad se nejčastěji rozlišují:

1. dle časového hlediska rozhodného pro zjišťování údajů na:

- okamžité časové řady – jsou sestavovány z ukazatelů vztahujících se k určitému okamžiku, např. k počátku nebo konci určitého období. S rostoucí vzdáleností mezi rozhodnými okamžiky se hodnota okamžikového ukazatele řádově nemění.

- intervalové časové řady – značí časovou řadu intervalového ukazatele, který je v čase definován nespojitě a to za určitý časový interval. S rostoucí délkou časového intervalu hodnota intervalového ukazatele řádově roste.

2. dle periodicity časových řad neboli časového rozpětí mezi rozhodnými okamžiky u okamžikové časové řady, resp. délky období u intervalové časové řady na:

- krátkodobé časové řady – periodičita časové řady je kratší než jeden rok (hodnoty jsou sledovány například týdně, měsíčně či čtvrtletně).

- dlouhodobé časové řady – někdy též časové řady ročních údajů. Periodičita je jeden rok a více.

3. na periodické a neperiodické

- neperiodické časové řady – řady obsahující pouze trendovou složku, tzv. trend (dlouhodobý směr vývoje), který lze vyjádřit pomocí vhodně zvolené trendové funkce.

- periodické časové řady – obsahuje kromě trendové složky i sezónní kolísání nebo víceleté cyklické kolísání.

4. dle způsobu vyjádření ukazatelů na:

- časové řady naturálních ukazatelů – časové řady, ve kterých jsou hodnoty ukazatele v naturálních jednotkách, což omezuje možnosti jejich agregování. Proto většinu ekonomických časových řad tvoří řady peněžních ukazatelů.

- časové řady peněžních ukazatelů – řady, jejíž hodnoty ukazatele jsou vyjádřeny v peněžní formě. V delších časových řadách však dochází ke změnám cenové hladiny a často dostáváme posloupnost údajů, které nejsou vždy zcela souměřitelné. Proto je důležitým požadavkem analýzy časových řad věcná, prostorová a časová srovnatelnost údajů. (HINDLS, KAŇOKOVÁ, NOVÁK, 1996)

2.1.4. Dekompozice časových řad

Dekompozicí časových řad rozumíme rozklad časové řady na složky proto, abychom mohli snáze popsat, zjistit jejich relativní důležitost a využít k extrapolaci. Časová řada může obsahovat následující složky: T_{ij} , sezónní složku S_{ij} , cyklickou složku C_{ij} a náhodnou složku ε_{ij} . Časovou řadu, která má pouze trendovou složku nazýváme neperiodickou časovou řadou. Časovou řadu, která kromě trendu obsahuje i sezónní kolísání nebo víceleté cyklické kolísání nazýváme periodickou řadou. (ČERMÁKOVÁ, 1998)

Trend odráží dlouhodobé změny v průměrném chování časové řady. Sezónní složka popisuje periodické změny v časové řadě v rámci jednoho roku, které se každoročně opakují. Cyklická složka představuje pravidelně se opakující výkyvy ukazatelů vždy v rámci několika let. Náhodná složka je tvořena náhodnými výkyvy ukazatelů (od trendu nebo od periodické pravidelnosti), které nemají systematický charakter. Některé složky mohou samozřejmě v časové řadě chybět. Dekompozice časové řady na její složky umožňuje popis jednotlivých složek. (ČERMÁKOVÁ, 1998)

2.1.5. Popis trendu

Trendem se rozumí hlavní tendence dlouhodobého vývoje hodnot analyzovaného ukazatele v čase. Tradičním způsobem popisu trendu časové řady je její vyrovnaní (vyhlazení) nějakou matematickou funkcí, čímž získáme souhrnnou informaci o charakteru hlavní tendence ve vývoji analyzovaného ukazatele v čase a navíc lze modelovat i další vývoj trendu v budoucnu, ovšem za předpokladu, že se jeho charakter v podstatě nezmění. Specifičnost trendové funkce spočívá v tom, že závisle proměnnou je vždy sledovaný ukazatel v časové řadě a nezávisle proměnnou je ve vhodném měřítku vyjádřený čas. (ČERMÁKOVÁ, 1998)

Trend může být rostoucí, klesající nebo konstantní, kdy hodnoty ukazatele dané časové řady v průběhu sledovaného období mohou kolísat kolem určité, v podstatě neměnné úrovně. V posledním případě se často slangově hovoří o časové řadě „bez trendu“, čemuž lze jistě snadno porozumět, ale z exaktního hlediska jde o nesprávný výrok, protože časová řada těžko může „nemít trend“ – potom by totiž vlastně vůbec nemohla být časovou řadou a výrok „nemá trend“ by negoval samu podstatu fenoménu, jakým je vývoj procesu v čase. (HINDLS, HRONOVÁ, SEGER, 2002)

2.1.6. Popis sezónní složky

Sezónní složka je pravidelně se opakující odchylka od trendové složky, vyskytující se u časových řad údajů s periodicitou kratší než jeden rok nebo rovnou právě jednomu roku. Příčiny sezónního kolísání mohou být různé. Dochází k nim v důsledku přímého působení sluneční soustavy na Zemi, tj. vlivem změn jednotlivých ročních období, dále vlivem různé délky měsíčního či pracovního cyklu nebo též vlivem různých společenských zvyklostí. (HINDLS, HRONOVÁ, SEGER, 2002)

2.1.7. Problémy analýzy časových řad

2.1.7.1. Problémy s volbou časových bodů pozorování

Diskrétní časové řady, tj. řady tvořené pozorováními v určitých nespojitých časových bodech, mohou vznikat trojím způsobem: buď jsou přímo diskrétní svou povahou nebo, vznikají diskretizací spojité časové řady, nebo akumulací hodnot za dané časové období.

Je zřejmé, že v některých případech nemáme možnost volby časových bodů pozorování. Pokud ale tuto možnost máme, musíme této volbě věnovat jistou péči a pokusit se často najít kompromis mezi protichůdnými požadavky. Například na jedné straně je z hlediska numerické jednoduchosti výpočtů při analýze časových řad nežádoucí přespříliš „zhušťovat“ počet pozorování. Na druhé straně však pozorování nesmí být natolik řídká, že nám mohl uniknout některý charakteristický rys dané řady. (CIPRA, 1986)

2.1.7.2. Problémy s délkou časových řad

Je samozřejmé, že s rostoucí délkou řady se zvětšuje množství informace pro její analýzu. Je zde však nutné upozornit na to, že např. zdvojnásobení počtu měření, která máme k dispozici, nemusí znamenat zdvojnásobení množství informace obsažené v těchto měřeních. Délka řady tedy není jednoznačnou mírou informace obsažené v řadě - k tomu je nutné navíc uvažovat ještě vnitřní strukturu řady.

V souvislosti s délkou řady se také často střetávají dvě protichůdné tendence. Na jedné straně některé metody vyžadují určitou minimální délku řady. Na druhé straně u velice dlouhých řad je nebezpečí, že se s průběhem času podstatně mění charakteristiky modelu, který tuto řadu generuje, takže vybudování tohoto modelu se stává s rostoucí délkou řady stále obtížnější. (CIPRA, 1986)

2.2. Jakost vody

2.2.1. Druhy vod

Voda jako základní přírodní zdroj je předpokladem veškerého organického života na Zemi. Je nepostradatelná především po stránce mechanické a anorganické. Zcela jedinečný je význam vody v jejím koloběhu v přírodě. Ve vědomí našich předků představovala voda denní životní nutnost, ale zároveň byla i předmětem jejich úcty a zbožňování pro svou nezměrnou sílu, kterou člověku sloužila i škodila.

Dostatečné množství vody v přiměřené jakosti vždy bylo a zůstává významnou kvalitou životního prostředí. Přitom životní prostředí člověka má mnoho stránek, z nichž některé jsou shodné s životním prostředím jiných živočichů a rostlin, jiné jsou specifické, spjaté především s jeho životem. (TLAPÁK, 1992)

Vody lze rozlišovat podle původu, výskytu a použití. podle původu lze vody dělit na přírodní a odpadní. Podle výskytu se přírodní vody dělí na atmosférické, povrchové a podzemní. V legislativě se někdy odlišují ještě vody zvláštní, kam se zařazují přírodní léčivé vody, stolní minerální vody a vody důlní. (PITTER, 1999)

Podle použití se rozeznává voda pitná, užitková, provozní a odpadní. Podle specifického použití a zvláštních požadavků na jakost se rozeznává například voda pro závlahu, pro rybářství, pro stavebnictví, voda chladicí, napájecí pro parní kotle a jiné. (PITTER, 1999)

2.2.1.1. Přírodní vody

- Atmosférické vody

Pod pojmem atmosférická voda se rozumí veškerá voda v ovzduší bez ohledu na skupenství. Srážky jsou výsledkem kondenzace vodních par v ovzduší nebo na různých površích. Rozeznávají se srážky kapalné a srážky tuhé. (PITTER, 1999)

Atmosférická voda je významnou dynamickou složkou zemského ovzduší, protože se její množství a skupenství mění s místem a časem. Tyto změny jsou podmíněny slunečním zářením, které určuje teplotu vzduchu. Vodní pára ve vzduchu je důležitým faktorem tvorby klimatu, protože vytváří spolu s oxidem uhličitým a ozónem tzv. skleníkový efekt atmosféry. (PAČES, 1982)

Kapalná voda v atmosféře není nikdy čistá. Je to způsobeno tím, že kondenzovaná voda rozpouští atmosférické plyny, zejména CO_2 a dnes hojně při spalování uvolňovaný SO_2 , a stává se kyselou, takže její pH je mezi 3 a 6. Tento kyselý zředěný roztok hydrolyzuje malé částičky prachu, takzvané aerosoly. Vzniklý roztok pak obsahuje malé koncentrace amoniaku, sodíku, chloridů, hořčíku, oxidu uhličitého, sulfátů, hliníku a dalších složek. Celková koncentrace rozpuštěných látek v dešťové vodě obvykle nepřesahuje $30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. V oblastech znečištění atmosféry průmyslovou činností však koncentrace látek v dešťové vodě může přesahovat i $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. (PAČES, 1982)

- Podzemní vody

Podle zákona č. 254/2001 Sb. jsou podzemní vody vymezeny takto: 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.

Podzemní vodou se rozumí voda přirozeně se vyskytující v horninovém prostředí, pokud není vázána kapilárními silami. Jde o vodu v zemských dutinách a zvodnělých zemských vrstvách. Pod názvem podpovrchová voda se rozumí voda v zemské kůře ve všech skupenstvích. Podle celkového chemického složení se dělí podzemní vody na prosté vody a minerální vody. Prostá voda je voda s nízkým obsahem rozpuštěných látek, která nesplňuje žádné z kritérií pro minerální vodu. Za důlní vody se považují všechny vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami. (PITTER, 1999)

Názvosloví v hydrologii při klasifikaci rozdělení vod se liší. Tlapák používá ještě termín podpovrchová voda a tu rozděluje na vodu půdní a vodu podzemní. Vodu půdní definuje jako část podpovrchové vody obsažené v půdě bez ohledu na skupenství, která obvykle nevytváří souvislou hladinu. Vodu podzemní definuje jako část podpovrchové vody vyplňující dutiny zvodněných hornin bez ohledu na to, zda vytváří nebo nevytváří souvislou hladinu. Podzemní vodu dále člení podle původu na vodu vadózní, juvenilní a fosilní.

Podpovrchové vody, jako část hydrosféry, která je pod povrchem země, jsou předpokladem života rostlin a hlavním zdrojem kvalitní pitné vody. 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), především však s ohledem na účel, pro který potřebujeme podpovrchové vody klasifikovat. (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992)

Nejpodrobnější klasifikací podzemních vod se zabývá Kříž H., který říká, že podzemní vody v zemské kůře se rozdělují podle různých hledisek na několik druhů. Při těchto klasifikacích se vychází z původu podzemních vod, jejich skupenství, chemických a fyzikálních vlastností, jakož i rozdílné propustnosti zvodněného prostředí a jeho hydraulických poměrů. Kromě toho jsou i některé další způsoby dělení podzemních vod, například podle jejich využitelnosti pro různé účely, které však nejsou předmětem zájmu hydrologie podzemních vod, nýbrž jiných oborů, zejména hydrogeologie a vodního hospodářství. (KŘÍŽ, 1983)

KŘÍŽ rozděluje podzemní vody podle:

- jejich vzniku,
- hydraulických poměrů zvodněného prostředí ,
- propustnosti horninového prostředí,
- chemických a fyzikálních vlastností,
- skupenství.

Podzemní voda je významnou součástí hydrologického cyklu a představuje cenný vodní zdroj pro zásobování domácností, průmyslu a zemědělství, který je třeba racionálně využívat a chránit před negativními důsledky převážně antropogenní činnosti. Při studiu výskytu a pohybu podzemní vody v horninovém prostředí jsou hydraulické charakteristiky zvodnělého prostředí základními parametry ovlivňujícím pohyb a akumulaci vody. Kvantitativní informace o těchto vlastnostech jsou nezbytným podkladem pro řešení praktických problémů týkajících se podzemní vody a transportu kontaminantů, zejména při vyhledávání, průzkumu, ochraně zdrojů podzemní vody a v poslední době i šíření znečištění v podzemních vodách. (PECH, 2004)

- Minerální vody

Z prosté podzemní vody se stává minerální voda překročením limitních koncentrací následujících složek: teplota, celková mineralizace, volný CO₂, veškerá S^{-II}, Fe, I, As, Rn. Minerální voda je konvenční termín praktického charakteru. Hydrogeologický termín minerální vody není totožný s balneologickými termíny léčivé nebo stolní minerální vody, i když se i hydrogeologii uplatňují balneologická kritéria. (PITTER, 1999)

- Povrchové vody

Povrchové vody jsou všechny vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Dělí se na vody kontinentální a vodu mořskou. Kontinentální povrchové vody jsou jednak tekoucí – vodní toky a jednak stojaté – jezera, nádrže, rybníky. Podle užití tekoucích vod se rozlišují toky vodárenské – voda je po úpravě určena pro pitné účely a ostatní (obecně užitné), určené pro průmyslové účely, chov ryb, závlahy, rekreační účely.

Povrchové vody jsou zdrojem pitné a užitkové vody a slouží pro rekreační účely. Současně jsou však recipientem splaškových a průmyslových odpadních vod. Vlivem nečistot se porušuje biologická rovnováha v recipientech a jejich schopnost samočištění. Vliv odpadních vod na jakost povrchové vody se posuzuje podle chemických,

biologických a estetických změn vody, kterými jsou poškozeny veřejné zájmy. (PITTER, 1999)

Povrchová voda odtékající z povodí hydrografickou sítí pochází z deště, ze sněhu, z výtoků podzemních vod nebo z ledovců. V poměrech České republiky jsou převládajícím zdrojem povrchového odtoku atmosférické srážky a sněh. Povrchový odtok vody vzniká v okamžiku, kdy srážková voda přesáhne svým objemem vsakovací schopnost půdy, intercepci, výpar a akumulaci půdního povrchu. Proces nejprve probíhá jako plošný odtok, postupně přecházející v odtok soustředěný, který nakonec vytváří hydrografickou síť. Podle uvedeného odtokového procesu se povrchové vody rozdělují na plošný srážkový odtok, vodní toky a vody stojaté. (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992)

- Drenážní vody

Odvodnění zemědělských půd drenážemi ovlivňuje množství i dynamiku podzemních vod. Odvodněním se sníží hladina podzemní vody. Uložení drénů představuje svým účinkem další umělou odtokovou bázi, která změní svou funkci přirozené odtokové poměry. Drenážní systémy odvádějí vodu převážně v mimovegetačním období. (KLINER, KNĚŽEK, OLMER, 1978)

2.2.1.2. Pitná voda

Pitnou vodu lze definovat jako vodu zdravotně nezávadnou, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým nebo pozdním působením zdraví spotřebitele a jeho potomstva a jejíž smyslově postižitelné vlastnosti nebrání jejímu požívání. Pitná voda musí vyhovovat předepsaným zdravotním a chemickým požadavkům a její vlastnosti vnímané smyslovými orgány člověka musí vyhovovat jeho požadavkům. Dobrá pitná voda má obsahovat dostatek biogenních prvků a při rozvádění potrubím nemá porušovat jeho stěny.

Zdroje pitné vody jsou buď podzemní, nebo povrchové. Nejvyšším zdrojem pitné vody jsou vody podzemní. Avšak malé zásoby podzemní vody nás nutí používat jako zdroj pitné vody i povrchové vody. (PITTER, 1999)

2.2.1.3. Užitkové a provozní vody

Užitková voda je hygienicky nezávadná voda, která není určena k pití a vaření. Z hygienického hlediska se na jakost užitkové vody kladou stejné požadavky jako na vodu pitnou, avšak některé požadavky na její chemické a fyzikální vlastnosti mohou být méně přísné.

Provozní voda je voda pro různé výrobní a nevýrobní účely, jejíž jakost odpovídá příslušnému způsobu použití. Kromě obecných požadavků na jakost vody přicházejí v některých případech v úvahu i požadavky specifické. (PITTER, 1999)

2.2.1.4. Odpadní vody

Odpadní vody jsou vody použité v sídlištích, obcích, domech, závodech, zdravotnických zařízeních a jiných objektech či zařízeních, pokud po použití mají změněnou jakost (teplotu, složení), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody se dělí na tři hlavní skupiny, odpadní vody splaškové, městské a průmyslové. (PITTER, 1999)

2.2.2. Obecné složení vod

Chemické složení přírodních vod je výsledkem geochemických procesů, biologického metabolismu, antropogenní činnosti a fyzikálních procesů. Podstatou geochemických procesů je fyzikálně chemická interakce mezi vodou a jejím okolím, to je ovzduším, podpovrchovými plyny, půdou, sedimenty a horninami. Biologický metabolismus má biochemickou podstatu a je zprostředkováván zejména mikroorganismy v povrchových a mělkých podpovrchových vodách. Antropogenní činností je ovlivňováno složení vod jednak tím, že vody jsou znečišťovány odpady, jednak čištěny v úpravnách vody. Rovněž se mění jejich přirozený oběh závlahami,

drenážemi a vodními díly. Fyzikální procesy zahrnují mísení vod různého složení, vypařování a var přírodních vod, proudění vody v povrchových i podpovrchových nádržích a hydrodynamickou dispersi rozpuštěných látek. Jednotlivé typy procesů se projevují různou intenzitou v různých druzích vod. Zejména se liší jejich působení v říčních a jezerních vodách od jejich působení v mořských zátokách a mořích, v nádržích prostých podzemních vod, v minerálních vodách a termálních vodách. (PAČES, 1982)

Voda vyskytující se v přírodě není chemicky čistá. Vždy obsahuje rozpuštěné plyny a rozpuštěné a nerozpuštěné anorganické a organické látky. Některé látky přijímá již v atmosféře, ale k jejímu hlavnímu obohacování rozpuštěnými látkami dochází při infiltraci půdou a horninami. Antropogenním zdrojem anorganických a organických látek v přírodních vodách jsou průmyslové a splaškové odpadní vody a nečistoty z ovzduší.

Látky obsažené ve vodách se z chemického hlediska dělí na anorganické a organické. Z fyzikálního hlediska mohou být přítomné buď v pravých roztocích jako iontově rozpuštěné látky (elektrolyty), nebo jako neiontově rozpuštěné látky (neelektrolyty) popřípadě jako látky nerozpuštěné (neusaditelné, usaditelné a vzplývavé). Mezi iontově rozpuštěné látky patří z kationtů zejména vápník, hořčík, sodík a draslík a z aniontů zejména hydrogenuhličitan, sírany, chloridy a dusičnany. Všechny tyto látky patří do základního složení přírodních a užitkových vod a musí se s nimi počítat při všech hmotnostních a látkových bilancích. (PITTER, 1999)

Formy amoniakálního dusíku NH_3 a NH_4^+ vykazují rozdílnou toxicitu stejně jako H_2S , HS^- a S^{2-} . Toxické jsou především nedisociované formy, a proto bývají v požadavcích na jakost některých vod samostatně limitovány. (PITTER, 1999)

Z fyzikálního a chemického hlediska se anorganické látky vyskytují ve vodách v rozličných formách, které se projevují různým způsobem. Mají rozdílné fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Proto vlastnosti vod nezávisí jenom na celkové

koncentraci jednotlivých prvků, ale také na formách jejich výskytu. Hovoří se také o speciaci jednotlivých prvků. (PITTER, 1999)

Základní metody chemického rozboru vod stanovují vždy celkovou koncentraci dané složky, do které jsou zahrnuty všechny přítomné formy výskytu. Diskuse o zastoupení různých forem existence dané složky patří do oblasti správné interpretace výsledků, která však vyžaduje dostatečnou odbornou erudici pracovníka, který tuto interpretaci provádí.

Různé formy výskytu prvků a jejich distribuce ve vodě jsou výsledkem proteolytických, komplexotvorných, oxidačně-redukčních a polymeračních reakcí probíhajících ve vodě. Nutnost rozlišování různých forem výskytu patří mezi moderní hydrochemické přístupy. Z anorganických aniontů, běžně přítomných ve vodách, kompletují poměrně snadno uhličitany, sírany a fluoridy, na rozdíl od dusičnanů, chloridů a dusitanů. (PITTER, 1999)

2.2.2.1. Chemické složení atmosférických vod

Základní chemické složení srážkových vod odpovídá z kvalitativního hlediska základnímu složení podzemních a povrchových vod. Jsou zde však určité rozdíly kvantitativní. Hodnota celkové mineralizace je u srážek neznečištěných antropogenní činností obvykle pod $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a někdy i menší než $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. U srážek znečištěných antropogenní činností se může pohybovat v desítkách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Z kationtů obvykle dominuje kationt amonný. Pořadí ostatních kationtů závisí na znečištění a lokalitě. U kyselých srážek se na bilanci kationtů významně podílí H^+ . U srážek znečištěných antropogenní činností dominují z aniontů sírany a dusičnany. Srážkové vody mohou být významným zdrojem nutrientů (N, P), toxických kovů a ostatních látek v povrchových vodách a eventuálně i v mělkých podzemních vodách. Srážkové vody patří mezi významné plošné zdroje znečištění povrchových vod a jsou hlavní příčinou jejich acidifikace. (PITTER, 1999)

2.2.2.2. Chemické složení podzemních vod

Chemické složení podzemních vod může být velmi rozmanité. Dominujícím kationtem bývá především vápník, dále to může být sodík nebo i hořčík. Dominujícím aniontem bývají především hydrogenuhličitan, dále to mohou být sírany nebo i chloridy. Draslík, dusičnany a amoniakální dusík (na rozdíl od vod srážkových) nejsou převládající složkou. Celková mineralizace prostých podzemních vod se pohybuje obvykle ve stovkách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a horní klasifikační hranicí je $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Složení podzemních vod se mění během cirkulace v horninovém prostředí, přičemž dochází k vertikální a horizontální hydrochemické zonálnosti. Podzemní vody se z hydrochemického hlediska klasifikují podle převládajících iontů a podle charakteristických iontových kombinací. (PITTER, 1999)

Podpovrchová voda při svém průsaku horninovým prostředím rozpouští minerály a obohacuje se o minerální látky. Chemické složení tedy závisí jak na složení horninového prostředí, tak na délce a době prosakování vody. Složení podpovrchových vod je rovněž ovlivňováno příronem vod a plynů z hlubokých částí zemské kůry, odkud jsou tyto složky vytěšňovány při stlačování a zahřívání hornin. Některé podpovrchové vody, které prosakují horninami krátkou dobu, mají chemické složení blízké srážkové vodě. Na druhé straně existují podzemní vody, v nichž obsah rozpuštěných látek mnohokrát přesahuje koncentraci, se kterou se setkáváme v mořské vodě. (PAČES, 1982)

2.2.2.3. Chemické složení povrchových vod

Základním kvalitativním složením se povrchové vody od podzemních příliš neliší. Rozdíl je v poměrném zastoupení jednotlivých složek. Chemická rozmanitost je u většiny povrchových vod menší než u podzemních vod (s výjimkou bezodtokových jezer). Nejčastějším základním hydrochemickým typem je typ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, popřípadě $\text{SO}_4\text{-Ca}$. V porovnání s podzemními vodami obsahují povrchové vody vyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku, nerozpuštěných látek, sloučenin dusíku a fosforu (povrchové vody nejsou chráněny proti antropogennímu znečištění) a organických látek (jak přírodního původu, tak původu antropogenního) a naopak menší koncentrace CO_2 ,

železa a manganu a mají menší celkovou mineralizaci (hodnoty nad 1 000 mg · l⁻¹ jsou výjimečné, například u bezodtokových jezer). Hodnota pH se pohybuje většinou v neutrální nebo slabě alkalické oblasti (s výjimkou acidifikovaných stojatých vod). Zatímco u podzemních vod nemá hodnota BSK₅ velký význam, patří toto stanovení mezi významné ukazatele jakosti povrchových vod. Časové změny chemického složení povrchových vod v daném profilu jsou větší než u vod podzemních v dané lokalitě (hodnoty některých ukazatelů se mohou měnit i několikanásobně).

Zvláštní pozornost vyžadují stojaté povrchové vody (nádrže, jezera). V těchto vodách dochází v důsledku časových změn oxidačně-redukčního potenciálu a acidobázických rovnováh k významné vertikální stratifikaci některých ukazatelů jakosti, která zásadně ovlivňuje způsob odběru vody pro vodárenské účely. (PITTER, 1999)

Pačes T. uvádí, že chemické složení povrchových vod je velmi proměnlivé. Ve vysokohorských bystřinách se chemické složení vody jen nepatrně liší od vody srážkové. Složení řek již naznačuje, že povrchová voda tekoucí delší dobu korytem rozpouští větší množství látek. Voda, která tvoří bezodtoková jezera, obsahuje působením vypařování velké množství sodíku a hydrogenukarbonátů. (PAČES, 1982)

▪ Kationty se ve vodním prostředí projevují podobně jako v půdě, jejich celkové množství se vyjadřuje v hmotnostních (mg) nebo látkových (mmol) jednotkách. Mezi zemědělsky významné náleží vápník, hořčík, sodík, z jednomocných draslík a amonný iont. (PITTER, 1999)

- Vápník, hořčík

Vápník a hořčík jsou v přírodě dosti rozšířeny. Vápník a hořčík se dostávají do vody rozkladem hlinitokřemičitanů vápenatých a hořečnatých a ve větších koncentracích rozpouštěním vápencem CaCO₃, dolomitu CaCO₃·MgCO₃, magnezitu MgCO₃, sádrovce CaSO₄·2H₂O a jiných minerálů. Větší obohacení podzemních vod vápníkem a hořčíkem závicí na rozpuštěném CO₂, který podstatně zvětšuje rozpustnost minerálů na bázi uhličitanů a podporuje zvětvávání hlinitokřemičitanů. V málo a středně mineralizovaných vodách se vápník a hořčík vyskytují převážně jako

jednoduché ionty Ca^{2+} a Mg^{2+} . V prostých podzemních a povrchových vodách se pohybuje koncentrace vápníku řádově od desítek až do několika set $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a koncentrace hořčíku od jednotek do několika desítek $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Hořčík je ve vodách obvykle méně zastoupen než vápník. V prostých podzemních a povrchových vodách je hmotnostní koncentrace vápníku obvykle několikanásobně vyšší než hmotnostní koncentrace hořčíku a někdy se poměr $\text{Ca} : \text{Mg}$ blíží i 10. Běžné jsou hmotnostní poměry $\text{Ca} : \text{Mg}$ kolem 4, což však odpovídá látkovému poměru je 2,4. Ve spojitosti s vápníkem a hořčíkem se v hydrochemii a technologii vody hovoří někdy o tzv. tvrdosti vody. (PITTER, 1999)

- Sodík, draslík

Sodík a draslík jsou v zemské kůře rozšířeny přibližně stejně. Do vody se uvolňují při zvětrávání některých hlinitokřemičitanů, například albitu $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, ortoklasu KAlSi_3O_8 a slíd. Ve vodách se sodík a draslík vyskytují převážně jako jednoduché kationty Na^+ a K^+ , protože jejich kompletační schopnost je malá. Sodík a draslík patří mezi čtyři základní kationty přírodních a užitkových vod, ale z kvantitativního hlediska se obvykle řadí až za vápník a hořčík. Sodík a draslík v povrchových a podzemních vodách nejsou hygienicky významné a jejich koncentrace není limitována. Sodík a draslík mají však významnou úlohu při klasifikaci chemického složení vod, při úvahách o genezi podzemních vod a při kontrole výsledků chemického rozboru vody. Proto by se mělo stát stanovení sodíku a draslíku běžnou součástí chemického rozboru vody. (PITTER, 1999)

- Anionty jsou zastoupeny solemi silných minerálních kyselin (solné Cl^- , sírové SO_4^{2-} , dusičné NO_3^- , fosforečné PO_4^{3-} a slabé kyseliny uhličitě HCO_3^-). Ze zemědělského hlediska mají význam především dusičnany.

- Dusičnany

Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Dalším zdrojem je hnojení zemědělsky obhospodařované půdy dusíkatými hnojivy. Dusičnany

se vyskytují téměř ve všech vodách a patří mezi čtyři hlavní anionty. Dusičnany vykazují významnou sezónní variabilitu a obecně jsou vyšší v předjaří a na jaře, poněvadž nemají přes zimu jako produkty probíhající nitrifikace odpovídající možnosti odběru biomasou rostlin. Jejich náhlé zvýšení ve vodě v období vegetace je většinou zaviněno nešetrnou (jednorázovou) aplikací ledkových hnojiv nebo mimořádně výrazným zásahem na půdě v povodí. (KVÍTEK, 2005)

Dusičnany samy o sobě jsou málo škodlivé. Mohou však škodit nepřímo tím, že se v gastrointestinálním traktu mohou redukovat bakteriální činností na toxičtější dusitany. Dusitany reagují s hemoglobinem na methemoglobin, který v krvi nemá schopnost přenášet kyslík. (PITTER, 1999)

2.2.2.4. Chemické složení drenážních vod

Urychlení odtoku vody ze zóny aerace, které nastává vždy při drenážním odvodnění, se zpravidla projevuje i v rozdílu složení drenážních vod oproti původním vodám z odpovídající hloubky. Zvýšený obsah především minerálních látek v drenážních vodách představuje jednak ztráty živin dodaných v hnojivech a vyplavování některých stopových prvků, jednak následně znečištění povrchových i podzemních vod.

Bezprostředně po odvodnění půd a jejich vyhnojení mají drenážní vody značně nepříznivé fyzikálně chemické vlastnosti. Rozrušením půdního profilu při výstavbě drenáže se zvýší koncentrace většiny chemických složek v drenážních vodách, zvyšuje se obsah dusičnanů. Průměrný obsah dusičnanů v drenážních vodách bývá přímo úměrný výši ročních srážek a drenážních odtoků, obsah fosforečnanů nikoliv. (KLINER, KNĚŽEK, OLMER, 1978)

Drenážní systémy mají v povodí Kopanického toku vyšší koncentrace nitrátů než pramenné vývěry a byl též prokázán vliv kultur na koncentraci nitrátových iontů ve vodě. Tyto skutečnosti lze vysvětlit daleko vyšším provzdušením půdy drenážních systémů, kratší dobou možné denitrifikace dusíku v půdním profilu, resp. vyšším provzdušením orné půdy než lučních a lesních ploch. (KVÍTEK, 1994)

Koncentrace železa v drenážních vodách se řídí geologickým podložím a hydrologickými podmínkami v povodí. Přechod železa do roztoku ovlivňuje koncentrace CO₂ a huminových kyselin a činnost specifických bakterií oxidující železo. Koncentrace nitrátů významně klesá i při průtočné retardaci vody v systému. Snížení koncentrací všech forem dusíku v retardované vodě lze vysvětlit mikrobiální redukcí nitrátů na nitrity a amonné ionty, chemickou redukcí nitrátů, schopností půdních mikromycet používat nitráty jako zdroj dusíku pro výstavbu svých buněk, použitím nitrátů bakteriemi pouze v respiračních procesech, vzlínáním půdního roztoku z hladiny podzemní vody a jeho využitím porostem. (KVÍTEK, 1994)

V přirozeném půdním prostředí probíhá zřejmě redukce nitrátů jak biochemickou, tak chemickou cestou. Zdržení vody v drenážním systému spolu s přítomností železa a vhodného pH je důležitou podmínkou redukce anorganických forem dusíku a je jedním z opatření, které může přinést zlepšení kvality vody v zemědělském povodí. (KVÍTEK, 1994)

2.2.3. Vliv hospodaření na kvalitu vod

Intenzivní zemědělská výroba ovlivňuje výrazným způsobem kvalitu povrchových a podzemních vod. Současný rozvoj zemědělské výroby vychází z rozsáhlého nasazení mechanizace, z velkoplošného využívání chemických prostředků, zejména průmyslových hnojiv a pesticidů. Živočišná výroba je soustředěna do velkokapacitních stájí s obtížným řešením likvidace odpadních hmot. Tyto změny v zemědělské výrobě způsobují růst zemědělského znečištění zdrojů vody. Mezi zemědělskou výrobou a vodním hospodářstvím zemědělské krajiny je úzká souvislost a vzájemně se ovlivňují. Rovněž vodní eroze zejména na orné půdě, je příčinou značného zhoršení kvality povrchových vod. K hlavním zdrojům zemědělského znečišťování patří průmyslová hnojiva, většina chemických přípravků používaných v zemědělské výrobě, silážní a senážní šťávy, močůvka, kejda skotu a prasat, odpadní vody z jednotlivých zemědělských provozů. (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992)

O kvalitě vody v povodí, především dusičnanů, rozhoduje nejdříve plošný rozsah trvalých kultur v krajině spolu s plošným rozsahem vegetačního pokryvu v zimním mimovegetačním období a plošným rozsahem trvalého vegetačního pokryvu a vegetačního pokryvu v zimě na nejvíce ohrožených půdách (mělkých, propustných, odvodněných) a obsah humusu v nich, poté povětrnostní podmínky, nakonec hnojení dusíkatými látkami, které ovšem v relaci na půdní druh a hloubku profilu může hrát daleko významnější roli. Tyto závěry jsou potvrzeny řadou autorů zabývajících se monitoringem dusičnanů v povrchových vodách. (BENSON, 1992; STRAŠKRABA a kol., 1992)

K hnojení zemědělských půd se využívají především statková a průmyslová hnojiva. Z hlediska vodních zdrojů se projevují nejnepříznivěji průmyslová hnojiva, ve vodě dobře rozpustná, snadno se vyplavují nebo splavují do povrchových vod nebo se srážkovou vodou infiltrují do podzemních vod. Zvláště nepříznivě se projevují dusíkatá hnojiva na bázi dusičnanů, která se neváží na sorpční komplex půdy a snadno infiltrují do podzemních vod. Rozhodujícím činitelem ovlivňujícím v zemědělské krajině kvalitu vodních zdrojů jsou dusičnany, jejichž převážné množství pochází z hnojení, méně pak z rozkladu zbytků rostlin a z atmosférických srážek. (TLAPÁK, ŠÁLEK, LEGÁT, 1992)

Kvalitativní rozbory vod v řadě zemědělských povodích dokazují, že jakost povrchových vod například v oblasti dusičnanového zatížení se v posledních letech výrazně nezlepšila. Dusičnany ve vodách jsou výrazným antropogenním faktorem, který velmi dobře definuje narušenost přírodního prostředí, respektive jeho autoregulační stabilitu. Každý systém je stabilní, pokud:

- a) charakteristika systému nevykazuje klesající nebo stoupající tendenci, to je trend přímky je rovnoběžný s osou x,
- b) můžeme statisticky popsat amplitudu a stupeň periodicity oscilací kolem trendu bez ohledu na frekvenci a rozptyl. (KVÍTEK, 1999)

Příčiny zvýšeného vyplavování dusičnanů do povrchových a podzemních vod jsou velmi variabilní. Vyplavování dusičnanů je pod trvalými travními porosty průkazně nižší než u orných půd. (NJOS, 1994)

V období vegetačního klidu je vyplavování dusičnanů několikanásobně vyšší než v období vegetačním (REPKA, 1991; AMSTRONG, BURT, 1993)

V období vegetačního klidu, v závislosti na vývoji povětrnostních faktorů se pravděpodobně rozhoduje o koncentracích dusičnanů v závislosti na kultuře v následném období, resp. v celém roce. Nejvyšší ztráty jsou na plochách ponechaných v zimním období bez plodiny a na jaře osetých jarním ječmenem. Výrazně menší vyplavování dusičnanů (pět až sedmkrát) je na plochách osetých travní směsí, na jaře zaoraných a osetých jarním ječmenem. (PARKINSON, 1993) Rozsah trvalých porostů (les a louky) v krajině určuje kvalitativní parametry vody v povodí pro obsahy dusičnanů. (KVÍTEK, 1994)

Na základě provedené analýzy koncentrace dusičnanů na 28 povodích OSMS Pelhřimov a na pěti povodích Povodí Vltavy, a. s., a podrobné analýzy na povodí Kopaninského toku byl zjištěn na 27 povodích OSMS vzestupný trend, jedenkrát byl zjištěn sestupný trend. Byla prokázána velká nestabilita a narušenost ekosystému vodní nádrže Švihov. Nárůst trendové složky je pravděpodobně důsledkem změny povětrnostních podmínek, především srážek. Absolutní hodnoty koncentrací dusičnanů jsou s velkou pravděpodobností ovlivněny stupněm zornění půd v jednotlivých povodích. Sezónní separací časových řad bylo potvrzeno, že velká část dusičnanů pochází z plošných zdrojů znečištění, především ze zorněných ploch. (KVÍTEK, 1999)

Hydrologické poměry malých povodí jsou ovlivněny mimo jiné zejména způsobem hospodaření na zemědělské půdě. Se změnami politickými jdou často ruku v ruce změny v koncepci využívání krajiny, dochází k útlumu či naopak k zintenzivnění zásahů do zemědělské krajiny, novým směrům ve využívání půdy i v ochraně přírodních zdrojů. Změny hospodaření se promítají do odtokových poměrů v dotčených povodích. (PODHRÁZSKÁ, 2004)

Snížit znečištění vod dusičnany ze zemědělských zdrojů je hlavním cílem směrnice Rady evropských společenství k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů č. 91/676/EHS, takzvané „nitratové směrnice“. Požadavky této směrnice jsou již implementovány do právního řádu České republiky. Například § 33 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) definuje tzv. „zranitelné oblasti“. Tyto oblasti jsou stanoveny nařízením vlády ČR č. 103/2003 Sb. spolu s povinnými způsoby hospodaření v těchto oblastech. Bude nezbytné upravit systém hnojení statkovými a průmyslovými dusíkatými hnojivy tak, aby bylo minimalizováno riziko vyplavování dusíkatých sloučenin do podzemních vod a přitom bylo dosahováno ekonomicky přijatelných výnosů. (ZAVADIL, DOLEŽAL, VACEK, 2004)

Z prací řady autorů (BRUGGER, 1975; MOCIK, BIELEK, 1982; ŠÍPEK, 1982; DAMAŠKA, 1985; KVÍTEK, 1999) je zřejmé, že v průběhu roku jsou největší množství dusičnanů z půdy vyplavována právě v období od podzimu do časného jara. Hlavní příčinou vyššího odnosu dusíku v předjaří a na jaře je pravděpodobně způsobeno vyšší teplotou vzduchu a tím příznivější podmínky pro mineralizaci organické hmoty a nitrifikaci dusíku, ale také vyšší objem prosáklých lyzimetrických vod. Zde se zčásti jedná o artefakt způsobený tím, že dočasná hladina podzemní vody v makropórech v předjaří krátce stoupne nad úroveň lyzimetru; ty pak drénují vodu ze širšího okolí, a tak z nich vytéká více vody, než by odpovídalo skutečným poměrům v neporušeném půdním profilu. Roční odnosy dusíku vyplavováním do podloží orné půdy uváděné v literatuře se pohybují v širokém rozmezí od několika kg do několika desítek kg na hektar v závislosti na řadě faktorů (povětrnostních a půdních podmínkách, druhu plodiny, hnojení aj.). Například NEUBERG a kol. (1991) odhadli množství dusíku vyplaveného na orné půdě za rok na $1 - 31 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. K vyplavování do drenáží a do podzemních vod dochází prostřednictvím půdních makropórů, ve kterých má voda přibližně stejnou koncentraci škodlivin jako voda v lyzimetrech (zařízení na měření velikosti výparu vody z půdy). Dávky dusíku jsou při aplikaci kvalitního chlévského hnoje a kejdy velmi vysoké. Z hlediska ochrany vod před kontaminací dusičnany je proto třeba stanovovat dávky statkových hnojiv co nejpřesněji s ohledem na obsah dusíku (minerálního i organického) jak v hnojivu, tak v půdě. Při správném hnojení a

závlaze lze minimalizovat riziko znečištění vod dusičnany a docílit přitom vysokých a stabilních výnosů. (ZAVADIL, DOLEŽAL, VACEK, 2004)

U drenážních vod je zřejmý i určitý vliv kultur na koncentraci nitrátů ve vodě ve vztahu k rozmístění kultur v infiltračních a infiltračně-transportních zónách. Lze konstatovat možnost snížení nitrátového zatížení povrchových a podpovrchových vod zatravněním jejich infiltračních oblastí a zatravněním vlastních drenážních systémů, čímž by se zmenšil průsak vody půdním profilem a vzhledem k celoročnímu vegetačnímu pokryvu a vícesečnosti porostu se sníží koncentrace iontů dusíku v mineralizačních fázích. Možnost snížení nitrátového zatížení povrchových a podzemních vod zatravněním infiltračních oblastí drenážních systémů a retardací vody v drenážních systémech je reálná. (KVÍTEK, 1994)

V podmínkách příznivých pro nitrifikaci se mohou půdy trvalých travních porostů změnit z konzumenta nitrátů v jejich producenta, a to nikoliv zanedbatelného. (ULRICH, SEIFERT, 1979)

Změny využívání pozemků mohou mít velmi různý vliv jak na všechny složky hydrologické bilance, zejména na infiltraci a průsak vody půdním profilem, retenci vody v půdě, transpiraci a evapotranspiraci, povrchový odtok, doplňování zásob podzemních vod, tak i na kvalitu vody daných lokalit a oblastí. Při extenzivním obhospodařování ve srovnání s konvenčním způsobem využití je zjišťován pozvolnější vývoj travního porostu a nižší odběr vody. (GEREINER, GROSSKOPF, 1990; DAHMEN, 1990)

Zásady správné zemědělské praxe pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů stanovují požadavky na zemědělskou činnost s cílem omezit úniky dusičnanů do povrchových a podzemních vod. Zásady rozpracované do akčních programů jsou závazné pro zranitelné oblasti České republiky, na ostatním území jsou doporučeny. Zásady pro ochranu vod před znečištěním dusičnany jsou součástí širších zásad správné zemědělské praxe. Jejich dodržování je podmínkou účasti v podpůrných programech. (KVÍTEK, 2005)

Kontrola plnění zásad přísluší územně správním úřadům všech stupňů, České inspekci životního prostředí, vodoprávním úřadům, okresním orgánům hygienické služby, Ústřednímu kontrolnímu a zkušebnímu ústavu zemědělskému, Státní veterinární správě a zařízením Mze ČR. Pokud je zvláštními předpisy stanoven přísnější režim hospodaření (ochranná pásma vodních zdrojů), platí tyto zvláštní předpisy nad rámec uvedených zásad. Doposud není vyhodnocena účinnost navrhovaných opatření. (KVÍTEK, 2005)

2.3. Geografické informační systémy

Geografický informační systém (GIS) je počítačový systém pro ukládání a organizaci prostorových informací, sloužící mimo jiné i pro hodnocení a výzkum složek životního prostředí.

Využívání technologie GIS je v mnoha oborech lidské činnosti dnes běžnou praxí. Mohutný rozmach této technologie se nevyhnul ani zemědělství ani vodnímu hospodářství. (SRINIVASAN, ARNOLD, 1993; MELLEROWICZ et al., 1994)

Již dlouhodobou tradici má využívání GIS v ochraně přírody, ekologických studiích a syntézách a krajinném inženýrství. Zajímavé jsou aplikace GIS při tvorbě dokumentů územních systémů ekologické stability. Další využití GIS je v oblasti geomorfologie při vytváření geomorfologických analýz, které se nejčastěji vykonávají v těsné vazbě na digitální modely terénu. Obhospodařování přírodních zdrojů a v rámci toho zvláště zemědělství a lesnictví je možné považovat za tradiční oblast aplikací GIS. Tradiční je orientace aplikací GIS v lesnictví na oblast úpravy lesů a tvorby lesních hospodářských plánů. Práce orientované do oblastí hydrologie, meliorací a regulací se začínají projevovat techničtější orientací, např. informace o budování geografického informačního systému povodí a modelování rizika eutrofizace v povodí. (TUČEK, 1998)

Ve VÚMOP Praha jsou touto technologií zpracovány půdní mapy. Při doplnění dalších vrstev do GIS lze pak výsledky jejich syntézy používat v mnoha výzkumných

programech s možnou následnou plošnou aplikací pro různé organizace státní správy. (KVÍTEK, 1995)

Je poměrně těžké jednoznačně definovat GIS, neboť existuje více různých přístupů k této problematice. Populární jsou definice založené na funkčních vlastnostech. Hlavní důvod těžkostí při definování GIS souvisí se stanovením hlavního ohniska zájmu o GIS. Někteří ho vidí v hardwarových a softwarových složkách, jiní tvrdí, že je to zpracování dat či aplikačních oblastí. Tyto diskuse nebyly nikdy definitivně uzavřeny a čas-vývoj pro ně přináší stále nové podněty.

Všeobecně jsou GIS většinou chápány jako speciální případ informačního systému. Uvádím některé definice:

„Informační systém, který je určený na práci s daty opatřenými prostorovými nebo geografickými souřadnicemi. Jinými slovy, GIS je také jako databázový systém se specifickými schopnostmi pro prostorově – referenční data, tak jako soubor operací pro analýzu těchto dat.“ (STAR, ESTES, 1990)

„Jakýkoliv soubor manuálních nebo počítačových procedur používaných k ukládání a manipulaci geografických definovaných údajů.“ (ARONOFF, 1989)

BORROUGH (1986) definuje GIS jako „skupinu nástrojů pro sběr, ukládání, vyhledávání, transformaci, analýzu, a zobrazení prostorových dat z reálného světa z hlediska jejich polohy k definovanému souřadnicovému systému, jejich popisných – atributových vlastností a jejich prostorových vztahů k jiným geografickým objektům, topologii“.

Nejčastěji používaná a také obecně použitelná je definice firmy Environmental Systems Research Institute (ESRI) kde ve svých materiálech k ArcInfo definuje GIS jako „organizovaný soubor počítačového hardwaru, softwaru a geografických údajů navržených na efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analýzu a zobrazení všech forem geografických informací“. Rozlišuje 4 komponenty tvořící GIS: hardware, software, prostorová data a vyškolený personál.

Definice spojuje společný rys – charakterizuje GIS jako systém, který je schopný analyzovat prostorové údaje.

2.3.1. Vstup dat

Naplnění databáze je časově nejdelším, nejkomplikovanějším a také finančně nejnáročnějším krokem v rámci projektu GIS. Pro vstup lze použít různé zdroje údajů: mapy v analogové i digitální podobě, náčrty v daném souřadnicovém systému, fotogrammetrické podklady, údaje z DPZ v analogové i digitální podobě, údaje z geodetických měření, statistické údaje vztahující se k různým lokalitám, digitalizované údaje z jiných systémů, výkresy CAD systémů atd. (KLUFOVÁ, 2000)

2.3.2. Geografická data jako model skutečnosti

Výhodou GISů ve srovnání s analogovými mapami je, že důsledně oddělují obě funkce map - tedy ukládání geografických dat a jejich prezentaci a přidávají ještě další možnosti, jako jsou například prostorové analýzy dat. Stejná data pak mohou být snadno aktualizována, analyzována a prezentována různými způsoby a lze tak uspokojit odlišné požadavky uživatelů při mnohem menší potřebě kompromisů. (KLUFOVÁ, 2000)

Programy GIS jsou obvykle použitelné jak pro osobní počítač, tak pro pracovní stanice. Na trhu je velký počet programů od různých firem.

V počítačových GIS jsou geografické objekty prezentovány jen na první pohled podobně jako na mapách, tedy jako body, čáry a plochy. Pro efektivní počítačové využití jsou tyto prvky reprezentující objekty organizovány zcela jinak, než jsou organizovány v klasické mapě. Naopak geografické údaje mají některé charakteristiky, které se odlišují od jiných běžných souborů údajů, používaných v informačních systémech. Lidské oko na klasické mapě dokonale rozpoznává všechny vlastnosti objektů. Lokalizaci, velikost, tvar, vztah k jiným objektům a s využitím legendy i jejich

vlastnosti. Pro počítač je nutné všechny tyto okolnosti určitým způsobem zakódovat a uložit do souborů.

Existují dva základní způsoby prezentace údajů v GIS:

1. explicitní (rastrová) reprezentace nazývaná též mozaiková (tesselační), vychází z modelování polí – absolutního modelování prostoru
2. implicitní (vektorová) reprezentace, vychází z objektového - relativního modelování prostoru. (RAPANT, 2000)

V současném období ztrácí význam dělení GIS podle datového modelu na rastrové nebo vektorové. Programy pracují rovnocenně s oběma typy dat, např. ARC/INFO nebo MGE. (ŠIMONIDES, 2000)

Významné firmy v oblasti tvorby programů GIS zvolili tzv. uživatelskou strategii, založenou na třech úrovních práce s geografickými daty:

První skupina představuje „pravé“ GIS, schopné vykonávat všechny funkce charakteristické pro tento druh programů. Jejich hlavní úlohou je tvorba geografických databází, zpracování dat a jejich analýzy. Cena je velmi vysoká a vyžaduje náročné technické zařízení.

Druhá skupina představuje produkty, které jsou účinné pro poměrně široký okruh pracovníků (státní správa, výzkum). GISy využívají k vyhledávání dat a k různým jednoduchým analýzám. Programy v této skupině jsou poměrně jednoduché. Například ArcView (ESRI) a GeoMedia.

Třetí skupina programů je volně přístupná (např. ArcExplorer na webovské stránce ESRI). Slouží k prohlížení existujících geografických databází, které není možné měnit, doplňovat atd. (ŠIMONIDES, 2000)

2.3.3. Aplikace GIS ve VÚMOP

V současné době jsou ve VÚMOP vedeny nejméně tři GIS databáze:

1. Půdoznalecká databáze
2. Ochrana malých vodních toků
3. Databáze ložisek humolitů

Půdoznalecká databáze je nejrozsáhlejší projekt. Představuje několik vrstev rozdělených do třech kategorií. Na půdoznaleckou databázi je přímo navázána Databáze humolitů ČR obsahující GIS data databáze rašelinných ložisek. Tato databáze je v současné době zpracována podobně jako databáze úkolu Ochrana malých vodních toků. V současné době jsou tyto databáze přístupné jen lokálně v rámci internetu VÚMOP. Řeší se programové vybavení, které umožní přistupovat k databázi pomocí prostředků internetu.

V současné době jsou pro povodí Kopaninského toku k dispozici v digitalizované formě tyto mapové podklady:

- vodohospodářská mapa,
- současný stav trvalých kultur – vyhodnocení leteckých snímků od roku 1948 do roku 1992 po pěti letech,
- mapa BPEJ,
- mapa geomorfologických zón – infiltrační, transportní, akumulární,
- mapa odvodňovacích staveb,
- mapa kvality vody v 18 monitorovaných bodech.

Některé mapové podklady byly zjišťovány rekognoskací terénu a byly zpracovány na základě dílčích metodik konkrétní vrstvy GIS. (KVÍTEK, 1995)

3. Materiál a metody

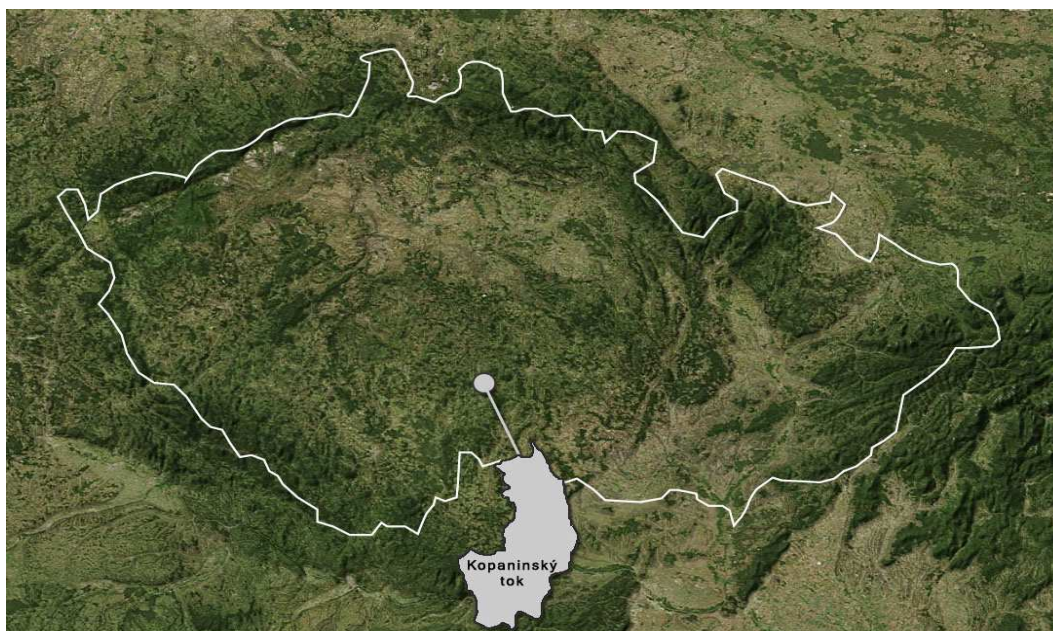
3.1. Charakteristika Kopaninského toku

V experimentálním povodí Kopaninského toku je sledována kvalita vody ze sedmi dílčích povodí s různým zastoupením kultur, dále z pramenů a drenáží.

Zájmové území náleží podle geomorfologického členění do provincie Česká Vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava, oblasti Českomoravská vrchovina, celku Křemešnická vrchovina, podcelku Želivská pahorkatina, okrsku Hořepnická pahorkatina. Hořepnická pahorkatina je plochou pahorkatinou se zarovnaným povrchem rozřezaným neckovitými údolími vodních toků tvořená rulami a křemenci s vystupujícími křemencovými suky. Území náleží k erozně denudačnímu typu reliéfu.

Povodí Kopaninského toku hydrologické číslo 1-09-02-031 je součástí povodí říčky Hejlovky, která je přítokem řeky Želivky. Nalézá se v okrese Pelhřimov – Pelhřimovská vrchovina. Území je vymezeno rozvodnicí povodí Kopaninského potoka. Kopaninský potok je levostranným přítokem Jankovského potoka. Zeměpisná poloha místa vtoku Kopaninského toku do Jankovského potoka představuje 49° 28' s. š. a 15° 17' v. d. Nadmořská výška v místě pramene Kopaninského toku je 578 metrů, v místě ústí toku 467 metrů. Průměrná nadmořská výška Kopaninského toku je 523 metrů. Celé povodí leží severovýchodně od Pelhřimova ve výseči tvořené silnicemi I. třídy č. 34 a č. 19. Rozloha povodí Kopaninského toku činí 6,6891 km² s délkou toku 5,9 km. Průměrný sklon hlavní údolnice činí 2,6 %.

Obr. č. 1: Umístění a tvar povodí Kopaninského toku



zdroj: www.hydroreliorace.cz

Klimatická oblast je mírně teplá, mírně vlhká, vrchovinová – B5, kterou charakterizuje normální až krátké léto, mírné až mírně chladné, suché až mírně suché, přechodné období normální až dlouhé, s mírným jarem a podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně chladná, suchá až mírně suchá s normální až krátkou sněhovou pokrývkou. Dlouhodobý průměr srážek $R = 665$ mm. Srážkový úhrn ve vegetačním období se pohybuje od 350 do 450 mm, v zimních měsících od 250 do 300 mm. Průměrná denní teplota vzduchu $t = 7$ °C, $t(\text{veg}) = 13$ °C. Počet letních dní je v zájmovém území 30 – 40, počet dní se sněhovou pokrývkou 60 – 100.

Geologický podklad je pararula. Povodí Kopaninského potoka je součástí hydrogeologického rajónu 652 – Krystalinikum v povodí Sázavy zahrnující povodí Želivky a povodí Sázavy po Zruč nad Sázavou. Horniny krystalinika mají sníženou puklinovou propustnost, která v dosahu zvětrávacích procesů závisí hlavně na charakteru zvětralin. Relativně lepší puklinovou propustnost mají granitoidy moldanubického plutonu vyskytující se v jižní části. Z kvartérních sedimentů mají větší hydrogeologický význam fluviální akumulace sedimentů údolních niv a některá mocnější eluvia. Propustnost kvartéru se mění podle uloženin. Pro území jsou charakteristické mělké zvodně vázané na povrchovou zónu kvartérních uloženin, zónu

zvětrávání, případně přípovrchového rozpojení hornin. Oběh vody má lokální charakter. Infiltrace probíhá v celé ploše kolektoru v závislosti na propustnosti zvětralinového pláště. K odvodňování dochází v úrovni nebo nad místní erozní bází.

Zemědělská oblast představuje subtyp bramborářsko-žitný. Převažujícím půdním typem je hnědá půda kyselá, v nivních polohách půdy s různými stupni oglejení. Co se týče svážitosti pozemku, převažují 2 až 5° v rozsahu až do 20°. Zastoupení kultur je následující: orná půda 52 %, les 30 %, louky a pastviny 14 %, zastavěné a technogenní plochy 6,2 % a vodní plochy 0,7 %. Odvodněno je 10 % území, to je 82,5 ha, což je 16 % ze zemědělské půdy.

Obr. č. 2: Detailní pohled na mikropovodí P23



zdroj: VÚMOP

Tabulka č. 1: Základní parametry Kopaninského toku

Zeměpisná šířka	49° 28' N
Zeměpisná délka	15° 17' E
Nadmořská výška	467-578 (523) m. n. m.
Rozloha povodí	6,6891 km ²
Délka hlavního toku	5,9 km
Orná půda	52 %
Les	30 %
Louky a pastviny	14 %
Vodní plochy	0,7 %
Odvodněné území	10 %
Dlouhodobý průměr srážek	665 mm
Průměrná denní teplota vzduchu	7° C

3.1.1. Mikropovodí Kopaninského potoka

Mikropovodí T1

V mikropovodí T1 má orná půda výměru 6,07 ha. Louky zde zaujímají plochu 1,28 ha a lesy 19,06 ha. Ostatní plochy tvoří 0,75 ha. Celková výměra je 27,16 ha. KES = 2,99. Vcelku vyvážená krajina.

Tabulka č. 2: Mikropovodí T1

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Orná půda	6,07	22,35
Zahrady	0,01	0,03
Louky	1,28	4,73
Lesy	19,06	70,16
Zastavěné plochy	0,05	0,20
Ostatní plochy	0,69	2,53
Celková výměra	27,16	100

Mikropovodí T3 bez T + P

Orná půda v mikropovodí T3 bez T + P má výměru 18,55 ha. Louky zde zaujímají plochu 13,19 ha a lesy 20,61 ha. Zbytek, 2,66 ha, je tvořen zahradami, ovocnými sady, zastavěnými a ostatními plochami. Celková výměra je 55,01 ha. KES = 1,70. Vcelku vyvážená krajina.

Tabulka č. 3: Mikropovodí T3 bez T + P

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Orná půda	18,55	33,72
Zahrady	0,45	0,81
Ovocné sady	0,39	0,71
Louky	13,19	23,97
Lesy	20,61	37,47
Zastavěné plochy	0,17	0,31
Ostatní plochy	1,65	3,01
Celková výměra	55,01	100

Mikropovodí T7 bez T + P

Mikropovodí T7 bez T + P má největší výměru ze všech uváděných mikropovodí. Celková výměra činí 248,41 ha. Louky zde zaujímají plochu 32,58 ha a lesy 91,75 ha. Orná půda je tvořena 107,54 ha. Zahrady, vodní plochy, zastavěné plochy, pastviny a ostatní plochy tvoří 16,54 ha. KES = 1,46. Vcelku vyvážená krajina.

Tabulka č. 4: Mikropovodí T7 bez T + P

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Parcela nenalezena v SPI	1,13	0,45
Orná půda	107,54	43,29
Zahrady	1,95	0,78
Louky	32,58	13,12
Pastviny	2,71	1,09
Lesy	91,75	36,93
Vodní plochy	1,44	0,58
Zastavěné plochy	0,90	0,36
Ostatní plochy	8,42	3,39
Celková výměra	248,41	100

Mikropovodí P3 bez P33

Mikropovodí P3 bez P33 je tvořeno z 0,04 ha parcel nenalezených v SPI, z 37,83 ha orné půdy, z 0,16 ha zahrad a z 8,54 ha luk. Dále se skládá z 0,19 ha pastvin, 39,15 ha lesů, 0,04 ha vodních ploch, 0,13 ha zastavěné plochy a 1,36 ha ostatních ploch. Celková výměra činí 87,44 ha. KES = 1,22. Vcelku vyvážená krajina.

Tabulka č. 5: Mikropovodí P3 bez P33

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Parcela nenalezena v SPI	0,04	0,05
Orná půda	37,83	43,27
Zahrady	0,16	0,18
Louky	8,54	9,76
Pastviny	0,19	0,22
Lesy	39,15	44,77
Vodní plochy	0,04	0,05
Zastavěné plochy	0,13	0,15
Ostatní plochy	1,36	1,56
Celková výměra	87,44	100

Mikropovodí P33

Mikropovodí P33 je tvořeno 11,58 ha orné půdy, 2,76 ha luk, 1,72 ha lesů a 0,06 ha ostatních ploch. Dohromady je výměra 16,03 ha. KES = 0,38. Území intenzivně využívané zejména zemědělskou výrobou, s labilními agroekosystémy.

Tabulky č. 6: Mikropovodí P33

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Orná půda	11,58	72,26
Louky	2,67	16,63
Lesy	1,72	10,74
Ostatní plochy	0,06	0,37
Celková výměra	16,03	100

Mikropovodí P22 bez P21

Toto mikropovodí se skládá z 29,26 ha orné půdy, 0,25 ha zahrad, 11,73 ha luk. Dále je zde 11,11 ha lesů, 0,57 ha vodních ploch, 0,10 ha zastavěné plochy a 1,55 ha ostatních ploch. Celkový výměra mikropovodí je 54,58 ha. KES = 0,77. Území intenzivně využívané zejména zemědělskou výrobou, s labilními agroekosystémy.

Tabulka č. 7: Mikropovodí P22 bez P21

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Orná půda	29,26	53,61
Zahrady	0,25	0,45
Louky	11,73	21,50
Lesy	11,11	20,36
Vodní plochy	0,57	1,04
Zastavěné plochy	0,10	0,19
Ostatní plochy	1,55	2,85
Celková výměra	54,58	100

Mikropovodí P21

Orná půda v mikropovodí P21 má rozlohu 10,52 ha, zahrady 2,61 ha a louky 3,15 ha. Pastviny se zde rozkládají na 0,06 ha, lesy na 1,09 ha a vodní plochy na 0,48 ha. Zastavěné plochy mají výměru 1,34 ha a ostatní plochy 4,51 ha. Součet všech uvedených výměr činí 23,77 ha. KES = 0,45. Území intenzivně využívané zejména zemědělskou výrobou, s labilními agroekosystémy.

Tabulka č. 8: Mikropovodí P21

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Orná půda	10,52	44,27
Zahrady	2,61	10,97
Louky	3,15	13,26
Pastviny	0,06	0,26
Lesy	1,09	4,60
Vodní plochy	0,48	2,04
Zastavěné plochy	1,34	5,64
Ostatní plochy	4,51	18,96
Celková výměra	23,77	100

Mikropovodí P42 bez P41

Mikropovodí P42 bez P41 je tvořeno 0,02 ha parcelou nenalezenou v SPI, dále ornou půdou o výměře 4,35 ha, loukami o výměře 2,01 ha a pastvinami o výměře 0,59 ha. Součástí tohoto mikropovodí jsou lesy o výměře 10,03 ha, vodní plochy o výměře 0,79 ha a ostatní plochy o výměře 0,29 ha. Celková výměra mikropovodí je 18,09 ha. KES = 2,90. Vcelku vyvážená krajina.

Tabulka č. 9: Mikropovodí P42 bez P41

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Parcela nenalezena v SPI	0,02	0,11
Orná půda	4,35	24,07
Louky	2,01	11,11
Pastviny	0,59	3,28
Lesy	10,03	55,46
Vodní plochy	0,79	4,36
Ostatní plochy	0,29	1,61
Celková výměra	18,09	100

Mikropovodí P41

Mikropovodí P41 má celkovou rozlohu 39,29 ha. Ta je tvořena 25,39 ha orné půdy, 0,28 ha zahrad, 4,98 ha luk a 1,65 ha pastvin. Dále se náleží 5,59 ha lesů, 0,04 ha zastavěných ploch a 1,37 ha ostatních ploch. KES = 2,14. Vcelku vyvážená krajina.

Tabulka č. 10: Mikropovodí P41

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Orná půda	25,39	64,61
Zahrady	0,28	0,72
Louky	4,98	12,67
Pastviny	1,65	4,19
Lesy	5,59	14,23
Zastavěné plochy	0,04	0,10
Ostatní plochy	1,37	3,49
Celková výměra	39,29	100

Mikropovodí P52 bez P51

Mikropovodí P52 bez P51 je složeno z 0,44 ha parcel nenalezených v SPI, z 20,20 ha orné půdy, z 0,41 ha zahrad, z 0,06 ha luk, z 0,81 ha pastvin, z 34,55 ha lesů, z 0,17 ha vodních ploch, a z 1,06 ha ostatních ploch. Součet všech uvedených ploch činí 57,80 ha. KES = 1,71. Vcelku vyvážená krajina.

Tabulka č. 11: Mikropovodí P52 bez P51

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Parcela nenalezena v SPI	0,44	0,76
Orná půda	20,20	35,11
Zahrady	0,41	0,72
Louky	0,06	0,10
Pastviny	0,81	1,41
Lesy	34,55	59,78
Vodní plochy	0,17	0,30
Ostatní plochy	1,06	1,83
Celková výměra	57,80	100

Mikropovodí P51

Mikropovodí P51 je tvořeno pouze 7,12 ha lesů. Vzhledem k tomu, že mikropovodí je tvořeno pouze jednou kulturou, a to lesem, nelze vypočítat KES, protože jeho hodnota by byla rovna 0. Všeobecně lesní porost je hodnocen jako vysoce stabilní ekosystém.

Tabulka č. 12: Mikropovodí P51

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Lesy	7,12	100%
Celková výměra	7,12	100%

Mikropovodí P6

Mikropovodí P6 tvoří 12,59 ha orné půdy, 0,32 ha louky a 0,17 ha ostatní plochy. Povodí P6 se rozkládá na výměře 13,08 ha. KES = 0,03. Území maximálně narušené.

Tabulka č. 13: Mikropovodí P6

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Orná půda	12,59	96,22
Louky	0,32	2,46
Ostatní plochy	0,17	1,31
Celková výměra	13,08	100

Mikropovodí P7

V mikropovodí P7 má orná půda výměru 23,59 ha. Louky zde zaujímají plochu 1,54 ha a lesy 3,98 ha. Ostatní plochy tvoří 0,95 ha. Celková výměra je 30,06 ha. KES = 0,25. Území nadprůměrně využívané, přírodní struktury zřetelně narušené.

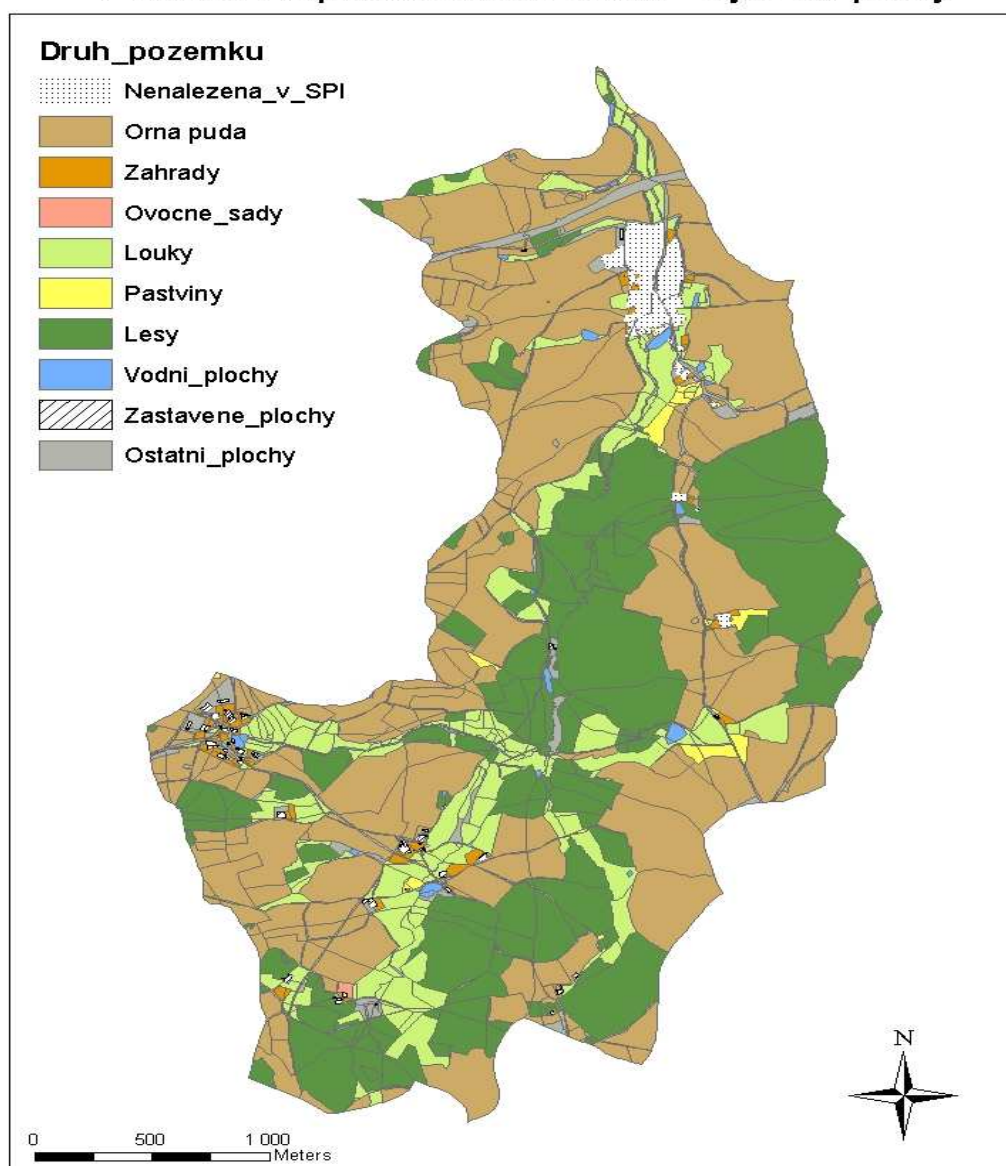
Tabulka č. 14: Mikropovodí P7

Zastoupení	Výměra v ha	Výměra v %
Parcela nenalezena v SPI	0,07	0,23
Orná půda	23,59	78,49
Zahrady	0,03	0,09
Louky	1,54	5,13
Lesy	3,98	13,26
Vodní plochy	0,29	0,95
Ostatní plochy	0,56	1,85
Celková výměra	30,06	100

Největší rozlohu má mikropovodí T7 bez T + P o výměře 248,41 ha. Nejvíce orné půdy se nachází v mikropovodí T7 bez T + P a je to 107,54 ha. Stejně tak i lesy zaujímají největší rozlohu v mikropovodí T7 bez T + P a to 91,75 ha. Vodní plochy o výměře 1,44 ha jsou svojí rozlohou největší v mikropovodí T7 bez T + P. Mikropovodí T7 bez T + P má největší zastoupení pastvin a to o výměře 2,71 ha. Celková plocha výše uvedených mikropovodí je 677,84 ha.

Obr. č. 3: Povodí Kopaninského toku – využití půdy

Povodí Kopaninského toku - využití půdy

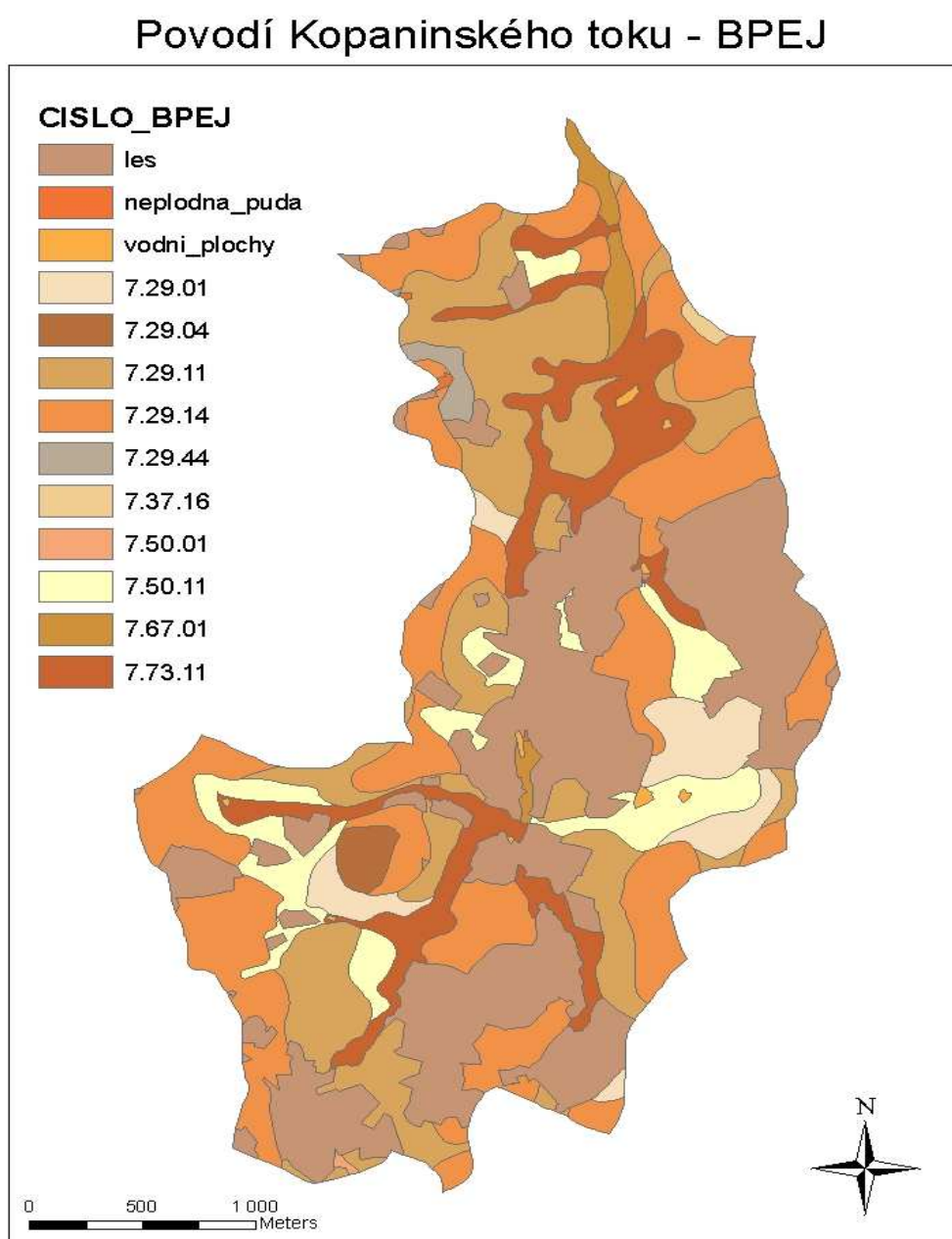


(Data dodal VÚMOP)

3.1.2. Zastoupení BPEJ v povodí Kopaninského toku

Většinu území tvoří následujících 5 nejvíce zastoupených BPEJ: 7.73.11, 7.50.11, 7.29.14, 7.29.11, 7.29.01. Pokrývají 66 % území. Ostatní území pokrývají BPEJ: 7.67.01, 7.50.01, 7.37.16, 7.29.04, dohromady 3,3 %. Lesy tvoří 30 % území a zbytek 0,7 % jsou vodní plochy.

Obr. č. 4: Povodí Kopaninského toku - BPEJ



(Data dodal VÚMOP)

Skupina hnědých půd - kambizemě jsou značeny číslem BPEJ 7. 29. 01, 7. 29. 04, 7. 29. 11, 7. 29. 14, 7. 29. 44. Jedná se o skupinu hnědých půd, která zahrnuje především půdy na pevných horninách. Hlavním třídícím znakem jsou skupiny půdotvorných substrátů s typickými agronomicko-výrobními vlastnostmi. Do této skupiny patří hnědé půdy (HP), výjimečně rendzina (RA) a rendzina hnědá (RAh) a jejich oglejené variety a hnědé půdy kyselé (HPa). Amplituda výskytu je velmi široká, agronomická hodnota a využitelnost je určována zejména reliéfem terénu, skeletovitostí, minerální silou a klimatickými podmínkami. Hnědé půdy jsou typické půdy pahorkatina nižších a středních poloh vrchovin. Ve vyšších polohách nepravidelně navazují na silně kyselé hnědé a rezivé půdy. Ve vlhčím klimatickém regionu (KR) 7 má znaky slabého oglejení, jsou přítomny slídy a půdy jsou s nižší vodopropustností. Výměra je 4401741,8 m².

- 7. 29. 01 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ je kambizemě modální eu – až mezobazické (KAme – Kama) včetně slabě oglejených variet (g), středně těžká lehčí (ph). Sklonitost - půda v rovině 0 – 3 stupňů bez rozlišení expozice. Bezskeletovitá až slabě skeletovitá, hluboká půda.

- 7. 29. 04 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ je kambizemě modální eu – až mezobazické (KAme – Kama) včetně slabě oglejených variet (g), středně těžká lehčí (ph). Sklonitost - půda v rovině 0 – 3 stupňů bez rozlišení expozice. Středně skeletovitá, hluboká až středně hluboká půda.

- 7. 29. 11 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ je kambizemě modální eu – až mezobazické (KAme – Kama) včetně slabě oglejených variet (g), středně těžká lehčí (ph). Sklonitost - půda v mírném svahu 3 – 7 stupňů, bez rozlišení expozice. Bezskeletovitá až slabě skeletovitá, hluboká půda.

- 7. 29. 14 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ je kambizemě modální eu – až mezobazické (KAme – Kama) včetně slabě oglejených variet (g), středně těžká lehčí (ph). Sklonitost - půda v mírném svahu 3 – 7 stupňů, bez rozlišení expozice. Středně skeletovitá, hluboká až středně hluboká půda.

- 7. 29. 44 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ je kambizemě modální eu – až mezobazické (KAme – Kama) včetně slabě oglejených variet (g), středně těžká lehčí (ph). Sklonitost - půda ve středním svahu 7 – 12 stupňů s jižní expozicí. Středně skeletovitá, hluboká až středně hluboká půda.

Skupina mělkých půd – kambizemě, rankery, litozemě zahrnují půdy vyznačující se mělkostí profilu a převážně výraznou skeletovitostí. Do skupiny mělkých půd jsou řezeny všechny půdní typy, které mají uvedené vlastnosti. Za mělké půdy se považují i půdy s výraznou skeletovitostí, s větší velikostí kamene, která podstatně zhoršuje agrotechnické zásahy, zejména při používání velkovýrobních technologií. Tyto půdy jsou označovány jako BPEJ 7. 37. 16. Výměra půdy v této BPEJ je 17581,3 m².

- 7. 37. 16 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ jsou kambizemě litické (KAt), kambizemě modální (KAm), kambizemě rankerové (KAs), rankery modální (RNm), jemnozeme lehčí, středně těžká až lehká. Sklonitost – půda v mírném sklonu 3 – 7 stupňů bez rozlišení expozice. Středně skeletovitá, mělká půda.

Skupina půd označených jako BPEJ 7. 50. 01 a 7. 50. 11 patří do skupiny oglejených půd – pseudogleje. Základním znakem této skupiny půd je periodické převlhčování profilu, především v jarním období. Typické oglejené půdy mají světle šedý až bělošedý nebo zelenavě šedý zesvětlený horizont se silným vývojem konkréci a mramorovaný horizont s výrazným přerozdělením Fe, Mn na bělošedé až zelenavě šedé partie a okrově rezivé partie. Znaky oglejení jsou v některých případech reliktního původu a v současné době tyto půdy převážně netrpí škodlivým převlhčením. Některé oglejené půdy byly odvodněny trubkovou drenáží a měly by mít přijatelný vodní režim. Tyto půdy jsou rozšířeny v mírně teplé až chladné oblasti, kde se vyskytují v rovinatém nebo mírně sklonitém či depresním terénu. Jedná se o půdy kambizemě oglejené a pseudogleje modální. Výměra činí 642151,25 m².

- 7. 50. 01 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ jsou kambizemě oglejené (KA_g) a

pseudogleje modální (PGm), středně těžká lehčí (ph). Sklonitost – půda v rovině 0 – 3 stupňů s expozicí bez rozlišení. Bezskeletovitá až slabě skeletovitá, hluboká půda.

- 7. 50. 11 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ jsou kambizemě oglejené (KAg) a pseudogleje modální (PGm), středně těžká lehčí (ph). Sklonitost – půda v mírném svahu 3 – 7 stupňů. Bezskeletovitá až slabě skeletovitá, hluboká půda.

Půdy označené jako BPEJ 7. 67. 01 a 7. 73. 11 se nacházejí ve značně složitém reliéfu. Při vymezení HPJ bylo použito kromě genetického třídění i třídění podle charakteru reliéfu. Vedle reliéfu je druhým nejdůležitějším znakem stupeň hydromorfismu. Vyskytují se převážně na kratších svazích nebo dolních částech svahů, kde v nejnižších polohách jsou typické gleje. Stržemi rozumíme terénní útvary do šíře 50 metrů s příkrými svahy, zemědělsky neobdělátné, erozního nebo jiného původu. Jedná se o gleje modální, při vodních tocích závislé na výšce hladiny, těžko meliorovatelné. Dále se jedná o půdy kambizemě oglejené, pseudogleje glejové, gleje hydroeluviální, a povrchové, pseudogleje hydroeluviální, s výskytem svahových pramenišť. Výměra činí 988735 m².

- 7. 67. 01 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ jsou gleje modální (GLm), středně těžká až velmi těžká půda. Sklonitost - půda v rovině 0 – 3 stupňů bez rozlišení expozice. Bezskeletovitá až slabě skeletovitá, hluboká půda.

- 7. 73. 11 - Klimatický region mírně teplý, vlhký, s vyššími srážkami až přebytkem vláhy v jarním a podzimním období. HPJ jsou kambizemě oglejené (KAg), pseudogleje glejové (PGq), gleje hydroeluviální (GLw), gleje povrchové (GLE), středně těžká až velmi těžká půda. Sklonitost – půda v mírném svahu 3 – 7 stupňů. Bezskeletovitá až slabě skeletovitá, hluboká půda.

3.2. Metodika odběru

3.2.1. Četnost odběru

Odběr vzorků vody provádějí pracovníci VÚMOP Praha od 10. 6. 1992 na 12 mikropovodích Kopaninského toku v jednoměsíčních intervalech. Stejným principem bylo pokračováno až do 27. 4. 1994. Od května roku 1994 bylo původních dvanáct mikropovodí rozšířeno o další mikropovodí P33. Od 3. 1. 1995 byla četnost odběru vzorků ve všech 13 mikropovodích zvýšena na dva odběry v měsíci v rozmezí 12 až 15 dnů. V mikropovodí P3 byl naposledy odebrán vzorek 23. 5. 2005 a v tomto mikropovodí bylo měření koncentrace dusičnanů ukončeno. Poslední odběr, který je v této diplomové práci zahrnut, je ze dne 28. 5. 2007.

Celkem bylo v povodí Kopaninského toku od 10. 6. 1992 do 28. 5. 2007 odebráno 4 907 vzorků vody.

Odebrané vzorky vody byly zpracovány a vyhodnoceny v akreditované laboratoři VÚMOP Praha.

3.2.2. Technické podmínky odběru povrchových vod

Vzorek vody se odebírá nejlépe na přepadu. Pokud není vybudován, tak z proudnice v upraveném profilu vodoteče. Při odběru se nesmí zvířit usazeniny dna, neboť tím je zpravidla vzorek znehodnocen. V takovémto vzorku narůstá značně oxidovatelnost a obsah fosforu. Vzorky odebíráme do polyetylenových nebo skleněných lahví.

3.3. Hodnocené ukazatele

V této diplomové práci jsou po dohodě s vedoucím diplomové práce vyhodnoceny pouze dusičnany a ne všechny anionty a kationty, jak je uvedeno v zadání diplomové práce. Podrobné vyhodnocení aniontů a kationtů v uvedených mikropovodích by

nebylo možné zvládnout v rámci jedné diplomové práce. Proto jsou podrobně vyhodnoceny jen dusičnany.

Pro každý měrný profil je nutno zpracovat základní statistické vyhodnocení v rozsahu: a) počet n , b) průměr, c) medián, d) modus, e) četnost modu, f) minimum, g) maximum, h) C_{90} , i) variační rozpětí, j) rozptyl, k) směrodatná odchylka, l) standardní chyba.

3.3.1. Použité vzorce hodnocených ukazatelů

- Aritmetický průměr (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

- Medián (\tilde{x}_{50})

$$\tilde{x}_{50} = x_0 + \frac{\frac{n+1}{2} - \sum_{i=1}^{j-1} n_i}{nj} * h \quad (3.2)$$

- Modus (\hat{x})

$$\hat{x} = x_0 + \frac{h}{2} * \frac{n_1 - n_{-1}}{2n_0 - n_1 - n_{-1}} \quad (3.3)$$

- Variační rozpětí (R)

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (3.4)$$

- Rozptyl (s^2)

$$s_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3.5)$$

- Směrodatná odchylka (s)

$$s = \sqrt{s^2} \quad (3.6)$$

- Standardní chyba ($s_{\bar{x}}$)

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.7)$$

4. Výsledky a diskuse

Tabulky jsou zpracovány ve třech rovinách. První tabulka udává hodnoty celého souboru, druhá tabulka obsahuje hodnoty pro vegetační období a ve třetí tabulce jsou hodnoty pro mimovegetační období.

Nejvyšší koncentrace dusičnanů za celou časovou řadu je v mikropovodí P33 v hodnotě 261,00 mg . l⁻¹. Tomu odpovídá i nejvyšší aritmetický průměr časové řady tohoto mikropovodí, který je 109,71 mg . l⁻¹. U tohoto mikropovodí se aritmetický průměr časové řady v době vegetace a mimo vegetaci významně nemění. Tyto hodnoty jsou ovlivněny vyšším zastoupením orné půdy v tomto mikropovodí, které činí 72,26 % z celkové výměry. Rozdíl v maximální koncentraci dusičnanů u tohoto mikropovodí je 7 mg . l⁻¹.

Naopak nejnižší minimální koncentrace dusičnanů ve sledovaném období byla stanovena v mikropovodí P51. Tato hodnota se v době vegetace i v době mimovegetační vůbec nemění a je identická s hodnotou minima v celém souboru. Minimum je stanoveno v hodnotě 0,50 mg . l⁻¹. Stejně tak i aritmetický průměr koncentrace dusičnanů v celkové časové řadě je u tohoto mikropovodí nejnižší a dosahuje hodnoty 10,53 mg . l⁻¹. Avšak v době mimovegetační je tento průměr překročen o 0,64 mg dusičnanů na 1 litr. Vzhledem k tomu, že toto mikropovodí je tvořeno pouze lesy, lze usuzovat, že zvýšené množství dusičnanů v mimovegetační době je způsobeno úbytkem zeleně v nižších patrech porostu jako jsou například nízké keře.

Mikropovodí P3 bez P33 má největší rozlohu orné půdy – 37,83 ha , ale procenticky pouze 43,27 %. Jde o druhé mikropovodí s nejvyšší maximální koncentrací dusičnanů jak v celé časové řadě, tak i v době vegetační i mimovegetační. Maximální hodnota byla stanovena v mimovegetačním období ve výši 185,00 mg dusičnanů na 1 litr. Tato hodnota je shodná s hodnotou časové řady za celý soubor.

Stejný vztah byl definován i u mikropovodí P6, kde orná půda představuje 96,22 % celkové výměry, zbytek výměry je tvořen loukou a ostatními plochami. I zde je maximální koncentrace dusičnanů v mimovegetační době shodná s maximem celého souboru, tedy dosáhla hodnoty 116,00 mg dusičnanů na l liter. V období vegetace je tato hodnota nižší o 5 mg.

Z výše uvedeného porovnání je zřejmé, že nejvyšší koncentrace dusičnanů se vyskytují v mimovegetační době u mikropovodí, kde je největší zastoupení orné půdy a rostlinný pokryv je malý nebo vůbec žádný, takže spotřeba dusíku je velmi nízká a dochází k jeho transportu jak do vod povrchových, tak do vod podzemních. V mikropovodích, kde jsou pouze lesy a převažují louky a pastviny, je koncentrace dusičnanů nejnižší, protože v těchto kulturách se intenzivní obdělávání půdy či hnojení dusíkem neprovádí.

Tabulka č. 15: Základní statistické údaje pro celý soubor – koncentrace dusičnanů

	Počet n	Průměr	Medián	Modus	Četnost modu	Minimum	Maximum	C ₉₀	Variační Rozpětí	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Standardní chyba
T1	356	26,36	23,00	19,00	19	0,50	115,00	43,00	114,50	253,31	15,92	0,84
T3	356	31,76	32,00	32,00	26	0,50	82,00	41,00	81,50	81,83	9,05	0,48
T7	356	37,85	37,00	39,00	23	2,50	77,00	52,00	74,50	125,88	11,22	0,60
P21	356	30,17	30,00	20,00	20	3,10	61,00	45,00	57,90	118,81	10,90	0,58
P22	356	49,32	50,00	49,00	23	5,80	87,00	62,00	81,20	149,66	12,23	0,65
P3	304	66,78	58,00	44,00	12	1,10	185,00	114,00	183,90	1027,53	32,06	1,84
P33	330	109,71	105,00	Vícenás.	7	4,50	261,00	178,00	256,50	2523,47	50,23	2,77
P41	356	55,03	58,00	60,00	16	1,00	142,00	79,00	141,00	398,78	19,97	1,06
P42	356	41,21	42,50	Vícenás.	11	1,00	90,00	62,00	89,00	287,06	16,94	0,90
P51	355	10,53	10,00	10,00	37	0,50	29,00	16,00	28,50	22,31	4,72	0,25
P52	356	32,35	31,00	29,00	19	1,20	92,00	46,00	90,80	122,13	11,05	0,59
P6	356	64,39	63,00	61,00	17	17,00	116,00	85,00	99,00	258,15	16,07	0,85
P7	358	47,09	45,00	41,00	16	9,20	111,00	70,00	101,80	288,80	16,99	0,90

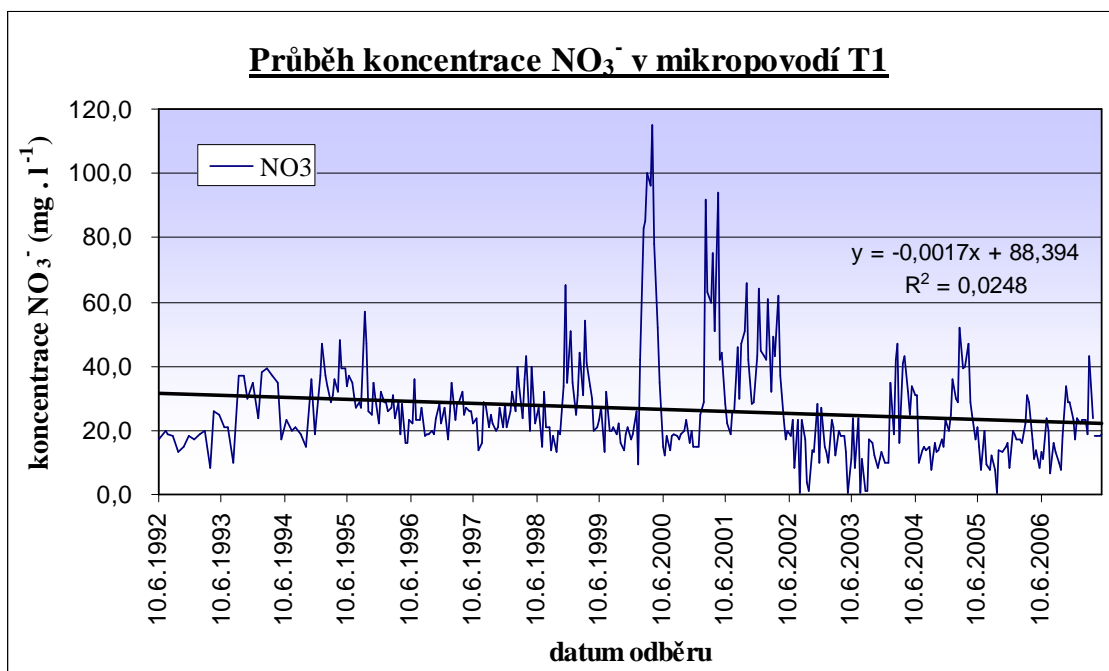
Tabulka č. 16: Základní statistické údaje pro období vegetace (IV. – IX. měsíce) – koncentrace dusičnanů

	Počet n	Průměr	Medián	Modus	Četnost modu	Minimum	Maximum	C ₉₀	Variační Rozpětí	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Standardní chyba
T1	178	23,85	21,00	18,00	12	0,50	115,00	40,00	114,50	217,78	14,76	1,11
T3	178	30,63	31,00	27,00	13	0,50	56,00	40,00	55,50	82,83	9,10	0,68
T7	179	35,09	35,00	Vícenás.	13	2,50	77,00	49,00	74,50	117,13	10,82	0,81
P21	178	25,20	23,00	20,00	15	3,10	51,00	39,00	47,90	85,73	9,26	0,69
P22	178	48,58	49,00	49,00	12	10,00	87,00	63,00	77,00	175,43	13,25	0,99
P3	151	66,15	58,00	Vícenás.	7	20,00	177,00	106,00	157,00	887,41	29,79	2,42
P33	166	108,94	104,00	Vícenás.	4	4,50	261,00	181,00	256,50	3004,10	54,81	4,25
P41	178	50,51	51,00	60,00	8	1,00	142,00	80,00	141,00	520,83	22,82	1,71
P42	178	33,48	32,00	Vícenás.	7	1,00	90,00	56,00	89,00	266,12	16,31	1,22
P51	177	9,88	9,90	10,00	18	0,50	29,00	16,00	28,50	22,21	4,71	0,35
P52	178	29,00	29,00	Vícenás.	11	9,10	57,00	40,00	47,90	74,78	8,65	0,65
P6	178	62,40	62,00	61,00	10	17,00	111,00	82,00	94,00	222,76	14,93	1,12
P7	180	44,56	43,00	41,00	13	9,20	111,00	64,00	101,80	240,18	15,50	1,16

Tabulka č. 17: Základní statistické údaje pro období mimo vegetaci (X. – III. měsíce) – koncentrace dusičnanů

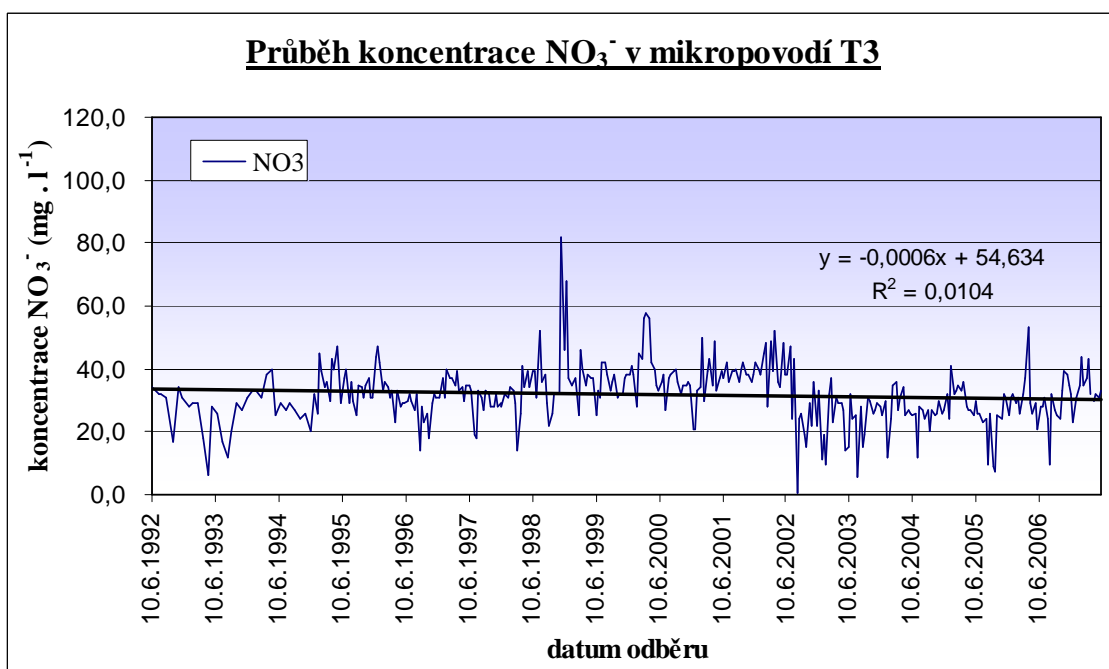
	Počet n	Průměr	Medián	Modus	Četnost modu	Minimum	Maximum	C ₉₀	Variační Rozpětí	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Standardní chyba
T1	178	28,86	25,50	29,00	10	1,00	100,00	47,00	99,00	277,65	16,66	1,25
T3	178	32,89	32,00	31,00	18	9,30	82,00	43,00	72,70	78,72	8,87	0,67
T7	177	40,64	39,00	43,00	11	9,60	72,00	56,00	62,40	119,84	10,95	0,82
P21	178	35,15	35,00	Vícenás.	11	11,00	61,00	50,00	50,00	102,84	10,14	0,76
P22	178	50,05	50,50	49,00	11	5,80	81,00	62,00	75,20	123,66	11,12	0,83
P3	153	67,40	55,00	50,00	6	1,10	185,00	117,00	183,90	1171,79	34,23	2,77
P33	164	110,50	105,50	61,00	6	24,00	254,00	173,00	230,00	2051,20	45,29	3,54
P41	178	59,54	61,00	62,00	9	18,00	108,00	79,00	90,00	238,01	15,43	1,16
P42	178	48,93	50,00	50,00	9	17,00	87,00	64,00	70,00	189,61	13,77	1,03
P51	178	11,17	11,00	13,00	24	0,50	28,00	17,00	27,50	21,69	4,66	0,35
P52	178	35,70	34,00	Vícenás.	8	1,20	92,00	51,00	90,80	147,61	12,15	0,91
P6	178	66,39	64,50	Vícenás.	8	19,00	116,00	90,00	97,00	286,95	16,94	1,27
P7	178	49,64	49,00	Vícenás.	7	13,00	103,00	74,00	90,00	326,57	18,07	1,35

Graf č. 1: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí T1



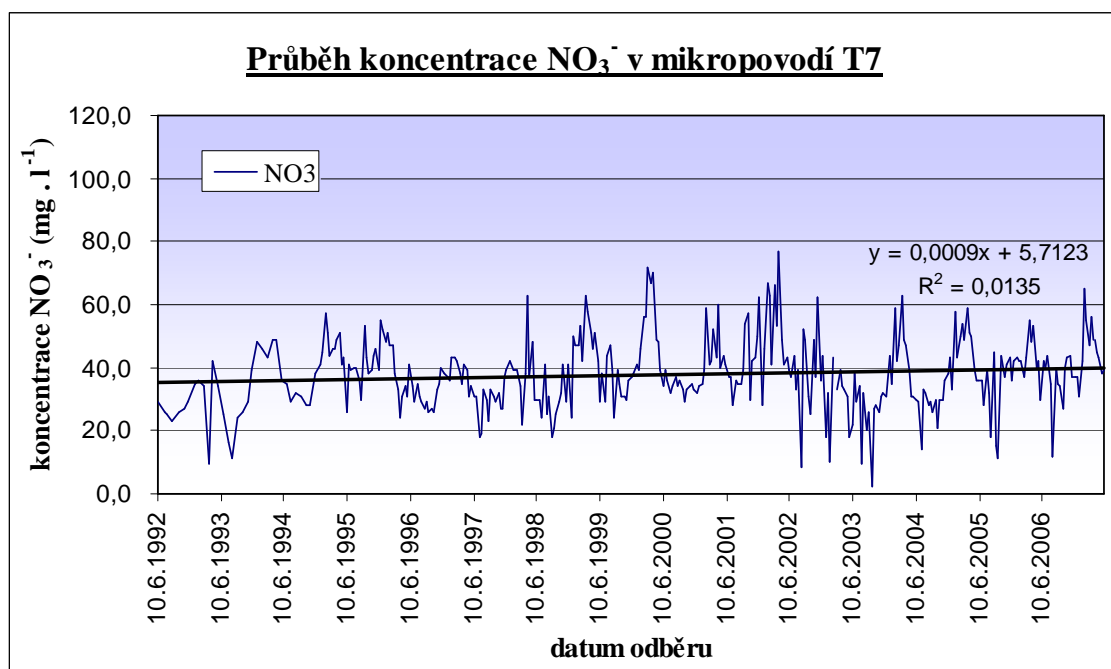
Trendová křivka na grafu č. 1. má klesající charakter. Hladina významnosti je menší než 0,05 a trend tohoto mikropovodí je tudíž průkazný i když soubor vykazuje čtvrtý největší rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou koncentrace dusičnanů.

Graf č. 2: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí T3



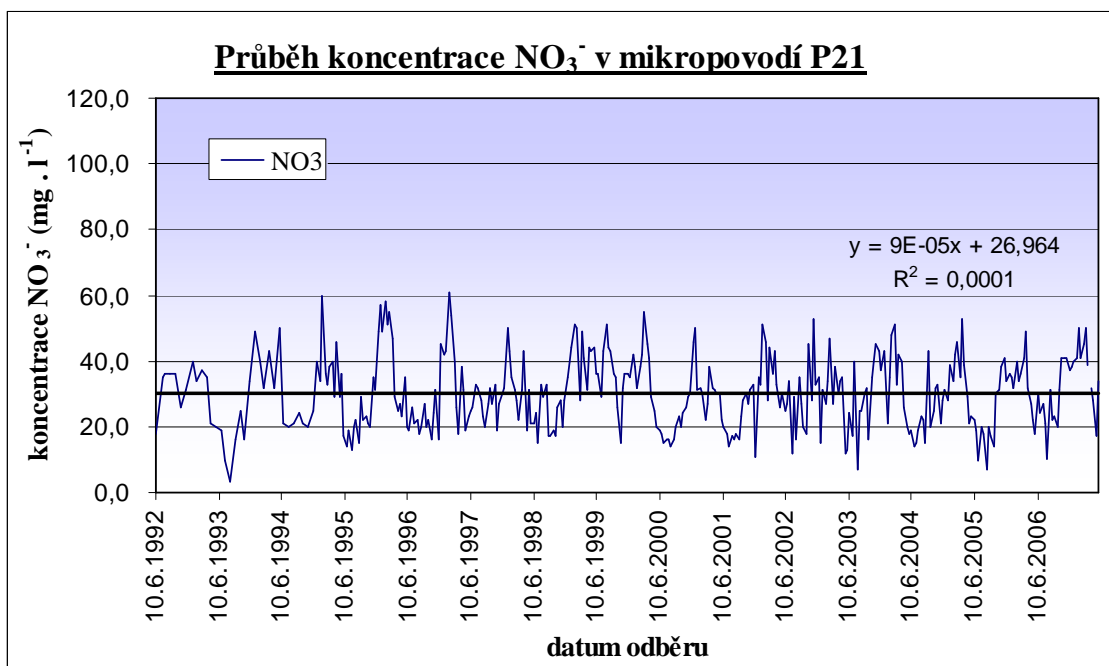
Od roku 1995 do června roku 2002 má koncentrace dusičnanů stoupající tendenci (viz graf č. 2.). Od června roku 2002 jsou koncentrace dusičnanů nižší než je trendová křivka. Trend podle vypočtené hladiny významnosti kdy $p = 0,054$ je neprůkazný.

Graf č. 3: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí T7



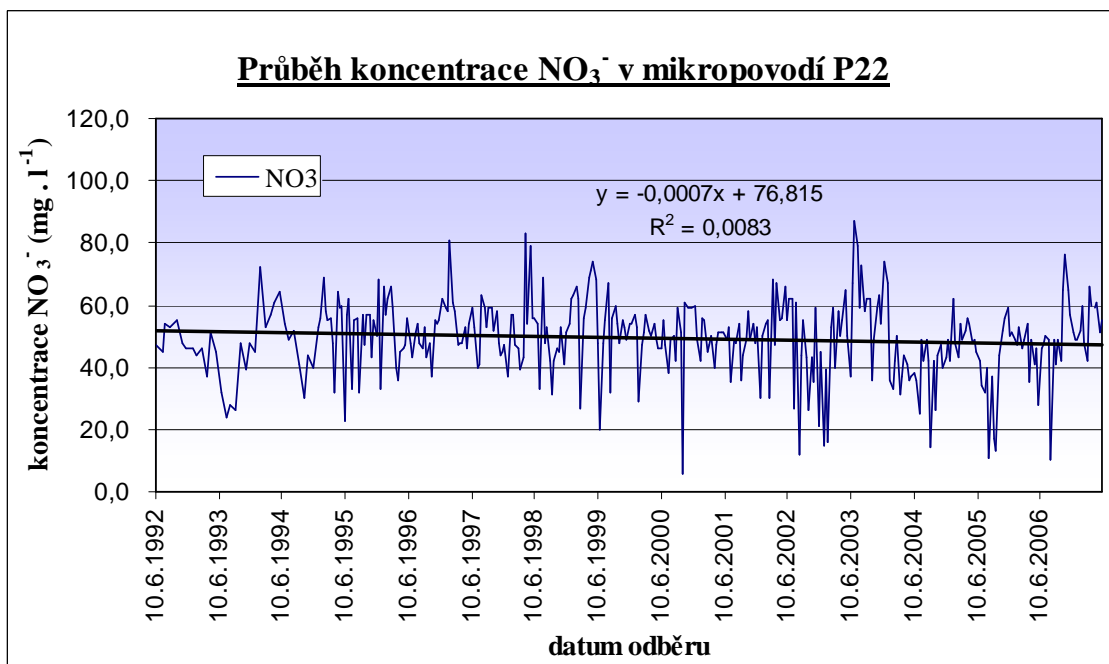
Při nepatrném nárůstu koncentrací dusičnanů, tak jak ukazuje graf č. 3., lze trend mikropovodí T7 považovat za průkazný, protože p je menší než 0,05. Trendová křivka má mírný nárůst.

Graf č. 4: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P21



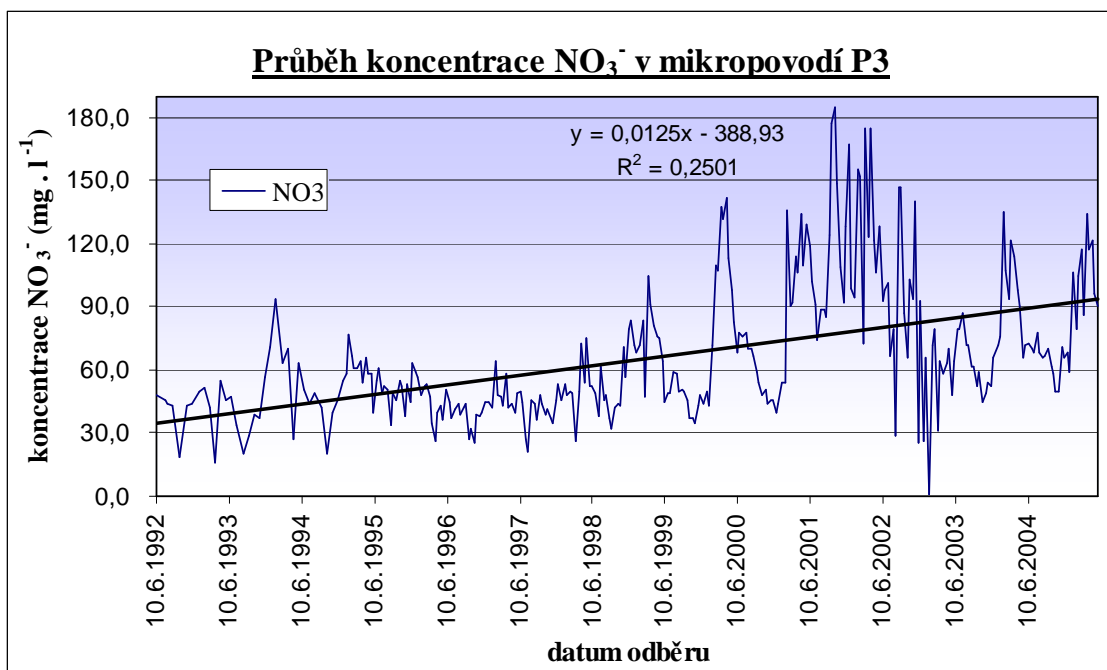
Průběh koncentrace dusičnanů v tomto povodí má vyrovnaný charakter. Na grafu č. 4. je hladina významnosti rovna 0,823 a tudíž trend je neprůkazný.

Graf č. 5: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P22



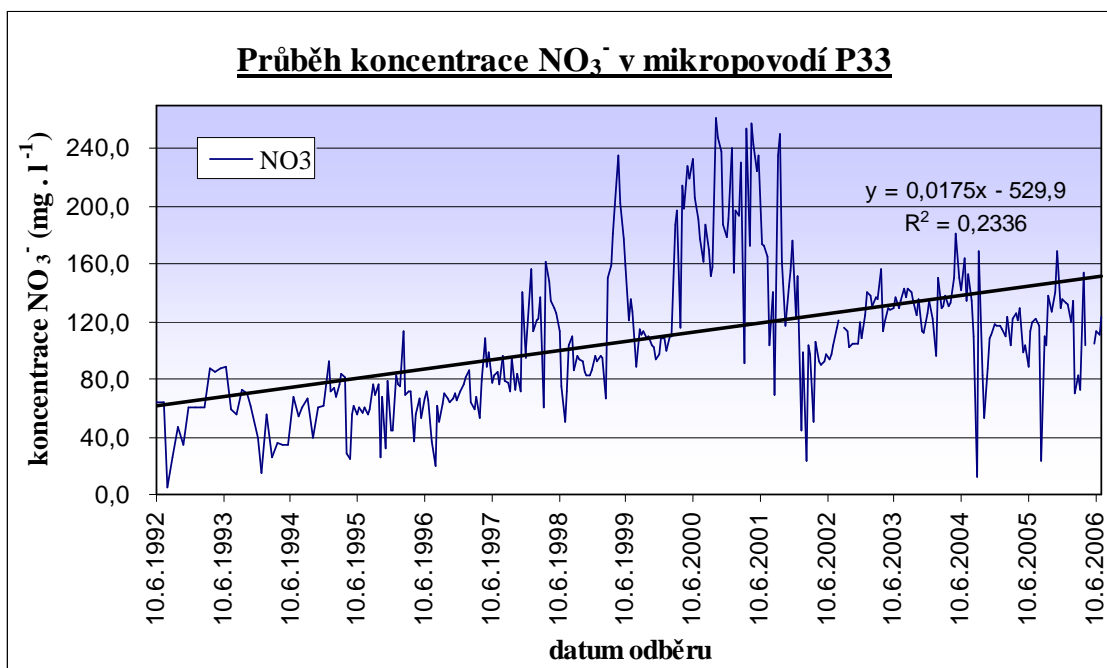
Jednotlivé hodnoty koncentrací dusičnanů nemají velké výkyvy. Vypočítaná hladina významnosti má hodnotu 0,087. Trend je proto neprůkazný.

Graf č. 6: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P3



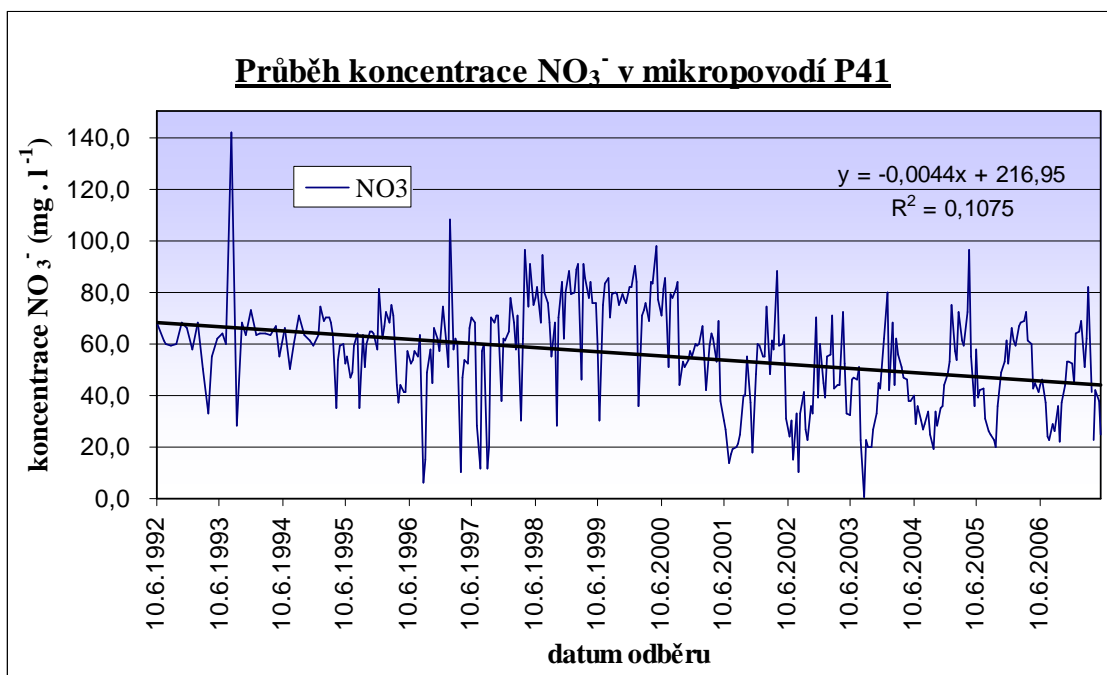
V tomto povodí má průběh koncentrace dusičnanů stoupající tendenci (viz graf č. 6.). Největší nárůst koncentrací je v rozmezí od června roku 2000 do dubna 2003. Potom koncentrace dusičnanů strmě klesá. Při hladině významnosti menší než 0,05 je rostoucí trend průkazný.

Graf č. 7: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P33



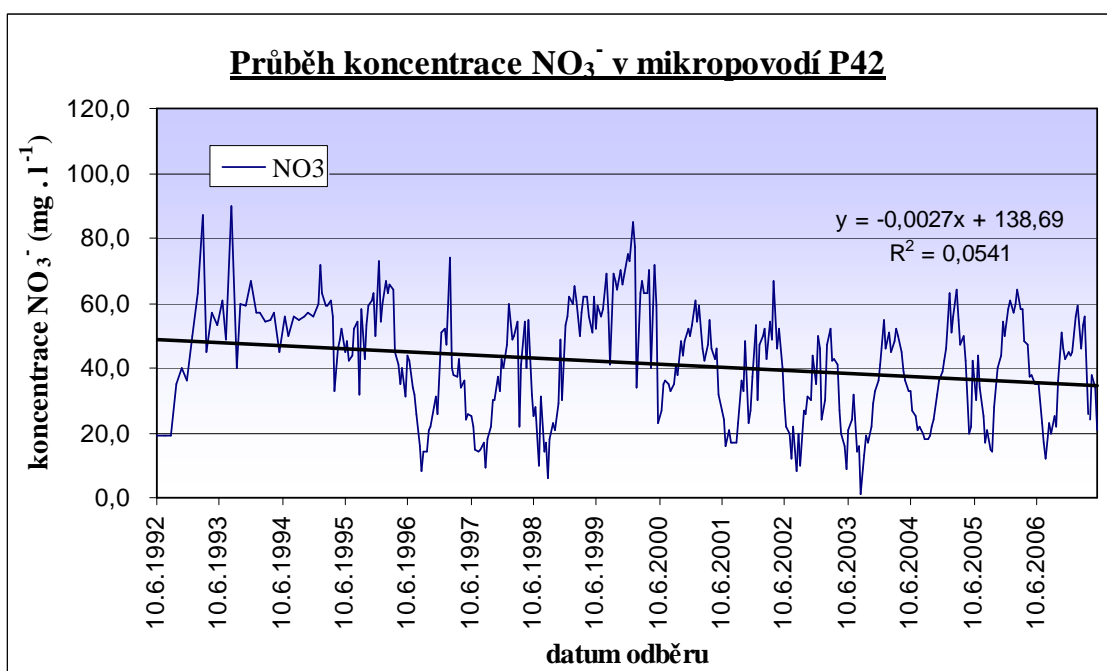
Hodnoty grafu č. 7. ukazují, že i toto povodí má nevyrovnanou hladinu koncentrace dusičnanů. Současně zde byla naměřena nejvyšší maximální hodnota koncentrace dusičnanů ze všech hodnocených mikropovodí a to 261,00 mg na 1 litr. Směrodatná odchylka tohoto souboru má hodnotu 50,23. Rostoucí trend je průkazný, vypočítaná hladina významnosti je menší než 0,05.

Graf č. 8: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P41



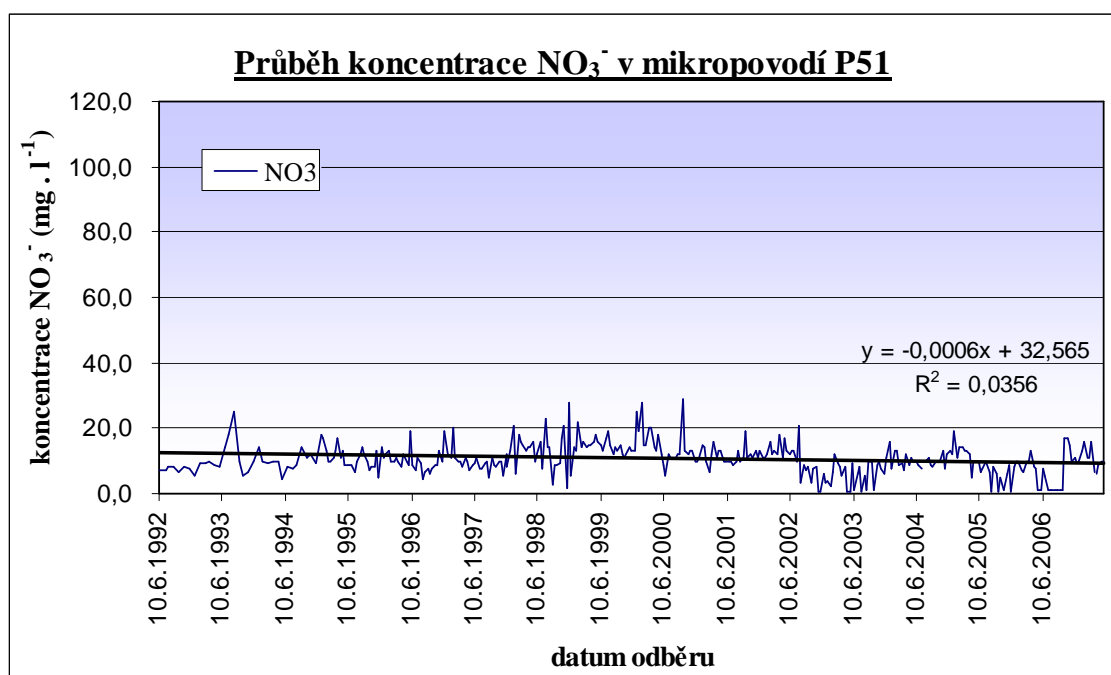
Trendová křivka koncentrace dusičnanů má klesající charakter. Vyhodnocené koncentrace dusičnanů mají v jednotlivých letech velmi rozdílný charakter (viz graf č. 8.). Hladina významnosti je menší než 0,05 a proto klesající trend je průkazný.

Graf č. 9: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P42



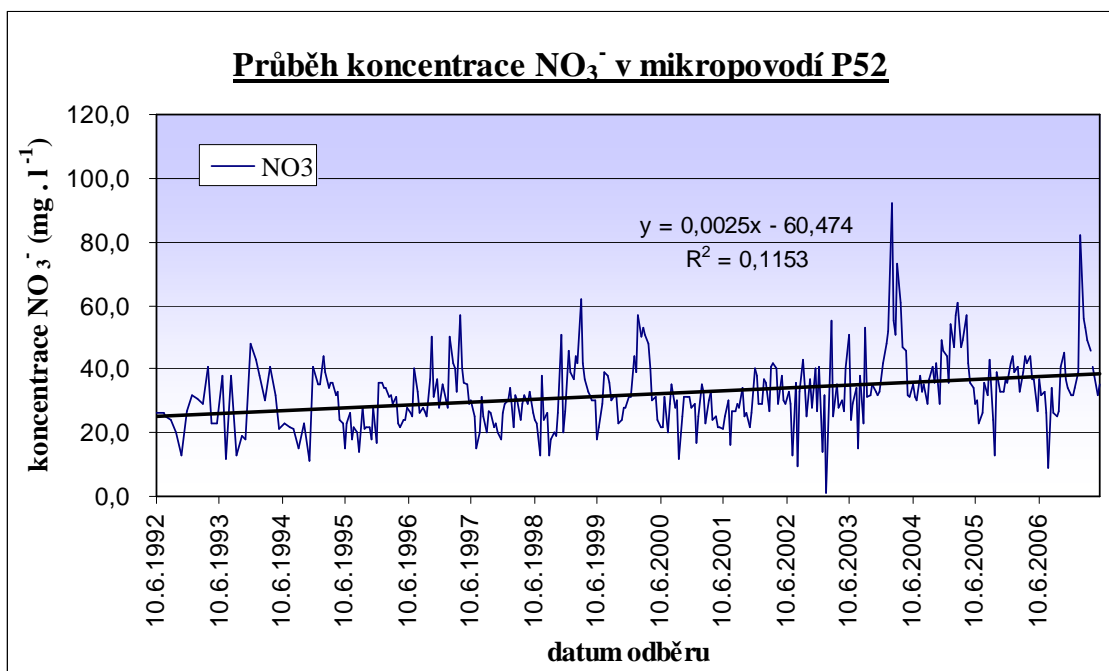
Koncentrace dusičnanů jsou v tomto povodí, jak ukazuje graf č. 9., absolutně nevyrovnané. Klesající hodnoty koncentrace jsou vyjádřeny klesající trendovou křivkou. Vypočítaná hladina významnosti je menší než 0,05 a proto klesající trend je průkazný.

Graf č. 10: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P51



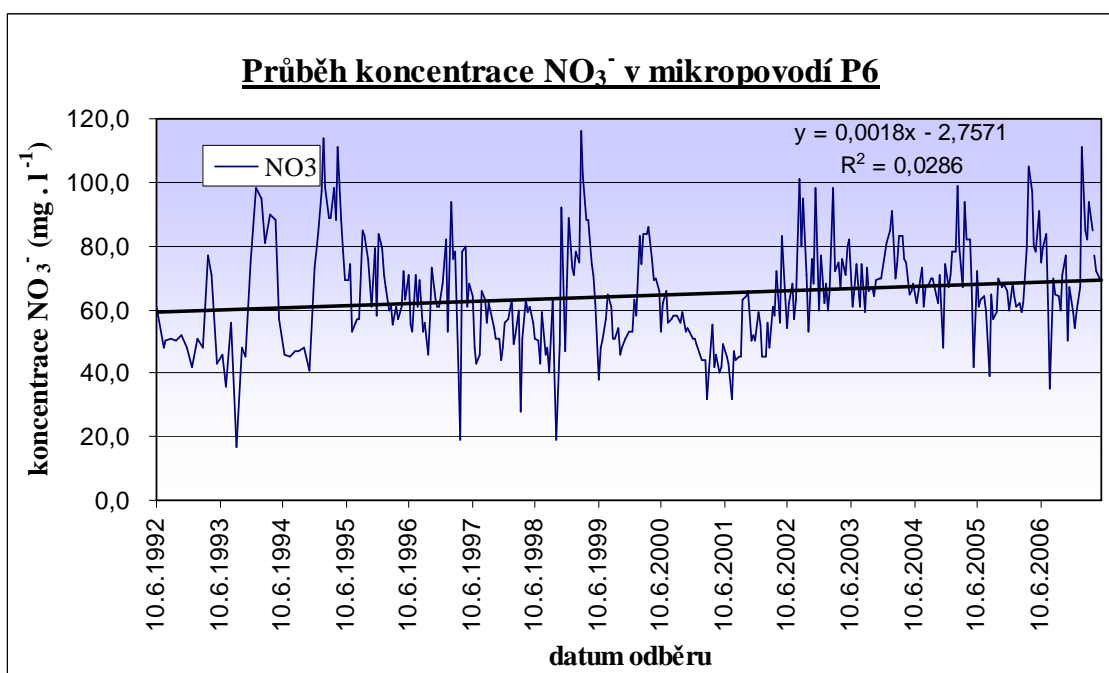
Hodnoty tohoto mikropovodí jsou statisticky nejvyrovnanější. Rozptyl těchto hodnot je nejnižší ze všech souborů a má hodnotu 22,31, což je patrné z hodnot zachycených na grafu č. 10.. Klesající trend je průkazný, protože hladina významnosti je menší než 0,05.

Graf č. 11: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P52



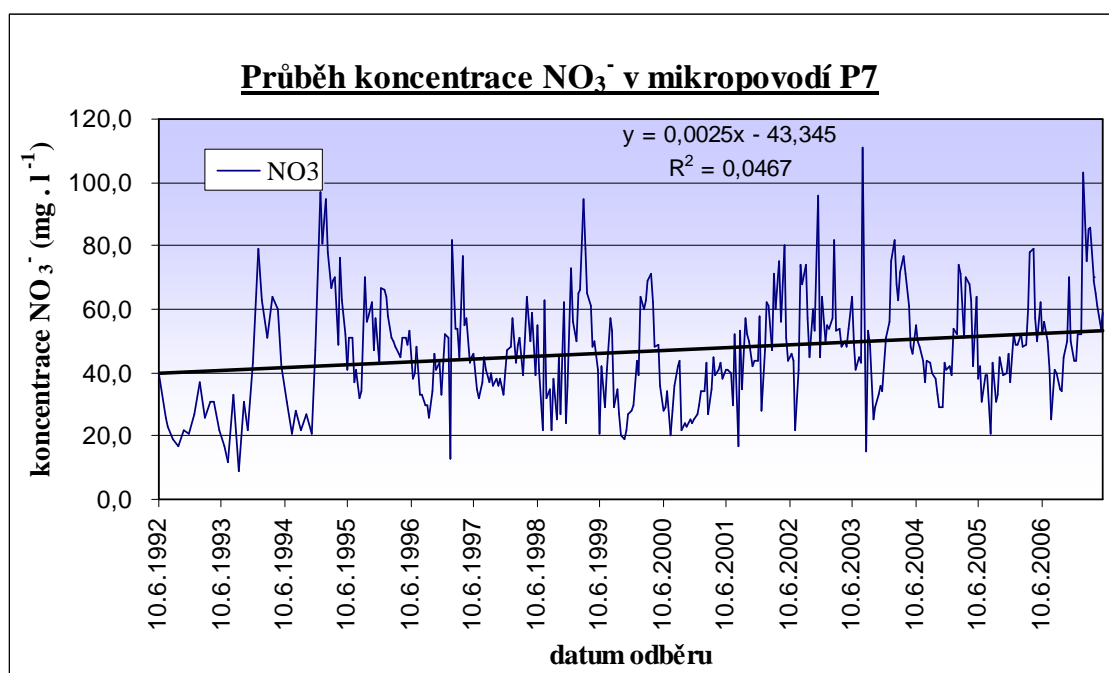
Dle hladiny významnosti (viz graf č. 11.), která je menší než 0,05 je rostoucí trend průkazný. Koncentrace dusičnanů má stoupající tendenci, i když hodnoty některých měření mají strmě klesající průběh.

Graf č. 12: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P6



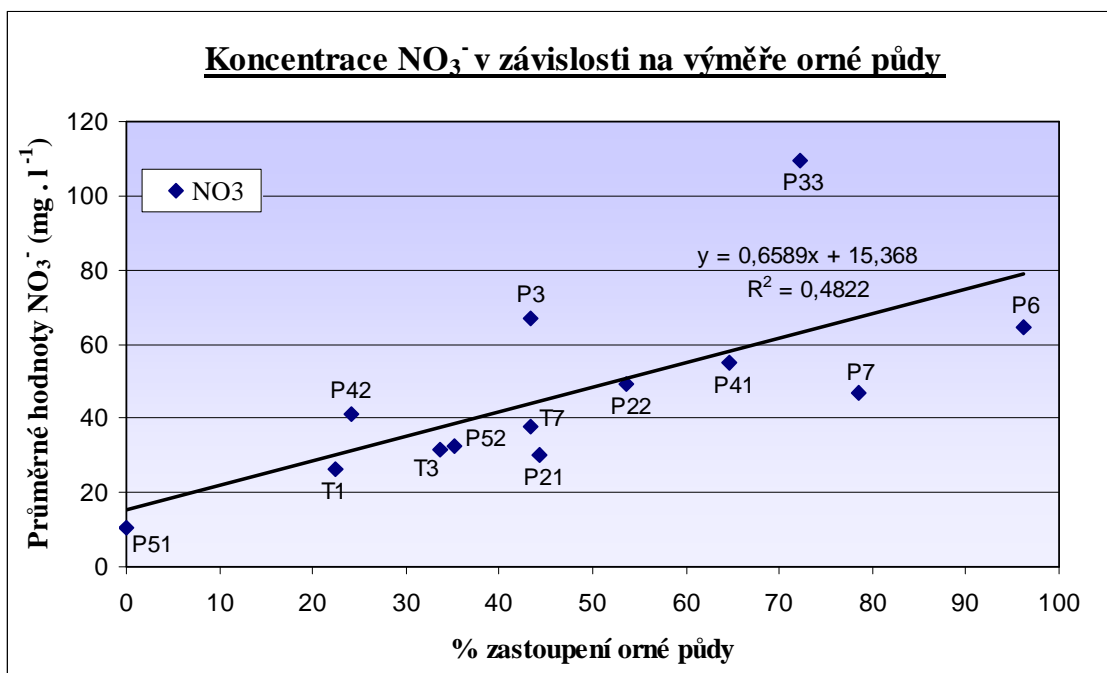
Koncentrace dusičnanů má stoupající tendenci. Graf č. 12. ukazuje, že některá měření vykazují strmý nárůst i pokles, hlavně v období let 1997 až 1999. V dalších letech nevykazuje koncentrace takové rozdíly. Hladina významnosti je menší než 0,05 tudíž rostoucí trend je průkazný.

Graf č. 13: Průběh koncentrace NO_3^- v mikropovodí P7



Trendová křivka má vzrůstající charakter (viz graf č. 13.). Hladina významnosti byla spočítána menší než 0,05 a proto rostoucí trend je průkazný.

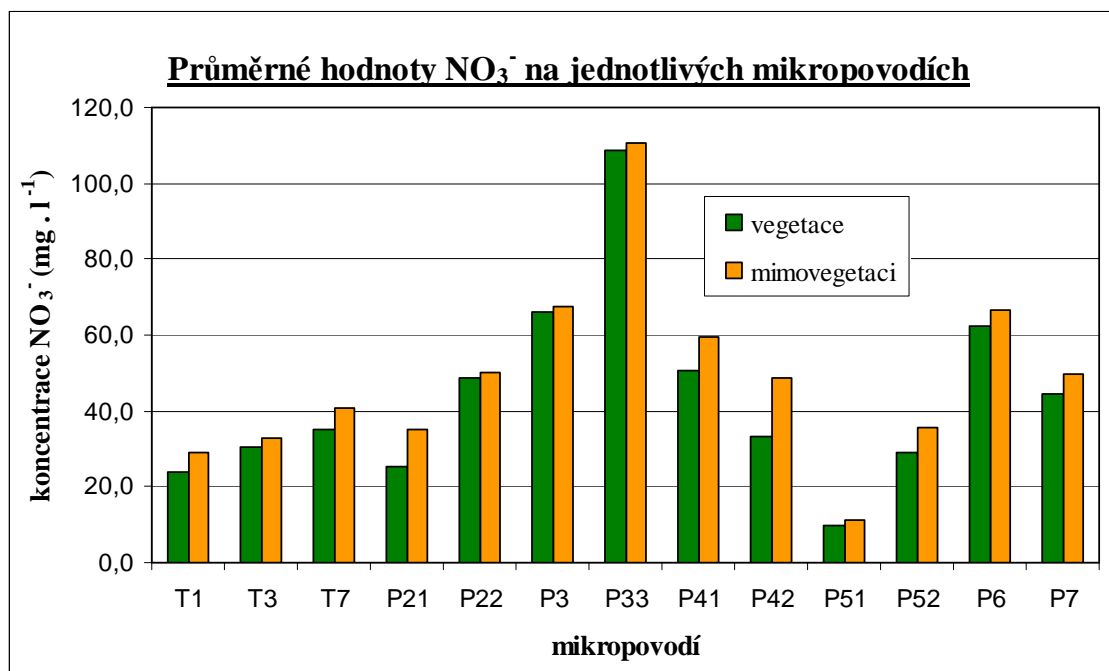
Graf č. 14: Koncentrace NO_3^- v závislosti na výměře orné půdy



Koncentrace dusičnanů má rostoucí tendenci se zvyšujícím se procentickým zastoupením orné půdy v jednotlivých mikropovodích. Jednotlivé průměrné hodnoty koncentrací dusičnanů na grafu č. 14. kopírují procentický nárůst orné půdy. Výjimku tvoří mikropovodí P33, kde je průměrná koncentrace dusičnanů 109,71 mg na 1 litr při 72,26 % orné půdy z výměry celého mikropovodí.

Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Dalším zdrojem je hnojení zemědělsky obhospodařované půdy dusíkatými hnojivy

Graf č. 15: Průměrné hodnoty NO_3^- v jednotlivých mikropovodích



Ve všech sledovaných mikropovodích jsou průměrné hodnoty koncentrace dusičnanů vyšší v mimovegetační době než v době vegetace. Tento rozdíl se pohybuje v rozmezí od 1,25 mg na jeden litr do 15,45 mg na jeden litr. Nejnižší rozdíl je v mikropovodí P3, kde orná půda zaujímá 43,27 % celkové výměry mikropovodí. Zbytek tvoří zahrady, louky, pastviny a lesy. Naopak nejvyšší rozdíl je v mikropovodí P42, kde lesy představují 55,46 % plochy a orná půda pouze 24,07 % celkové plochy mikropovodí.

Koncentrace dusičnanů se mění také v závislosti na vegetačním období. V maximální koncentraci se dusičnany nacházejí ve vodách v mimovegetačním období, kdy se vyluhují z půdy, protože jsou jen velmi slabě zadržovány v půdním sorpčním komplexu. V době vegetačního období jsou naopak z vody odčerpávány vegetací a jejich hodnota je nižší. Pitter (1999) dále uvádí, že maxima a minima dusičnanů jsou také závislá na způsobu obdělávání půdy a na pěstovaných kulturách. Repka (1991) dále konstatuje, že vyplavování dusičnanů do povrchových vod je pod trvalými travními porosty nižší než u orných půd.

Z grafů koncentrací dusičnanů je zřejmá oscilace neboli kolísání naměřených hodnot. Frekvence změn a rytmus oscilace jsou nepravidelné, ale pohybují se v určitém rozsahu okolo ústřední hodnoty. Výjimku tvoří mikropovodí P51, kde jedinou kulturou je les. Mineralizace probíhající na orné půdě je hlavní příčinou zhoršení kvality pramenů vod.

Kvítek (1999) navrhuje v povodí Kopaninského toku převod orné půdy do luk, respektive pastvin. Tyto půdy jsou silně kamenité, propustné, jsou často i infiltračními plochami drenážních systémů, které především výrazně ovlivňují kvalitu vody. V daném území je návrh na změnu kultury z orné půdy na louky v rozsahu cca 20 % celkové výměry zemědělské půdy v povodí.

Lze konstatovat možnost snížení nitrátového zatížení povrchových a podpovrchových vod zatravněním jejich infiltračních oblastí. Tím by se snížil průsak vody půdním profilem a vzhledem k celoročnímu vegetačnímu pokryvu a vícesečnosti porostu by se snížily koncentrace dusičnanů v mineralizačních fázích.

Ulrich, Seifert (1979) však upozorňují, že v podmínkách příznivých pro nitrifikaci se mohou půdy trvalých travních porostů změnit z konzumenta nitrátů v jejich producenta, a to nikoliv zanedbatelného.

Tabulka č. 18: Základní klasifikace jakosti povrchových vod dle N-NO₃⁻

Mikropovodí	C ₉₀	N-NO ₃ ⁻	Třída jakosti vod dle ČSN 75 7221
T1	43,00	9,89	III.
T3	41,00	9,43	III.
T7	52,00	11,96	IV.
P21	45,00	10,35	IV.
P22	62,00	14,26	V.
P3	114,00	26,22	V.
P33	178,00	40,94	V.
P41	79,00	18,17	V.
P42	62,00	14,26	V.
P51	16,00	3,68	II.
P52	46,00	10,58	IV.
P6	85,00	19,55	V.
P7	70,00	16,10	V.

Tabulka č. 19: ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod

Třída	Název	Barva	Užití
II.	Mírně znečištěná voda	Tmavomodrá	- Má krajínovornou hodnotu. - Umožňuje existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
III.	Znečištěná voda	Zelená	- Má malou krajínovornou hodnotu. - Existence bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému je v některých ukazatelích ohrožena.
IV.	Silně znečištěná voda	Žlutá	- Umožňuje existenci pouze nevyváženého ekosystému. - Vhodná jen pro omezené účely.
V.	Velmi silně znečištěná voda	Červená	- Umožňuje existenci pouze nevyváženého ekosystému. - Nehodí se obvykle pro žádný účel.

zdroj: ČSN 75 7221

Do nejnižší třídy jakosti vody náleží mikropovodí P3 a P33, kde je nejvyšší podíl orné půdy. Tyto výsledky korespondují s maximálními hodnotami dusičnanů v hodnocených časových řadách celého souboru jednotlivých mikropovodí. Mírně znečištěná voda, tedy voda jakostní třídy II. byla stanovena v mikropovodí P51, kde les zaujímá celou rozlohu tohoto mikropovodí. Stejně i zde platí vazba na stanovení koncentrace dusičnanů z časových řad, kde i tyto hodnoty dosáhly minimálních hodnot.

5. Závěr

Ze třinácti hodnocených mikropovodí má 6 mikropovodí rostoucí trend koncentrace dusičnanů, který je průkazný a 4 mikropovodí mají průkazný klesající trend koncentrace dusičnanů. Pouze 3 mikropovodí prokazují neprůkazný trend.

Z vyhodnocení časových řad koncentrací dusičnanů jednotlivých mikropovodí je jednoznačně patrný vliv kultur na množství dusičnanů v povodí Kopaninského toku. Dále můžeme konstatovat rozdíl mezi koncentrací dusičnanů u mikropovodí s různým zastoupením kultur vztažené k vegetačnímu a mimovegetačnímu období. Z výsledků je zřejmé kolísání průměrných hodnot koncentrací dusičnanů v jednotlivých obdobích, které je velmi nepravidelné. Průběh hodnot koncentrací dusičnanů potvrzuje převahu plošného zemědělského znečištění v daném povodí.

Vzhledem k výrazně nepravidelnému kolísání koncentrace dusičnanů ve sledovaných mikropovodích je možné uvažovat o změně prostředí, tedy o změně kultur. Jako jedním z opatření, které může přinést zlepšení kvality vody ve sledovaném povodí Kopaninského toku, je snížení nitrátového zatížení povrchových a podzemních vod zatravněním některých pozemků v daném povodí (především zdrojových zranitelných oblastí).

Další výzkumy ukáží, zda je nutné respektovat původní krajinnou mikrostrukturu zcela přesně. Další variantou je zvážení veškerých environmentálních vstupů do krajiny a přizpůsobit jim návrh krajinné mikrostruktury.

Zpracování časových řad koncentrací dusičnanů v povodí Kopaninského toku ukázalo vzestup trendové složky, která je důsledkem vzestupu koncentrací dusičnanů především v mimovegetačním období. Ve vegetačním období dochází k nárůstu biomasy polních plodin a tím i k vyšší spotřebě dusíku z půdního profilu.

6. Použitá literatura

1. AMSTRONG, A. C., BURT, T. P.: Nitrate losses from agricultural land. In: BURT, T. P. (ed.): Nitrate processes and management. John Wiley and Sons Ltd. 1993.
2. ARONOFF, S.: GIS - A management Perspective. Ottawa, WDL Publications, 1989, 349 s.
3. BENSON, V. W. et al.: Nitrogen leaching sensitivity to evapotranspiration and soil water storage estimates. In: EPIC. J.: Soil wat. Conserv., 1992, vol. 47, n. 4, s. 334-337.
4. BORROUGH, P. A.: Principles of GIS for land resources assement. Oxford, Clarendon Pras, 1986, 512 s.
5. BRUGGER, G. O.: Organische und mineralishe Düngungkleine Umweltbelastung. Akt. Infor. f. moder. Landw. 1975, č. 39, s. 2 – 7
6. CIPRA, T.: Analýza časových řad a aplikacemi v ekonomii, SNTL Praha, 1986, 246 s.
7. ČERMÁKOVÁ, A. .: Statistika II.. 1. vydání, JČU ZF, České Budějovice 1998, 135 s.
8. ČERMÁKOVÁ, A., STŘELEČEK, F.: Statistika I.. 1. vydání, JČU ZF, České Budějovice 1995, 167 s.
9. ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod
10. DAHMEN, P.: Auswirkungen der Extenziwierung von Grunland auf Massenbildung, Futterqualität und Arteninventar. (Dissertation.) Bonn, 1990, – Univ. Bonn.

11. DAMAŠKA, J.: Hnojení a vymývání živin v různých půdně-ekologických jednotkách. Rostlinná výroba, 1985, roč. 31, č. 11, s. 1123-1130.
12. HINDLS, R., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I.: Statistické metody (Statistika B). 1. vydání – dotisk, VŠE, Praha, 1996, 215 s.
13. HINDLS, R., HRONOVÁ, S., SEGER, J.: Statistika pro ekonomy. Professional Publishing Praha, 2002, 415 s.
14. GEREINER, R., GROSSKOPF, W.: Extensivierung landwirtschaftlicher Bodennutzung. Ber. Landwirtsch., 1990, jah. 6, n. 3, s. 533-541.
15. KLINER, K., KNĚŽEK, M., OLMER, M. a kol.: Využití a ochrana podzemních vod. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1978, 295 s.
16. KLUFOVÁ, R.: Geografické informační systémy. JČU – ZF, České Budějovice, 2000, 188 s.
17. KŘÍŽ, H.: Hydrologie podzemních vod. Academia Praha, 1983, 289 s.
18. KVÍTEK, T.: Možnosti snížení zatížení povrchových vod nitráty. Rostlinná výroba, 1994, roč. 40, č. 12, s. 1129-1138 .
19. KVÍTEK, T.: Využití a ochrana vodních zdrojů. ZF JU, České Budějovice, 2005, 169 s.
20. KVÍTEK, T.: Využití geograficko-informačního systému při delimitaci kultur a řešení pásem hygienické ochrany povrchových vodních zdrojů. Rostlinná výroba, 1995, roč. 41, č. 10, s. 441-446.
21. KVÍTEK, T.: Vývoj koncentrací dusičnanů a analýza stability zemědělských povodí vodárenské nádrže Švihov. Rostlinná výroba, 1999, roč. 45, č. 3, s. 107-111.

22. KVÍTEK, T., KLÍMOVÁ, P.: Hydrologický režim intenzivně a extenzivně využívaných travních porostů. Rostlinná výroba, 1997, roč. 43, č. 12, s. 571-578.
23. MELLEROWITZ, K. T., RESS, H. W., CHOW, T. L., GHANEM, I.: Soil conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: A case study. J. Soil Wat. Konserv., 1994, vol. 49, n. 2, s. 194 – 200.
24. MOCIK, A., BIELEK, P. Premeny a migrácia dusíka v pôdach Žitného ostrova. Rostlinná výroba, 1982, roč. 28, č. 10, s. 1025-1032.
25. NEUBERG, J., HROZINKOVÁ, A., ČERVENÁ, H.: Potřeba a využití základních živin v zemědělské výrobě ČR. ÚVTIZ Praha, 1991, 112 s.
26. NJOS, A.: Future land utilization and management for sustainable crop production. Soil and Till, 1994, Res. 30, s. 345-357.
27. PAČES, T.: Voda a země. Academia Praha, 1982, 174 s.
28. PARKINSON, R. J.: Change in agricultural practice. In: BURT, T. P. (ed.): Nitrate processes and management. John Wiley and Sons Ltd. 1993
29. PECH, P.: Modelování transportu znečištění v podzemních vodách na lokalitě Praha – Šeberov. Soil and Water, 2004, č. 3, s. 141 – 154.
30. PITTER, P.: Hydrochemie. VŠCHT Praha, 1999, 568 s.
31. PODHRÁZSKÁ, J.: Vliv Hospodaření v povodí na změny odtokových poměrů. Soil and Water, 2004, č. 3, s. 155-162.
32. REPKA, T.: Ohrozovanie kvality podzemných vôd poľnohospodárskou činnosťou. Úroda, 1991, č. 6, s. 253 – 255

33. RAPANT, P.: Úvod do geografických informačních systémů. VŠB – TU, 2000, 112 s.
34. ŘÍHA, J.: Voda a společnost. SNTL Praha, 1987, 338 s.
35. SRINIVASAN, R., ARNOLD, J. G.: Basin scale water quality modelling using GIS. Proc. Conf. Application of advanced information technologies: Effective management of natural resources, Spokane, Washington, 1993, s. 475 – 484.
36. STAR, J., ESTES, J.: GIS – An introduction. Prentice Hall, 1990, 326 s.
37. STRAŠKRABA, M., TUNDUSI, J. G., DUNCEA, A.: Comparative reservoir limnology and water quality management. London, Kluwer Acad. Publ., 1992, 287 s.
38. ŠIMONIDES, I.: Základy GIS. Nitra, SPU, 2000, 83 s.
39. ŠÍPEK, J.: Poznatky o dusíku ve vodách odtékajících ze zemědělského území. Rostlinná výroba, 1982, roč. 28, č.10, s. 1082-1093.
40. SMĚRNICE Rady evropských společenství k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů č. 91/676/EHS - „ nitrátová směrnice“.
41. TLAPÁK, V., ŠÁLEK, V., LEGÁT, V.: Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda Praha, 1992, 318 s.
42. TUČEK, J.: Geografické informační systémy, principy a praxe. Praha, Computer Press, 1998, 424 s.
43. ULRICH, R., SEIFERT, J.: Nitrifikace – producent nitrátového dusíku půd. Rostlinná výroba, 1979, roč. 25, č. 11, s. 1157-1160.
44. ZÁKON č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

45. ZAVADIL, J., DOLEŽAL, F., VACEK, J.: Vyplavování dusičnanů z půdy při pěstování brambor. Soil and Water, 2004, č. 3, s. 163 – 177.

46. ZAVADIL, J., KVÍTEK, T.: Vliv způsobů využívání půdy na vyplavování dusičnanů a rizikových prvků. Rostlinná výroba, 1997, roč. 43, č. 8, s. 371-377.

47. <http://www.esri.com/>

48. <http://www.gis.com/>

Seznam zkratek

BPEJ – bonitonovaná půdně ekologická jednotka

BSK₅ – biologická spotřeba kyslíku 5 denní

C₉₀ – hodnota koncentrace s pravděpodobností překročení 90%

DPZ – dálkový průzkum země

HPJ – hlavní půdní jednotka

KES – koeficient ekologické stability

KR – klimatický region

VÚMOP – výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy