

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělská specializace (B4106)

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra krajinného managementu

Bakalářská práce

Možnosti zlepšení jakosti vody v malých povodích
vlivem krajinného plánování z pohledu nutrietů

Autor: Daniel Vlk

Vedoucí bakalářské práce:
Ing. Jana Moravcová, Ph.D.

České Budějovice, duben 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniel VLK**
Osobní číslo: **Z12086**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Možnosti zlepšení jakosti vody v malých povodích vlivem krajinného plánování z pohledu nutrientů**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

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

Zpracování literární rešerše vztahující se k tématu bakalářské práce.

Popis látek způsobujících znečištění vody.

Analýza zdrojů nutrientů v malých povodích.

Vývoj zatížení malých povodí nutriety.

Možnosti snížení zatížení povrchových vod nutriety.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30 stran textu**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

BARTRAM, J., BALLANCE, R. (Eds.). 2005. Water Quality Monitoring. Oxon: Taylor Francis. ISBN 0-419-21730-4.

NOVOTNY, V. 2003. Water Quality. New Jersey: John Wiley Sons. ISBN 0-471-39633-8.

NOVOTNY, V., CHESTERS, G. 1981. Handbook of nonpoint pollution sources and management. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

PITTER, P. 2009. Hydrochemie. Praha: Vydavatelství VŠCHT. 573 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

WESTRICH, B., FÖRSTNER, U. (Eds.). 2007. Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. New York: Springer.

Časopisy Journal of Hydrology, Hydrological Processes, Water Research, Soil and Water Research, Vodní hospodářství ?

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana MORAVCOVÁ, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: **7. března 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**

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


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 7. března 2014

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce na téma Možnosti zlepšení jakosti vody v malých povodích vlivem krajinného plánování z pohledu nutrietů, a to v nezkrácené podobě ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. dubna 2015

Vlk Daniel

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucí Bakalářské práce paní Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady při vedení bakalářské práce a obzvláště pak za trpělivost a čas věnovaný její kontrole.

1.	Obsah	
2.	ABSTRAKT	7
3.	ÚVOD	9
4.	VYSVĚTLENÍ POJMŮ	10
5.	POVRCHOVÉ VODY	11
6.	ROZDĚLENÍ LÁTEK	15
7.	CHEMICKÉ SLOŽENÍ VOD	16
7.1.	DUSÍK.....	17
7.1.1.	AMONIAKÁLNÍ DUSÍK	18
7.1.2.	DUSITANY	19
7.1.3.	DUSIČNANY	19
7.2.	FOSFOR.....	20
7.2.1.	CELKOVÝ FOSFOR.....	21
7.2.2.	HLAVNÍ ZDROJE FOSFORU	21
8.	MONITOROVÁNÍ JAKOSTI POVRCHOVÝCH VOD	23
9.	PROBLÉMY POVRCHOVÝCH VOD	26
10.	JAKOST ZÁVLAHOVÉ VODY	27
11.	JAKOST VODY PRO AKVAKULTURY	28
12.	ZNEČIŠTĚNÍ V ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBĚ	30
13.	ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	31
14.	ZVÝŠENÁ HLADINA ŽIVIN	32
14.1.	VLIV EUTROFIZACE NA VODNÍ EKOSYSTÉM.....	34
14.2.	VODNÍ KVĚT	34
15.	MOŽNOSTI ZLEPŠENÍ JAKOSTI VODY VLIVEM KRAJINNÉHO PLÁNOVÁNÍ	36
15.1.	PŮDNÍ EROZE	37
15.2.	OCHRANA PŘED POVODNĚMI	38
15.3.	TYPY TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ.....	38
15.4.	SAMOČISTÍCÍ SCHOPNOST VODY	39
15.5.	BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	40
15.6.	ŘASY	41
15.6.1.	ODSTRAŇOVÁNÍ DUSÍKU A FOSFORU Z ODPANÍ VODY ŘASAMI.....	41
15.7.	MOKŘADY	42
15.7.1.	UMĚLÉ MOKŘADY	43
16.	ZÁVĚR	46
17.	POUŽITÁ LITERATURA	47
18.	PŘÍLOHY	53

2. ABSTRAKT

Tato práce má za cíl poukázat na problematiku zvyšování koncentrací živin v povodí, a následně v dalších přírodních složkách, především ve vodě. Práce se zabývá nejvíce problémovými živinami, které mají především vliv na kvalitu vody jako je dusík a fosfor. Následně je zde rozepsán koloběh obou již zmiňovaných látek. Právě tyto prvky přicházejí do prostředí vlivem lidské činnosti v nadměrném množství. Jejich přirozené koloběhy jsou tak narušeny, což může vést k znehodnocení přírodních stanovišť.

Klíčová slova: dusík, fosfor, eutrofizace vod, jakost vody, živiny

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the issue of increasing concentration of nutrients in the watershed, and subsequently in other natural ingredients, especially water . This thesis dealt with the most problematic nutrients that have affected the water quality such as nitrogen and phosphorus. Subsequently, there is cycle of both the above-mentioned substances described in detail. Particularly those elements get into the environment in excessive amount due to human activities. Therefore their natural cycles are distorted, and that can lead to natural habitats impairment.

Keywords : nitrogen, phosphorus , eutrophication , water quality , nutrients

3. ÚVOD

Voda je nezbytnou podmínkou života a hospodářského a civilizačního vývoje. Přestože s úspěchem umíme nahradit řadu přírodních materiálů syntetickými, voda zůstává jednou z nenahraditelných surovin. Význam vody v přírodě nespočívá jen v jejím množství a jakosti, ale také v přenosu energie a látek v jejím oběhovém cyklu (Hlavínek, Říha, 2004). Voda vyskytující se v přírodě není chemicky čistá. Mnohé látky přijímá již v atmosféře. K jejímu hlavnímu obohacení však dojde při styku s půdou, minerály a horninami (Pitter, 1999). Zhoršování čistoty vody na Zemi je součástí antropogenního tlaku na životní prostředí. Proto tento problém čistoty vody se stal problémem mezinárodním. Problém vody, především její čistoty, nerespektuje státní hranice a jeho řešení vyžaduje zvládnout nejen vodohospodářská hlediska, ale také ekologická, technicko- ekonomická a především sociálně- politická hlediska (Synáčková, 1994).

Cílem této práce je určení živin, které zvýšením své koncentrace ohrožují jakost vody, a tím způsobují další problémy i v jiných částech ekosystémů, a jejich odnos z povodí. Dále se bude zabývat faktory, které ovlivňují vyplavování těchto živin do vod. Sledovanými živinami jsou jak dusík, tak fosfor. Dusík, donedávna limitní živina pro většinu suchozemských ekosystémů, se s rozvojem průmyslu, výrobou zemědělských hnojiv a růstem počtu městského obyvatelstva stal živinou často nadbytečnou, pro některé přírodní systémy dokonce škodlivou (Oulehle et al., 2008).

4. VYSVĚTLENÍ POJMŮ

Nutrienty- živiny

Dusík spolu s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Patří do skupiny tzv. nutrientů, které jsou nezbytné pro rozvoj mikroorganismů. Uplatňuje se při všech biologických procesech probíhajících v povrchových, podzemních a odpadních vodách a při biologických procesech čištění a úpravy vody (Pitter, 2009).

BSK₅ - biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní

BSK₅ je ukazatel, udávající množství rozpuštěného kyslíku, spotřebovaného k biochemické oxidaci látek ve vodě za dobu 5 dnů při teplotě 20°C. Ukazatel vyjadřuje celkový obsah biologicky rozložitelných organických látek ve vodě recipientu (Pitter, 1999).

CHSK - chemická spotřeba kyslíku

Představuje komplexní ukazatel veškerého organického znečištění, bez ohledu na to, zda jde o látky biologicky rozložitelné či nikoliv. Odráží zejména znečištění z oblasti průmyslu, v jehož odpadních vodách se často vyskytují rezistentní organické látky (Langhammer, 2009).

5. POVRCHOVÉ VODY

Existují dvě definice povrchových vod. Podle ČSN 75 6511 povrchové vody tvoří vody povrchově odtékající nebo zadržované v přirozených nebo umělých nádržích. Zákon č. 138/1973 Sb. o vodách definuje povrchové vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu a je rozhodující spolu s doplňujícími nařízeními a předpisy při právní ochraně povrchových vod. Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních (Tureček, 2001).

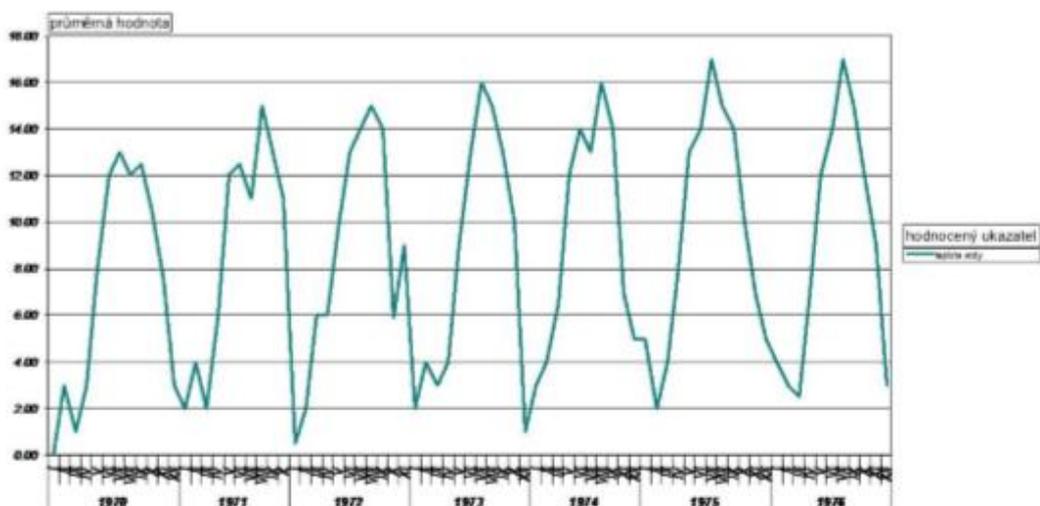
Z hlediska čistoty vody u nás jsou důležité vodní toky trvale tekoucí buď přirozeným korytem jako bystřiny, potoky, řeky, anebo v umělém korytě jako kanály a nádrže, anebo vody, nacházející se ve slepých ramenech a rybníky (Synáčková, 1994). Povrchové vody se vyskytují trvale nebo dočasně na zemském povrchu. Vznikají z atmosféry a z podzemní vody. Povrchové vody zásobované podzemními vodami jsou silněji mineralizované, při převaze atmosférických vod je mineralizace slabší (Říha, 2004)

Pro život vodních organismů a samočisticí schopnost povrchových vod je důležité množství rozpuštěného kyslíku. Jeho obsah ve vodě je funkcí teploty, obsahu organických látek a intenzity fotosyntézy. V letním období je obsah rozpuštěného kyslíku větší než v zimních měsících (Hlavínek, Říha, 2004). Značné rozdíly jsou nejen mezi různými toky a vodními nádržemi, ale i v různých místech téže nádrže, v různých hloubkách, v různých období roku. Ke změnám dochází dokonce i v průběhu dne (Drbal et al., 1985).

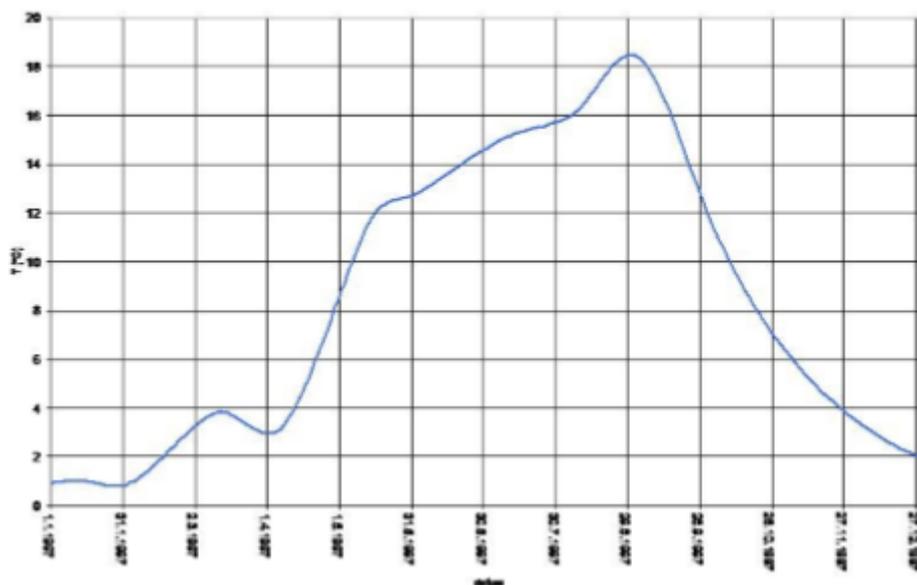
Pokud chceme hodnotit využitelnost povrchových vod jako zdrojů pro různé účely, například úpravu pitné vody, zavlažování zemědělských pozemků, nebo pro průmysl, nestačí zjišťovat pouze jejich množství. Rozhodující je v uvedených případech jakost povrchových vod, která v průběhu roku silně kolísá nejen v čase, ale liší se i v jednotlivých vrstvách vody zejména v hlubších nádržích (Hlavínek, Říha, 2004).

- VLIV TEPLoty NA JAKOST VODY

Z hlediska jakosti vody je její teplota významná z několika hledisek. Především tím, že ovlivňuje kyslíkový režim toku, veškeré biochemické procesy a v neposlední řadě i život organismů, spjatých s vodním prostředím (Langhammer, 2009).



Obrázek 1. Roční režim chodu teploty. Lužická Nisa- Proseč nad Nisou. Data: ČHMÚ



Obrázek 2. Roční chod teploty vody Vltava - Vyšší Brod, rok 2001. Data: ČHMÚ

- ZDROJE ROZPUŠTĚNÉHO KYSLÍKU VE VODĚ

Nejdůležitějším zdrojem kyslíku v povrchových vodách je atmosféra, ze které se do vodního prostředí dostává difúzí, další významný zdroj potom představuje fotosyntéza vodních rostlin. Výrazný vliv na množství kyslíku ve vodě má teplota a intenzita fotosyntézy.

Díky tomu koncentrace kyslíku ve vodě, které se v čistých povrchových vodách obvykle pohybují mezi 85-90% nasycení, výrazně kolísají v závislosti na změnách těchto parametrů a to jednak v průběhu roku, jednak v rámci dne (Pitter, 1999).

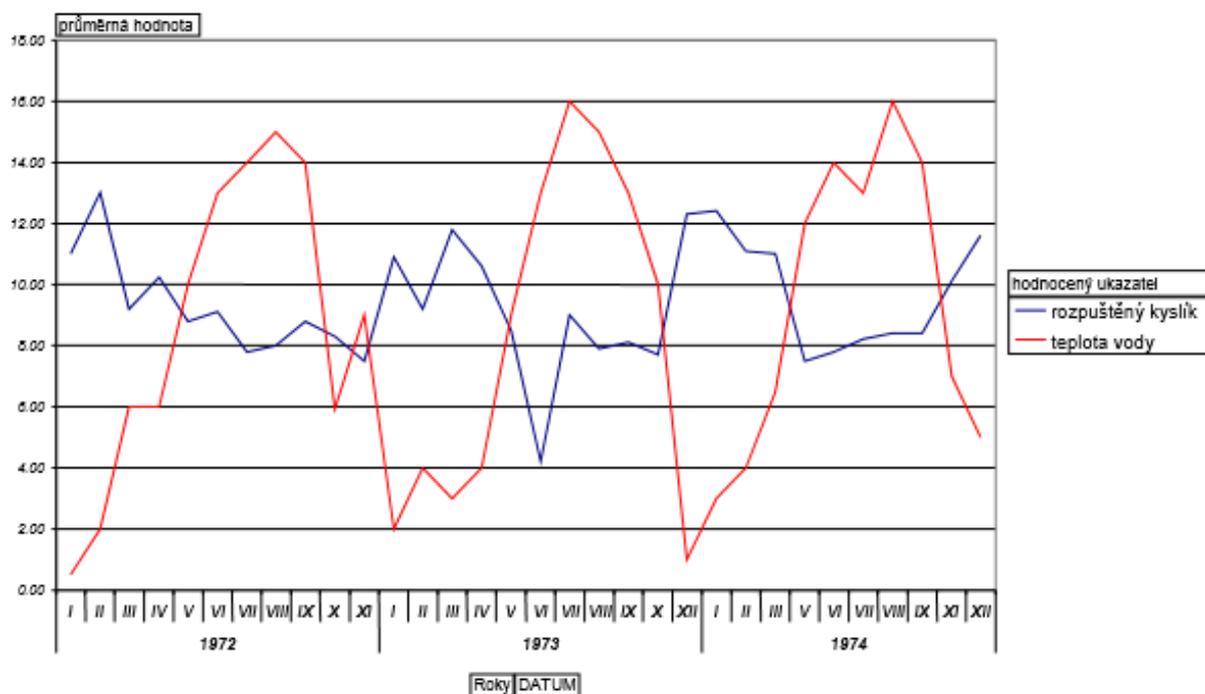
- SPOTŘEBA ROZPUŠTĚNÉHO KYSLÍKU VE VODĚ

Celkové množství rozpuštěného kyslíku v tocích rovněž významně ovlivňuje antropogenní činnost, konkrétně emise znečišťujících látek. Kyslík je totiž spotřebováván při procesech biochemického rozkladu organických znečišťujících látek – tzv. deoxigenaci. Poměr mezi rychlostí přísunu kyslíku – reaerace a jeho spotřeby deoxigenací je potom zásadním vyjádřením kyslíkových poměrů v toku (Grünvald, 1997).

Pokud je rychlost deoxigenace vyšší než rychlost reaerace, může dojít k vyčerpání veškerého rozpuštěného kyslíku v říční vodě a vzniku kyslíkového deficitu, v jehož následku dochází jednak k zastavení procesů přirozeného odbourávání znečištění, ale hlavně k možnému úhynu ryb a dalších živých organismů, vyskytujících se ve vodním prostředí. K takovému vývoji dochází zpravidla v důsledku vysoké zátěže rychle rozložitelnými organickými látkami, které se do toku dostávají nejčastěji jako splaškové komunální odpady či odpady ze zemědělské a průmyslové činnosti (Langhammer, 2009).

- CHOD ROZPUŠTĚNÉHO KYSLÍKU VE VODĚ

Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě vykazuje v dlouhodobém pohledu nepřímou závislost na teplotě vody. Kolísání je zřejmé jak v dlouhodobém režimu, tak u denního chodu. Denní nebo agregované hodnoty ukazují základní režimové informace. Při využití podrobných dat v podrobném kroku – v intervalech 10-30 min. je navíc možné od základního vlivu teploty navíc odseparovat efekt respirace vodních rostlin, zřejmý na denní a noční části cyklu (Langhammer, 2009).

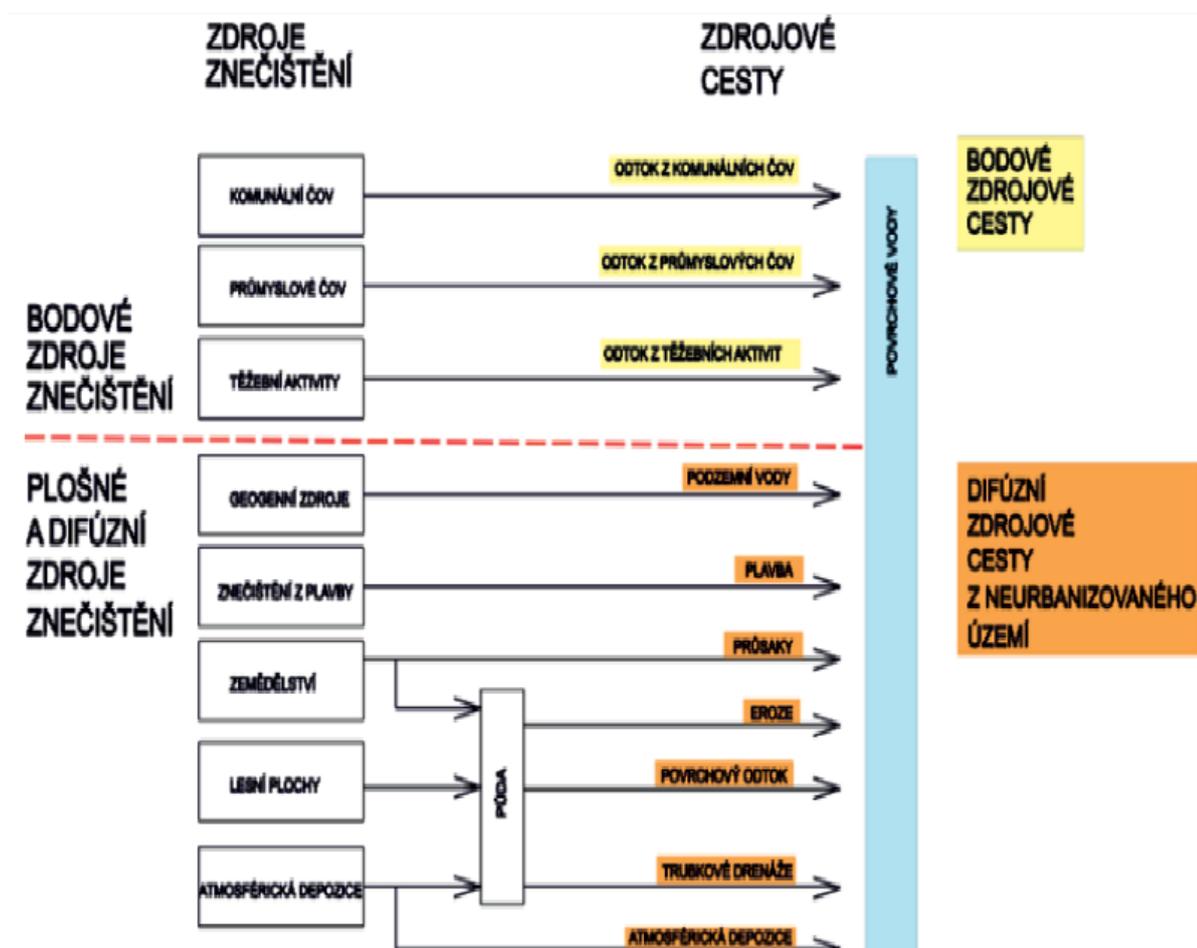


Obrázek 3. Rozpuštěný kyslík - dlouhodobý chod - srovnání s chodem teploty. Data: ČHMÚ

6. ROZDĚLENÍ LÁTEK

Škodlivé látky jsou látky, které při styku s vodou způsobují její kvalitativní znehodnocení, a tím snížení její užitkové hodnoty. Škodlivými látkami rozumíme produkty, suroviny, odpady, přípravky, jejíž složky se mohou dostat do odpadních vod, ale tyto látky za určitých okolností mohou úplně samostatně a nezávisle na použití vody znečišťovat povrchové a podzemní vody (Synáčková, 1994).

Závadné látky, které se vyskytují samostatně, nebo v odpadních vodách je možno rozdělit podle různých hledisek. Nejčastější je rozdělení podle místa vzniku, zdroje znečištění, povahy látek, vlivu na jakost a zdravotní nezávadnost vod.

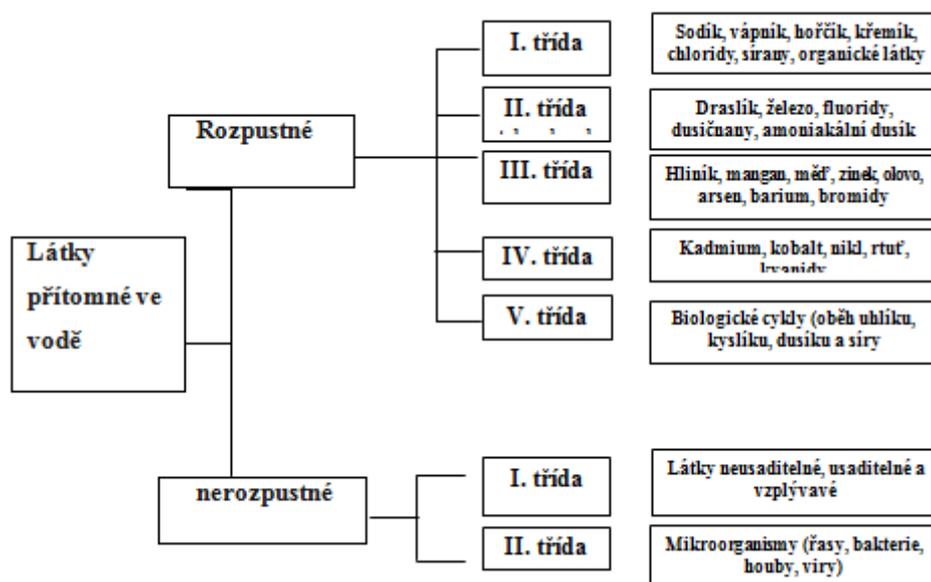


Obrázek 4. Bilance zátěže nutrienty ze zdrojů znečištění (Juráň, 2013).

7. CHEMICKÉ SLOŽENÍ VOD

Chemicky čistá voda je pouze destilovaná voda. Voda vyskytující se v přírodě je různě znečištěná a můžeme ji pokládat za roztok různých plynů, anorganických i organických látek (Hlavínek, 2006).

Dusík a fosfor jsou živiny, které jsou přirozenou součástí vodních ekosystémů. Dusík je také nejhojnější prvek ve vzduchu, který dýcháme. Dusík a fosfor podporují růst řas a vodních rostlin, které poskytují potravu a stanoviště pro ryby, korýši a menší organismy, které žijí ve vodě. (United States Environmental Protection Agency, 2014). Dusík spolu s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Uplatňují se při všech biologických procesech, probíhajících v povrchových, podzemních a odpadních vodách a při biologických procesech čištění vod (Synáčková, 1994).



Obrázek 5. Rozdělení látek ve vodě, (Synáčková, 1994)

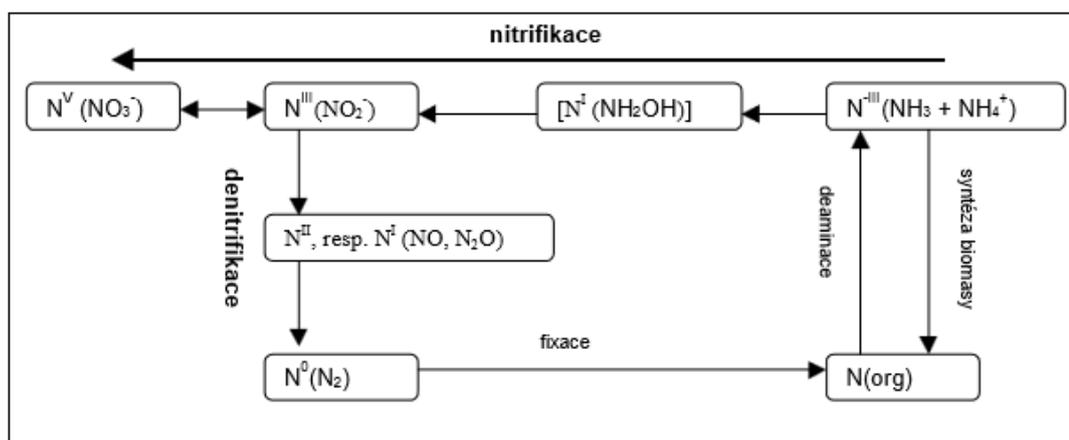
7.1 DUSÍK

Dusík (chemická značka N) patří mezi základní biogenní prvky, je čtvrtou nejhorší složkou živé hmoty. Hraje nezastupitelnou roli při tvorbě jednoho ze základních stavebních kamenů všeho živého (Šafarčíková et al., 2006). Lidská činnost dokáže koncentrace N v odtoku z povodí, obdobně jako je tomu u fosforu, významně zvyšovat. Dusík je přítomen v komunálních odpadních vodách, ale hlavně uniká ve formě dusičnanového N ze zemědělských půd. Ztráty ze zemědělské půdy závisí na poměru hnojení a odstraňování N ze systému v podobě vyprodukované biomasy a dále na způsobu obhospodařování, zejména na způsobu řízení mineralizačních procesů v půdě (Hejzlar, 2001).

Splaškové vody jsou jedním ze zdrojů organického dusíku. Člověk vylučuje denně asi 12g dusíku. Organického původu jsou i sloučeniny dusíku v odpadech ze zemědělských výroby (Synáčková, 1994). Z hlediska významu pro kvalitu vody považujeme za nejdůležitější formy dusíku amoniakální dusík, dusičnany a dusitany. Pro tyto formy výskytu jsou charakteristické různé zdroje znečištění a mechanismy transportu znečištění do toku (Langhammer, 2009).

Veškerý dusík je vyjádřen jako součet všech jeho forem, pozorovaných ve vodách – amoniakálního, dusitanového, dusičnanového a organického dusíku (Pitter, 1999). Obsah celkového dusíku můžeme vyjádřit jako součet čtyř hlavních forem výskytu – amoniakálního (N-NH₄⁺), dusitanového (N-NO₂⁻), (N-NO₃⁻) a organického dusíku (N_{org}):

$$N_{\text{celk}} = N\text{-NH}_4 + N\text{-NO}_2 + N\text{-NO}_3 + N_{\text{org}}$$

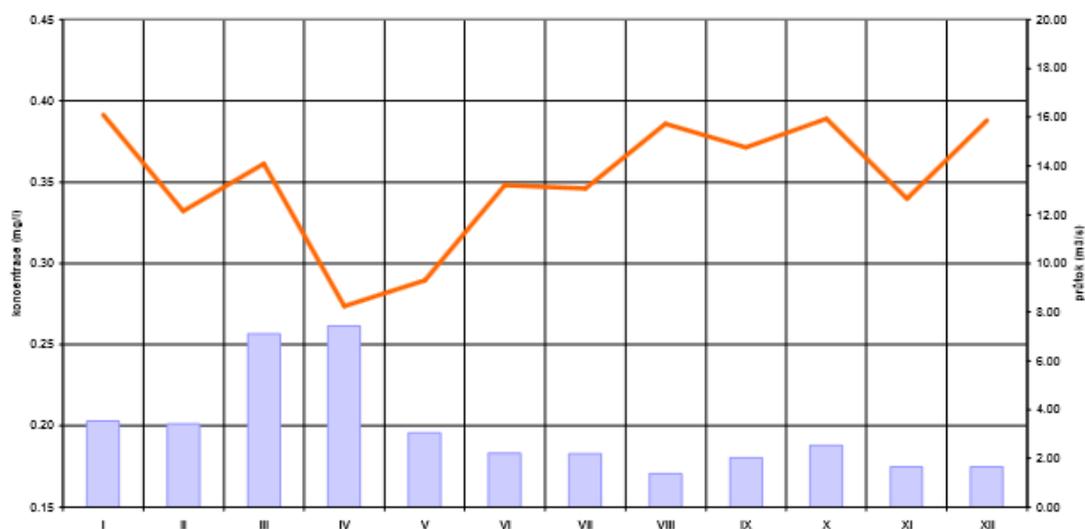


Obrázek 6. Koloběh dusíku ve vodách. Upraveno dle Pitter (1992).

17.1.1 AMONIAKÁLNÍ DUSÍK

Amoniak se v přírodních vodách vyskytuje obvykle v nízkých koncentracích, zpravidla do 0,2 mg/l. V závislosti na hodnotě pH může být ve vodě zastoupen disociovanou formou NH_4^+ a formou nedisociovanou jako NH_3 (Grünvald, 1997). Jako minerály se jednoduché amonné soli v přírodě nevyskytují, a nejsou proto ve vodách přírodního původu. Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu většiny organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Proto antropogenním zdrojem amoniakálního dusíku organického původu jsou především splaškové odpadní vody, odpady ze zemědělských výroby a kalová voda a anaerobní stabilizace čistírenských kalů (Pitter, 2009).

Volný amoniak (NH_3) se v povrchových vodách vyskytuje ojediněle a jeho výskyt vždy souvisí s havarijními stavy a úniky, často z provozů živočišné výroby. Díky nedostatečné úrovni čištění zde dochází k únikům nebo i cílenému vypouštění fekálních odpadů, které mají extrémní koncentrace amonných iontů, ale jsou závadné i z mikrobiálního hlediska (Langhammer, 2009).



Obrázek 7. Dlouhodobý roční chod koncentrací N-NH₄ na profilu Želivka-Soutice. Na grafu je zřejmý pokles hodnot v období vysoké vodnosti. Data ČHMÚ

7.1.2 DUSITANY

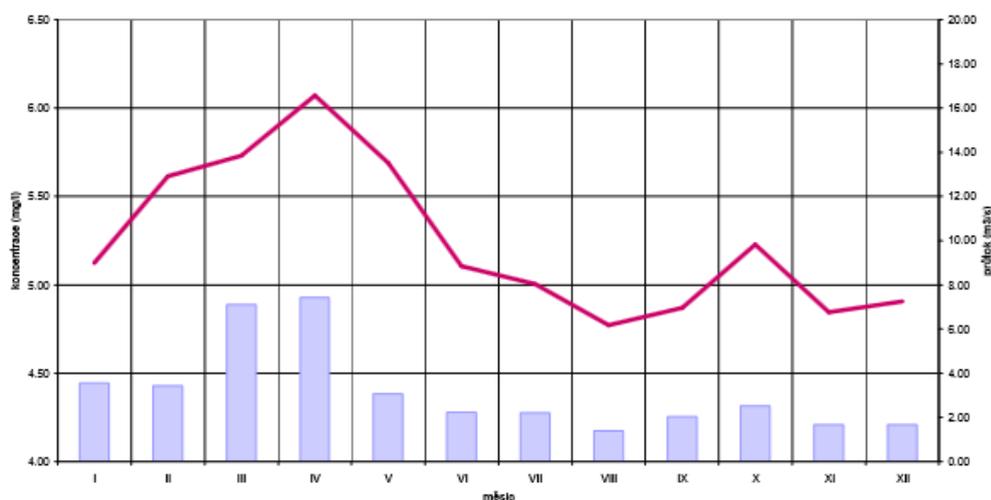
Jako minerály se dusitany nevyskytují. Pokud jsou přítomné ve vodách, vznikají zejména biochemickou oxidací amoniakálního dusíku (nitrifikací) nebo biochemickou redukcí dusičnanů (Pitter, 2009). Zvýšené koncentrace dusitanů se mohou vyskytovat ve vodách s intenzivním chovem ryb, zejména v recirkulačních systémech (Kroupová, 2005). Dusitany jsou ve vodách velmi nestálé. Mohou být biochemicky i chemicky oxidovány nebo redukovány. Velmi snadná je biochemická oxidace probíhající ve vodách v aerobních podmínkách. V anaerobních podmínkách přichází v úvahu biologická denitrifikace na elementární dusík, resp. N_2O . Proto lze dusitany často prokázat v nízkých koncentracích jako meziprodukt chemických a biochemických transformací sloučenin dusíku (Pitter, 2009).

7.1.3 DUSIČNANY

V minerálech jsou dusičnany obsaženy velmi zřídka. Vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku a jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Dalším zdrojem je hnojení zemědělsky obhospodařované půdy dusíkatými hnojivy.

Anorganického původu jsou dusičnany v atmosférických vodách, které jsou příčinou zvyšujících se koncentrací dusičnanů v povrchových vodách (Pitter, 2009). Hlavním zdrojem dusičnanů v povrchových vodách jsou plošné splachy ze zemědělsky využívaných ploch, kde se dusíkaté látky vyskytují jako součást hnojiv. Vzhledem k vysoké retenci dusíku v půdě se dusičnany uvolňují do podzemních a následně povrchových vod i velmi dlouhou dobu po odeznění příčinného znečištění (Goudie, 1993). Koncentrace v tocích během roku kolísá v závislosti na vegetačním období, neboť dusičnany představují významný zdroj živin pro vegetaci, která je z vody odčerpává.

Ve vegetačním období, tj. na jaře a v létě, kdy jsou dusičnany spotřebovávány vegetací, jsou koncentrace NO_3 v přirozených vodách nejnižší. Maximálních hodnot dosahují koncentrace dusičnanů v mimovegetačním období na podzim a v zimě, kdy jsou vymývány z půdy, v jejímž sorpčním komplexu jsou zadržovány pouze minimálně (Langhammer, 2009).



Obrázek 8. Dlouhodobý roční chod zátěže dusičnany v zemědělském povodí. Na grafu je zřejmý nárůst koncentrací v období zvýšených vodností a pokles ve vegetačním období. Profil Želivka-Soutice, 1970-2000 data ČHMÚ.

7.2 FOSFOR

Přirozeným zdrojem fosforu (chemická značka P) je rozpouštění některých minerálů a zvětralých hornin. Organického původu je P obsažený v živočišných odpadech. Splaškové vody obsahují také anorganické sloučeniny fosforu z pracích prostředků, na nichž se přidávají jako aktivační přísady (Synáčková, 1994).

Sloučeniny fosforu hrají významnou úlohu v přírodním koloběhu látek. Jsou nezbytné pro vyšší i nižší organismy, které je přeměňují na organicky vázaný fosfor. Po úhynu organismů a jejich následném rozkladu se fosforečnany opět uvolňují do prostředí. Fosforečnany se významně sorbují na dnových sedimentech a naopak, za určitých podmínek (snížení hodnot pH a deficit kyslíku) dochází opět k uvolňování fosforu do kapalně fáze. V takových případech lze zjistit ve vrstvě vody nad dnovým sedimentem poměrně vysoké koncentrace fosforu (i nad 1 mg.l^{-1}).

Bohaté na fosforečnany jsou také vody z rašelinišť. Zdrojem fosforu je v tomto případě rozklad rostlinné biomasy (Pitter, 2009).

7.2.2 CELKOVÝ FOSFOR

Pitter (2009) dělí celkový fosfor ve vodách na rozpuštěný (P_{rozp}) a nerozpuštěný (P_{nerozp}). Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor se dále dělí na anorganicky vázaný (P_{anorg}) a organicky vázaný (P_{org}). Balance (2005) dělí rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor na orthofosforečnanový ($P_{ortho.}$) a polyfosforečnanový ($P_{poly.}$). Celkový fosfor se stanovuje po mineralizaci vzorků vody peroxidisíranem nebo směsí kyseliny sírové a kyseliny dusičné, za varu. Nerozpuštěný anorganicky vázaný fosfor je tvořen různými fosforečnany Ca, Mg, Al. Nerozpuštěný organicky vázaný fosfor je přítomen v různých organismech jako fosfolipidy, fosfoproteiny, nukleové kyseliny atd. (Pitter, 2009)

7.2.3 HLAVNÍ ZDROJE FOSFORU

Fosfor je ze všech základních biogenních prvků nejméně hojný. Hlavní zdroj fosforu představují horniny a oceánské sedimenty, ve kterých je zastoupen jednou desetinou procenta. Vzduch a voda v přirozeném stavu obsahují velice málo fosforu (Synáčková, 1994).

Významné procento představuje fosfor vázaný v organismech (Kouřil et al., 2006). Dalším zdrojem organického fosforu je rozkládající se odumřelá fauna a flora, usazující se na dně řek, nádrží jezer (Synáčková, 1994).

Jedním z důležitých difúzních zdrojů fosforu je i vyluhování rostlin, zejména na podzim. Zatím získané výsledky naznačují, že vyluhování zbytků plodin velmi pravděpodobně přispívá ke zvýšené koncentraci rozpuštěného anorganického fosforu v tocích v těch oblastech, kde jsou zbytky po četných cyklech tání a mrznutí dopravovány po zmrzlém povrchu toků. Udává se, že každá tuna sedimentu obsahuje přibližně 0,5kg fosforu, který je vázán na jeho povrchu tak pevně, že ve vodě se rozpustí pouze nepatrné množství (Janeček, 2008).

- BODOVÉ ZDROJE FOSFORU

Z bodových zdrojů znečištění fosforu se na zátěži toků podílí obě hlavní složky - komunální splaškové vody a průmyslové odpadní vody. Komunální zdroje Hlavním a stabilním zdrojem emisí fosforu z komunálních zdrojů je fosfor z fekálních odpadů, přítomný ve splaškových odpadních vodách.

Druhou složkou zátěže fosforem z komunálních zdrojů je fosfor, obsažený v pracích a čistících prostředcích, využívaných v domácnostech. Udávaná průměrná produkce fosforu člověka za den se v literatuře různí, přičemž je zpravidla rozlišována celková produkce a hodnoty z vylučování. Pitter (2009) i Synáčková (1996) uvádějí celkové množství produkce fosforu na 3 g/os.den, přičemž čistá produkce vylučováním představuje 1,5 g/den. Analýza látkové bilance fosforu z komunálních zdrojů v České republice v devadesátých letech Nesměrák (1997) ukazuje na výrazně nižší hodnoty.

(Pitter, 1999)	(Nesměrák, 1998)
celková produkce 3 g/os/den	celková produkce 1,57 g/os/den
vylučování 1,5 g/os/den	vylučování 1,2 g/os/den

Tabulka 1. Nejčastěji používané hodnoty typické produkce fosforu z komunálních zdrojů (Langhammer, 2009).

8. MONITOROVÁNÍ JAKOSTI POVRCHOVÝCH VOD

Pro hodnocení kvality vody se jako základní vstupní údaj používá výsledek rozboru vody, odebrané z určitého pevně stanoveného místa, tzv. kontrolního profilu. Pro soustavné sledování, vyhodnocení a řízení kvality vody je v České republice provozována síť profilů jakosti vody, na kterých se v pravidelných intervalech odebírají a analyzují vzorky povrchové (Langhammer, 2009).

System sledování jakosti vody v tocích a nádržích je v současné etapě vývoje charakterizován růstem objemu získávaných a zpracovávaných informací, zejména v souvislosti s postupnou realizací sítě automatických analyzátorových stanic na tocích a nádržích a u rozhodujících zdrojů znečištění.

Tomuto rostoucímu objemu informací, respektive jejich stále nákladnější metody vyhodnocování získaných informací a systémové řízení jakosti vody v tocích (Neměrák, 1976). Monitorování jakosti povrchových vod je důležitým nástrojem k získání informací potřebných k hodnocení stavu a vývoje hydrosféry a ochrany zdrojů pitné vody. Systematické sledování jakosti vody v tocích v rámci státní sítě bylo zahájeno v roce 1963. Správcem státní sítě sledování jakosti vody v tocích je Český hydrometeorologický ústav. (Hydrologická ročenka České Republiky, 2004). Postup při monitoringu sestává z posloupnosti následujících činností dle Hlavínek, Říha (2004):

NÁVRH MONITORINGU- představuje umístění odběrných míst, určení sledovaných ukazatelů jakosti vody a stanovení frekvence vzorkování.

ODBĚRY VZORKŮ- obsahují stanovení způsobů odběrů a vlastního vzorkování, dále pak konzervaci a dopravu vzorků vody.

LABORATORNÍ ROZBORY- zahrnují určení metody analýzy a pracovního postupu, kontrolu kvality rozboru a zaznamenání výsledků rozborů.

MANIPULACE S DATY- je určení způsobu předání dat, třídění a verifikace dat, uložení dat do databáze, vypracování zpráv (ročenek) a zveřejnění dat.

ANALÝZA DAT- obvykle obsahuje základní statistickou analýzu, regresivní analýzu, analýzu časových řad a srovnání naměřených hodnot s předepsanými limity v jednotlivých ukazatelích. Součástí je i klasifikace jakosti vod a interpretace naměřených a zpracovaných údajů.

VYUŽITÍ INFORMACÍ- při rozhodovacím procesu v oblasti péče o jakost vody spočívá v návrhu formátu a ve vlastní prezentaci zpracovaných dat a jejich publikaci a ve zveřejnění výsledků na základě potřeb jednotlivých ukazatelů dat.

Návrh monitorovací sítě je nejdůležitějším krokem při sestavení koncepce monitoringu jakosti vody. Pokud síť měrných profilů neposkytuje reprezentativní obraz o jakosti vody v daném povodí, stávají se četnost vzorkování a interpretace výsledků nevýznamnými (Hlavínek, Říha, 2004).

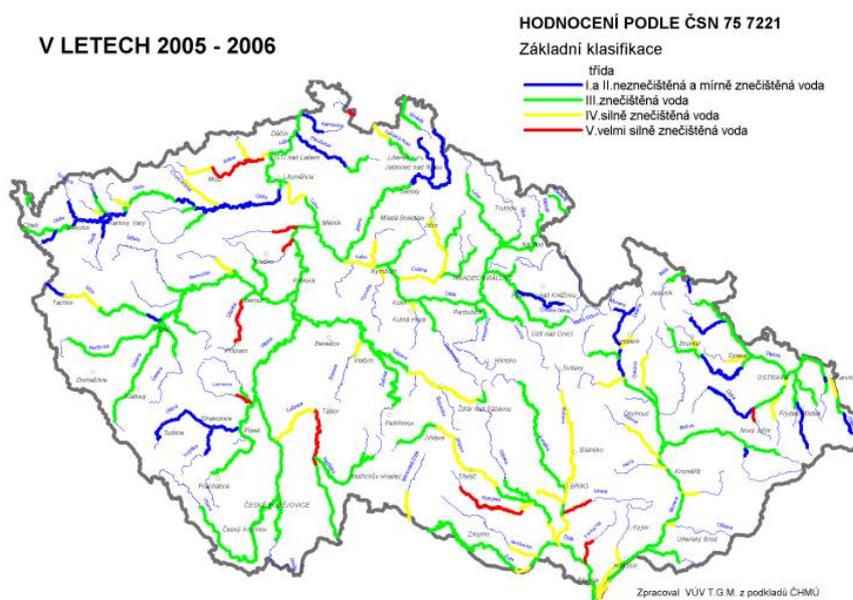
Třídy jakosti vody podle normy ČSN 75 7221:

třída	název	barva	Užití
I.	neznečištěná voda	světlemodrá	Vhodná pro všechna užití, např. chov lososovitých ryb, koupaliště, vodárenské účely. Má velkou krajínotvornou hodnotu. Odpovídá běžnému přírodnímu pozadí.
II.	mírně znečištěná voda	tmavomodrá	Obvykle vhodná pro většinu užití např. chov ryb, vodní sporty, vodárenské účely. Má krajínotvornou hodnotu Umožňuje existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
III.	znečištěná	zelená	Obvykle vhodná pro zásobování průmyslu, podmíněně pro vodárenské využití. Má malou krajínotvornou hodnotu. Existence bohatého, vyváženého a

			udržitelného ekosystému je v některých ukazatelích ohrožena.
IV.	silně znečištěná voda	žlutá	Vhodná jen pro omezené účely. Umožňuje existenci pouze nevyváženého ekosystému.
V.	velmi silně znečištěná voda	červená	Nehodí se obvykle pro žádný účel. Umožňuje existenci pouze nevyváženého ekosystému.

Ukazatel	třída jakosti vody				
	I.	II.	III.	IV.	V.
saprobní index makrozoobentosu	<1,5	<2,2	<3	<3,5	>3,5
BSK ₅	<2	<4	<8	<15	>15
CHSK _{Cr}	<15	<25	<45	<60	>60
N-NO ₃	<3	<6	<10	<13	>13
N-NH ₄	<3	<6	<10	<13	>13
P _{celkový}	<0,05	<0,15	<0,40	<1	>1

Tabulka 2. Vybrané ukazatele pro základní klasifikaci jakosti vody, (Langhammer, 2009).



Obrázek 9. Základní klasifikace podle tříd, (ČSN 75 7221)

9. PROBLÉMY POVRCHOVÝCH VOD

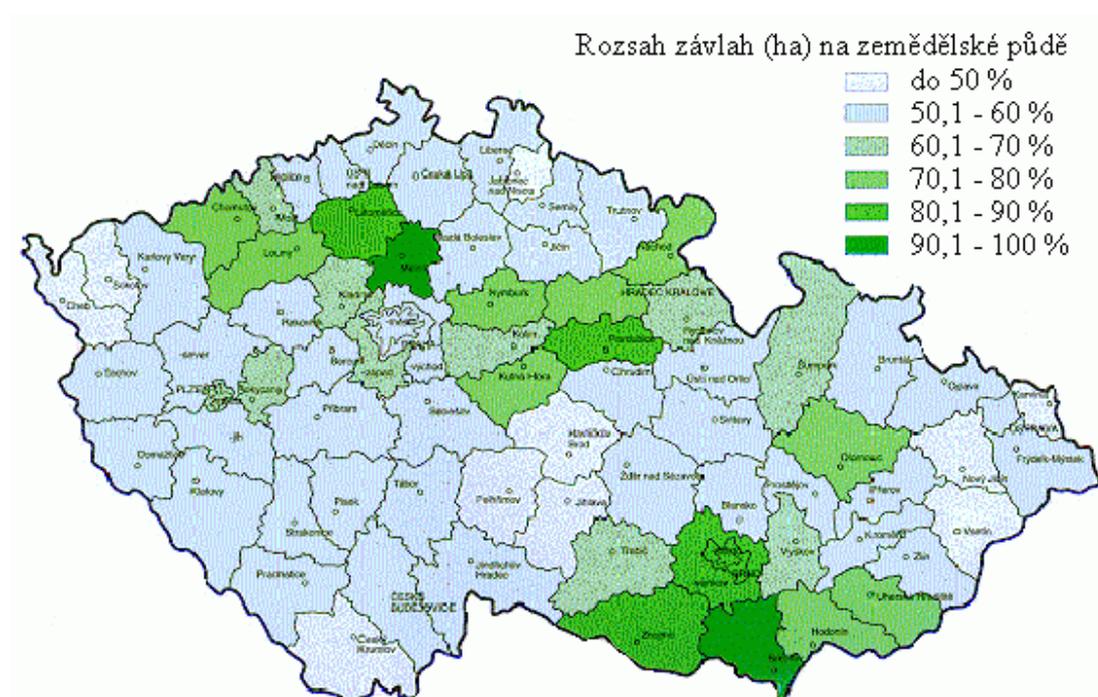
Udržení a zlepšení kvality životního prostředí patří ve světovém měřítku mezi hlavní ekologické problémy současného vývoje lidské společnosti. Stále významnějším přírodním zdrojem se stává čistá voda, jejíž ochrana a zajištění čistoty je prvořadým úkolem. Nejzávažnějším negativním jevem z tohoto hlediska je zvyšování koncentrace nežádoucích látek v přirozených vodách (Véber et al., 1986). Pro zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod je důležité současné snižování znečištění. Vývoj koncentrací hodnocených ukazatelů v ČR za posledních 20 let ovlivňovaly především změny související s množstvím vypouštěných odpadních vod. V současné době tak v ČR představují hlavní zdroje znečištění povrchových a podzemních vod difuzní a plošné znečištění živinami, znečištění obtížně odstranitelnými látkami vypouštěnými z bodových zdrojů a havarijní znečištění.

Podle analýzy znečišťování vod se v roce 1972 objemově nejvíce na znečišťování podílely vodohospodářské organizace, pak chemický průmysl, hornictví, zemědělství a výživa, těžký průmysl, ostatní rezorty a nejméně spotřební průmysl (Tůma, 1979). Ke snižování průměrné koncentrace organického znečištění ve vodních tocích, které pochází především z komunálních odpadních vod, přispívá nejen snižování produkce tohoto typu znečištění, ale též vysoká účinnost odstraňování na ČOV.

Z dlouhodobého pohledu se snižuje i průměrná koncentrace celkového fosforu, která v roce 2013 dosáhla ve vodních tocích 0,13 mg/l. Koncentrace dusičnanového dusíku ve vodních tocích oproti ostatním ukazatelům od roku 1993 tak výrazně neklesla a od roku 2000 má spíše kolísající trend (viz Graf 2).

10. JAKOST ZÁVLAHOVÉ VODY

Dalším typem užívání odebrané vody jsou závlahy. Představují významný regulační prvek zemědělského hospodaření, neboť eliminují důsledky sucha na tvorbu výnosu. Účelně řízeným a prováděným zavlažováním se vytvářejí podmínky pro stabilizaci podnikání na zemědělské půdě, a to jak v regionech srážkově deficitních, tak v oblastech s časově nevhodně rozdělenými srážkami ve vegetačním období (Langhammer, 2009).



Obrázek 10. Podíl zavlažované zemědělské půdy na zemědělské půdě v jednotlivých okresech ČR (www.MZe.cz)

11. JAKOST VODY PRO AKVAKULTURY

Jakost vody pro rybářství je nutno posuzovat nejenom z hlediska jejího přímého působení na ryby, ale i z hlediska podmínek zaručujících vývin potravy pro ryby. Odolnost různých druhů ryb se velmi liší, proto se přípustné koncentrace udávají skupinově, zvláště pro kaprovité a zvláště pro lososové ryby. Jednou z hlavních podmínek je dostatečná koncentrace rozpuštěného kyslíku, který ryby potřebují k dýchání. Protože rozpuštěný kyslík se spotřebovává rozkladem organických látek, bývá ve vodách určených pro chov ryb stanovena limitní hodnota BSK₅ (Pitter, 2009). Voda v rybnících musí obsahovat optimální množství biogenních prvků a splňovat požadavky na fyzikální a chemické. K těm nejdůležitějším patří dle Čítek (1998):

Teplota vody - je významným fyzikálním činitelem regulujícím životní pochody ve vodním prostředí. Je závislá na slunečním záření, charakteru vodní nádrže, počasí, pohybu a míchání vody, její průhlednosti, barvě a dalších činitelích.

Pro chov ryb je nejvhodnější teplota vody v rybníce ve vegetačním období 20-24 °C (pro chov kaprovitých a sumcovitých ryb je nejvhodnější teplota 22 – 25 °C, pro chov síhovitých ryb 18 – 22 °C, u lososovitých 16 – 18 °C.

Reakce pH vody - v rybníčních vodách se obvykle pohybuje v rozmezí 6,5 až 8,3. Kyselou reakci vyvolávají huminové látky z rašelinových nebo lesních půd, kyselé rozkladné procesy. Alkalickou reakci mohou vyvolat výluhy alkálií z okolních pozemků, vápnění rybníků, odčerpání oxidu uhličitého při fotosyntetické asimilaci zelených organismů. V takových případech se hodnoty pH pohybují i mimo výše uvedené rozmezí.

Obsah plynů ve vodě – do vody se dostávají plyny difúzí z atmosféry. Pro chov ryb má největší význam kyslík a oxid uhličitý. Zdrojem kyslíku je vedle difúze zvláště fotosyntéza vodních rostlin. Oxid uhličitý je produkován při bakteriálním rozkladu organických látek a při dýchání vodních organismů.

Anorganické látky - z anorganických látek se jedná především o jednotlivé formy dusíku (dusičnany, dusitany, amoniak), fosfor (ortofosforečnany, polyfosforečnany), vápník (ve formě uhličitanů, fosforečnanů, síranů a dalších sloučenin), dále sodík, draslík, hořčík, železo, hliník, mangan.

Organické látky - přítomné ve vodě rozdělujeme na živé a neživé. K živým patří všechny rostliny od nejnižších organismů až k nejvyšším. Vytvářejí biomasu, která navazuje na sekundární produkci. Do rybníční vody se dostávají i organické látky neživé, které se mohou uvolňovat z dnových sedimentů, nebo smyvem z okolních pozemků. Zdrojem organických látek mohou být i odpady ze zemědělské či průmyslové výroby, nebo splaškové odpadní vody.

12. ZNEČIŠTĚNÍ V ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBĚ

Nepříznivý vliv zemědělské velkovýroby na životní prostředí nespočívá v principu použitých technologií, ale v jejich nesprávném nebo neúměrném používání, v nezkušenosti, neznalosti nebo nedbalosti pracovníků, v podceňování rizika, které je spojeno s produkcí a používáním závadných látek ve smyslu Vyhlášky č.6/1977sb. Celková produkce znečištění ze zemědělské velkovýroby převyšuje bilančně ostatní druhy znečištění.

Většinou těchto odpadů lze dodatečnými procesy zpracovat a přímo nebo po úpravě znovu využít v zemědělství, čímž se tyto látky zapojují zpět do přírodního koloběhu (Hlavínek, 2006) Zemědělské odpadní vody mají složení podobné komunálním vodám (Kadlec, Knight, 1996). Mezi hlavní znečišťující látky patří průmyslová hnojiva. Průmyslová hnojiva jsou v přírodě cizorodým elementem a vyvolávají rozmanité změny, které se projevují především změnou chemického složení podzemních vod. Průmyslová hnojiva se dostávají do podzemních vod únikem ze skladů, skládek a z aplikace na zemědělských pozemcích (Synáčková, 1994).

13. ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Významným zdrojem znečištění vodního prostředí jsou komunální odpadní vody. Po rozsáhlé výstavbě čistíren odpadních vod v nedávné minulosti se sice výrazně zvýšila kvalita vody v našich tocích, a to především z hlediska jejich zatížení organickými látkami a živinami (dusík, fosfor), nicméně řada vědeckých studií dokládá, že stávající čistírenské technologie nedokáží eliminovat řadu biologicky aktivních sloučenin. Tyto sloučeniny se prostřednictvím „vyčištěných“ odpadních vod vypouštěných z ČOV dostávají do vodního prostředí, kde mohou ovlivňovat (a také mnohdy ovlivňují) přítomné organismy (Randák, 2010).

Jednou z hlavních priorit při čištění odpadních vod v čistírnách odpadních vod (ČOV) je odstranit z čištěné vody s maximální možnou účinností sloučeniny dusíku. Při vysokých koncentracích amoniakálního dusíku v přírodních vodních hrozí nebezpečí poklesu koncentrace rozpuštěného kyslíku, neboť dochází k jeho spotřebě v důsledku průběhu přirozené nitrifikace, tedy biochemické oxidace amoniakálního dusíku za aerobních podmínek na dusičnany (Švehla et al., 2007).

Množství splaškové vody, přitékající do čistírny, závisí na kolísání odběru vody z vodovodní sítě. U větších měst se projevuje retenční schopnost stokového systému, proto jsou extrémy menší a časově posunuty. Průměrné množství splaškových vod závisí na struktuře vybavenosti bytů a měst (Synáčková, 1994).

14. ZVÝŠENÁ HLADINA ŽIVIN

Přírozená eutrofizace znamená obohacování živinami prostřednictvím přírodních procesů, např. hromadění živin v dolních pásmech vodních toků. S rozvojem průmyslu a nástupem jeho produktů začala nabývat na významu kulturní eutrofizace, která dnes zcela převažuje (Šafarčíková et al., 2006). Eutrofizace je růst živin obsahu minerálních živin, zejména sloučenin fosforu a dusíku.

Přírozená eutrofizace nelze ovlivnit a je způsobena přítomností sloučenin P a N, pocházejí z půdy dnových sedimentů a rozkladem odumřelých vodních organismů (Synáčková, 1994)

Jednou z příčin zhoršování jakosti povrchových vod je také eutrofizace. Jedná se o soubor přírodních a uměle vyvolaných pochodů, kterými se v tekoucí nebo stojaté vodě zvyšuje obsah biogenních prvků, což má za následek zvýšenou produkci biomasy. Důsledkem těchto pochodů je zhoršení kvality vody. Stoupá zákal, vzniká zabarvení, pach v krajních případech může být voda toxická pro vyšší organismy (Hlavínek, Říha, 2004).



Obrázek 11. Dusíkem prosycený okraj pole, zarůstající Kopřivou dvoudomou (*Urtica dioica*). Autor snímku: Simona Šafarčíková.



Obrázek 12. porost Křídlatky japonské (*Reynoutria japonica*), v podrostu Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). Autor snímku: Simona Šafarčíková.

průměrná hloubka nádrže (m)	přijatelné zatížení g/m ²		Nebezpečné zatížení g/m ²	
	N	P	N	P
5	1,0	0,07	2,0	0,13
10	1,5	0,1	3,0	0,2
50	4,0	0,25	8,0	0,5

Tabulka 3. Poměr N:P u vybraných nádrží ČR (Hejzlar, 1994).

- EUTROFNÍ VODA

Eutrofní voda (nádrž, jezero, tok) je voda bohatá na živiny, s velkou primární i sekundární produkcí a produkcí ryb. V důsledku větší koncentrace organických látek dochází někdy až k úplnému vyčerpání kyslíku z vody hypolimnia. Rozlišuje se přirozená eutrofizace, kterou nelze ovlivnit a která je způsobena přítomností sloučenin P a N. Antropogenní eutrofizace, která je výsledkem civilizačního procesu (Pitter, 2009).

14.1 **VLIV EUTROFIZACE NA VODNÍ EKOSYSTÉM**

Zvýšený přísun fosforu a dusíku do vod se podobně jako v suchozemských ekosystémech projevuje vysokou produktivitou některých organismů na úkor druhové bohatosti a rovnováhy. Zvýšené hladiny živin ve vodách umí nejlépe využít řasy a sinice (fytoplankton), které se rychle množí a rapidně rozšiřují svou populaci. Vyšší rostliny jsou většinou vytlačovány a postupně mizí (Pešata et al., 2006).

Další faktory ovlivňující růst populací řas a sinic jsou rozmanité, ale snáze ovladatelné a kontrolovatelné. Je to především dostatečný přísun živin, ovlivnitelný jejich vhodným přidáváním a mícháním kultur, přiměřená hodnota pH prostředí a nepřítomnost inhibitorů růstu a parazitujících organismů (Véber, 1986).

14.2 **VODNÍ KVĚT**

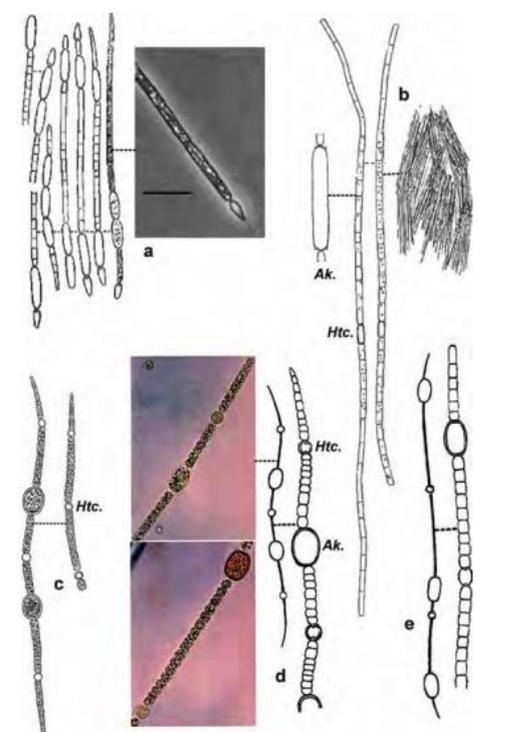
Vodní květy sinic (cyanobakterií) jsou významným ekologickým faktorem. Tyto populace fototrofních, prokaryotních mikroorganismů nejsou stabilní a velmi plasticky se mění v prostoru a čase.

Jejich složení je do značné míry závislé na změnách v obhospodařovaných a technologických procesech, velká adaptabilita jim však umožňuje jak přizpůsobení k měnícím se podmínkám, tak i migrace v různých oblastech (Komárek, 2014). Vodní květ je okem patrné přemnožení sinic, ke kterému dochází při nadbytku živin. Přemnožené sinice se hromadí u hladiny v podobě modrozelené kaše. Dominantní rody vodních květů jako *Anabaena*, *Microcystis*, produkují stejně jako ostatní sinice toxiny, které způsobují značné problémy. Mohou ohrozit vodní živočichy nebo člověka při koupání (Šafarčíková, 2006).

Pod pojmem vodní květ se rozumí v technické hydrologii hromadný rozvoj řas. Vodní květ se nachází na celém světě, jak v teplých oblastech, tak v chladnějších. V největším množství se vyskytuje vodní květ v akumulovaných vodách (Hindák, 1993). Sinicový vodní květ, který se nejčastěji vyskytuje v našich

vodách, je na začátku vegetačního období nejvíc zastoupený na dně. Při teplotě 12-16°C se začne vznášet k hladině (Onderíková, 1972).

Sinice se uplatňují nejen jako intenzivní producenti organické hmoty, ale ovlivňují i potravní řetězce ve vodních biocenózách a uplatňují se v nich i svou metabolickou aktivitou, například schopností přijímat atmosférický dusík, srážením uhličitanu vápenatého nebo produkcí syanotoxinů (Komárek, 2014).



Obrázek 13. příklady invazních druhů sinic tvořících vodní květy v ČR:

A=Cylindrospermopsis raciborskii, B= aphanizomenon yezoense,

C= Chrysochloris minor, D= Chrysochloris bergii, E= Chrysochloris ovalisporum

15. MOŽNOSTI ZLEPŠENÍ JAKOSTI VODY VLIVEM KRAJINNÉHO PLÁNOVÁNÍ

Krajinné plánování je racionální činnost, která převážně formou preventivně vyhotovené dokumentace reguluje činnost člověka v krajině. Některé z forem krajinného plánování jsou zřetelně definovány zákonem, jiné jsou formulovány na konkrétní území, jeho problémy, potřeby. Z legislativního hlediska můžeme rozlišovat obligatorní formy krajinného plánování, podmíněné obligatorní formy, fakultativní formy (Sklenička, 2003).

Obecně platné cíle krajinného plánování formuluje Sklenička (2003)

- Vyvážený socio-ekonomický rozvoj regionů.
- Zlepšování životních podmínek obyvatelstva.
- Zodpovědné zacházení s přírodními zdroji a ochrana životního prostředí.
- Racionální využívání území.

- REVITALIZACE ŘÍČNÍCH SYSTÉMŮ

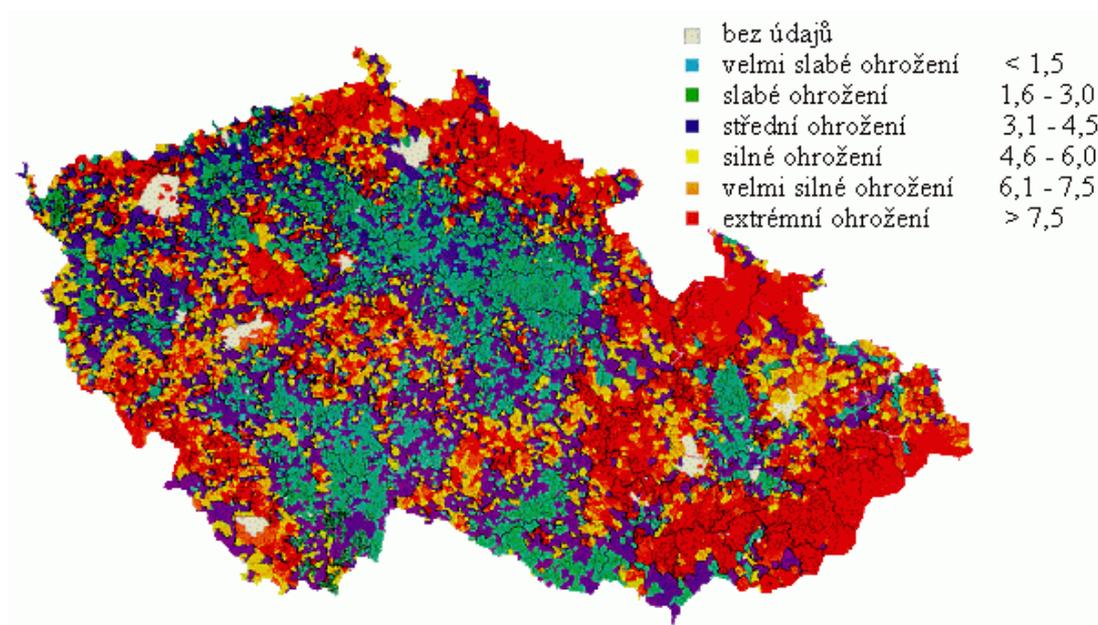
Revitalizaci je možno vnímat jako snahu o odhalení příčin, které způsobily ekologickou destabilizaci hydrosystémů, a ty se pokusit zmírnit nebo aspoň stabilizovat. Obvykle jsou revitalizační projekty v praxi úzce koncentrovány na změnu morfometrických charakteristik koryta vodního toku – vytvoření tzv. přírodě blízkého koryta s typickými makro-, mezo- a mikrostrukturami a vytvoření zatravněných doprovodných vegetačních pásů s typickou dřevinnou skladbou. Revitalizace však striktně nedefinují postupy, kterými je možné dosáhnout zlepšení ekologického stavu vodního toku. V obecné rovině je možné zvolit umělé vytvoření přírodě blízkého stavu člověkem, ponechání osvobozeného vodního toku samovolnému vývoji (Matoušková, 2003).

15.1 PŮDNÍ EROZE

Eroze, při které je půda rozrušována a odnášena vodou nebo větrem, poškozuje výrazně nejen půdu, ale také znečišťuje erozními produkty vody, zvláště povrchové. Spolu působícím faktorem je sama voda, které z dešťů a tání sněhu stéká po sklonité půdě plošným povrchovým odtokem a přitom půdu smývá, vymílá a odnáší do koryt vodních toků a nádrží (Jůva, 1980).

- OCHRANA PŘED PŮDNÍ EROZÍ

Důležitým faktorem ochrany vod je i protierozní ochrana, neboť v ČR je vodní erozí ohroženo téměř 54 % orných půd, to je těch, které leží na svazích se sklonem přes 3°. Eroze ochuzuje půdu o nejurodnější podíl - ornici a snižuje obsah živin a humusu v půdě. Zvýšený povrchový odtok následně ohrožuje níže ležící území, smyté nerozpuštěné látky zanášejí koryta vodních toků a nádrže a představují potenciální nebezpečí i pro jakost vody ve vodních tocích (Kvítek et al., 2004).



Obrázek 14. Potenciální ztráta půdy vodní erozí v katastrech České republiky
(www.MZe.cz)

15.2 OCHRANA PŘED POVODNĚMI

Ochrana před povodněmi je řízena povodňovými orgány, které ve své územní působnosti plně odpovídají za organizaci povodňové služby, řídí, koordinují a kontrolují činnost ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Plocha území chráněného před povodněmi v České republice je 1 237 km². Při povodni se postupuje podle povodňových plánů a pokynů povodňových orgánů. Povodňové plány se každoročně přezkoumávají a podle potřeby doplňují a upravují (Kvítek et al., 2004).

15.3 TYPY TECHNICKÝCH PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ

Protierozní ochrana půdy nejčastěji rozeznává následující typy technických protierozních rozdělení dle Kadlec (2014), Janeček et al. (2007)

TERÉNNÍ UROVNÁVKY- spočívají především pro odstranění lokálních nerovností a terénních útvarů, které významným způsobem ovlivňují směrování povrchového odtoku.

PROTIEROZNÍ PŘÍKOP-liniový prvek, umístěný na pozemku v místě nutného přerušení svahu.

PŘÍKOP ZÁCHYTNÝ- brání přítoku vnějších vod na pozemek nebo chráněnou lokalitu. Úkolem je zachytit povrchový odtok z plochy a odvést ho mimo zájmovou plochu.

PŘÍKOP SBĚRNÝ- cílem je zkrátit volnou délku povrchového odtoku tak, aby nedocházelo k překročení přípustné ztráty půdy.

PROTIEROZNÍ PRŮLEH- jedná se o prvek s hlavní funkcí přerušení délky svahu zachycením vody s jejím neškodným odvedením nebo zasáknutím.

PROTIEROZNÍ MEZ- je navrhována jako nízká hrázka, zpravidla spojená s mělkým příkopem či průlehem. Hrázka bývá osázena vhodnou vegetací, případně je možno na ni umístit kameny.

TERASA- opatření na svažitéch pozemcích sloužících ke zmenšení jejich velkého sklonu terénními stupni, k rozdělení svahu na úseky, aby povrchový odtok nedosáhl nebezpečného erozního účinku.

PROTIEROZNÍ CESTA- polní cesta je kombinovaným typem opatření, kdy běžná místní komunikace je cíleně vedena v přibližně vrstevnicovém směru a je umístěna do prostoru, kde je třeba přerušit příliš dlouhý a erozně ohrožený svah.

PROTIEROZNÍ HRÁZKA- jsou používány ve spojení se záchytným příkopem, nebo průlehem

15.4 SAMOČISTÍCÍ SCHOPNOST VODY

Samočistící pochody probíhají ve všech typech vod, přičemž v tekoucích vodách bývá schopnost samočištění obvykle větší než ve vodách stojatých. Nejúčinněji a nejrychleji probíhá samočištění v mělkých peřejnatých tocích, kde mineralizaci látek napomáhá dobré prokysličování vody a také častý styk molekul znečištění s mikrobiálními nárosty na dně toku.

Naopak v pomalu tekoucích vodách a tím více ve stojatých jsou v důsledku zvýšené sedimentace organické a jiné znečišťující látky ve velké míře ukládány do sedimentů dna, kde poté probíhá jejich poměrně pomalejší anaerobní rozklad. Samočistící procesy zpravidla vykazují lepší průběh během letního období (Hyánek, 1991).

15.5 BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Nejen řasy, ale i vyšší rostliny se vyznačují významnou akumulací kapacitou pro minerální ionty živných i některých toxických látek rozpuštěných ve vodě. Údaje o vysoké koncentraci živin ve vodních rostlinách vedly k úvahám o čištění odpadní vody přerodem přes louky vodní vegetace nebo kontinuálních kultivací autotrofních mikroorganismů v odpadních vodách a v odpadních vodních nádržích (Véber, 1986).

Chemismem půdy, vody a obsahem minerálních živin v pobřežních a vodních rostlinách se zabývají četní autoři. Marsh (1955) uvádí starou praktiku čištění některých oblastí pomocí (*Typha latifolia* a *Typha angustifolia*).

O použití vysokoprodukčních vodních a pobřežních rostlin k odčerpávání živin z vodního prostředí informuje například Boyd (1970), který doporučuje orobinec širokolistý, který dne jeho údajů může odčerpat za rok až 0,26t dusíku a 0,45t draslíku z hektaru odpadní nebo eutrofizované vody. Tokozelka nadmutá-vodní hyacint (*Eichhornia crassipes*), která odčerpá 0,2t dusíku a 0,32t draslíku z hektaru za rok. Jako bahenní rostlinu pro mírně kyselé vody doporučuje tokozelku blankytnou (*Eichhornia azurea*).

Typha latifolia je též pozoruhodná pro vysokou akumulaci těžkých kovů. Může sloužit i jako bioindikátor znečištění. Numam (1970) vypočítal plochu potřebnou pro vegetaci, která by byla schopna eliminovat ve vodě obsažené živiny. Potřeba těchto ploch by byla obrovská. Pro odstranění denní exkrece fosforu, při 3g připadajících na jednoho obyvatele, z kanalizační vody města by bylo potřeba více než 1220ha porostů skřípince, který kromě toho musel být stále z jezera odstraňován. Pro vyčištění denní dávky dusíku by bylo dokonce zapotřebí 260 000ha porostní plochy.

Mason, Bryant (1975) měřili produkci a obsah minerálních živin v rákosovém porostu v Nerfolku. Zjistil sezónní výkyvy v obsahu jednotlivých prvků, zabýval se též dekompozicí suché biomasy. Přibil (1973) studoval sezónní a krátkodobé změny fyzikálních a chemických vlastností vody v porostech rákosu. Solski (1962) se zabývá obsahem dusíku, fosforu a draslíku v porostech některých rákosin, včetně

rákosu, vyskytujících se v Odře. První přehled analýz popelovin rákosu podle mnoha různých pramenů zpracoval Hurlimann (1951).

15.6 ŘASY

Řasy jsou schopny odčerpávat dusíkaté látky a těžké kovy, například zinek, při vsádkové kultivaci i bez přidavků dalších živin. Stačí jim to malé množství živin, které se dodá inokulem, aby rostly prakticky tak dlouho, jako kontrolní kultury, do dosažení maximální koncentrace řas v suspenzi. Při kontinuálním nebo semikontinuálním procesu by ovšem bylo nutno deficitní živiny, jako například fosfát, přidávat v nejmenším nutném množství, aby se zajistil trvalý růst kultur (Véber, 1986).

Použití autotrofních řas a sinic k dočišťování odpadních vod předpokládá kombinaci s heterotrofními mikroorganismy podle následujících premis dle Véber (1986):

- a. Heterotrofní mikroorganismy rozkládají komplex organických látek v odpadech na formy využitelné řasami, tj. na oxid uhličitý, amoniak, fosfáty, sulfáty a další mineralizované živiny.
- b. Řasy při fotosyntéze asimilují oxid uhličitý a vylučují kyslík, který je spotřebováván bakteriemi a jinými heterotrofy při oxidaci organických nečistot.
- c. Řasy přispívají k vysrážení fosfátů při zvýšení pH prostředí následkem odčerpávání oxidu uhličitého a k sorpci a vysrážení iontů těžkých kovů.

15.6.1 ODSTRAŇOVÁNÍ DUSÍKU A FOSFORU Z ODPANÍ VODY ŘASAMI

Tabulka 4 uvádí bilanci veškerého dusíku a fosforu na počátku a konci jednorázové kultivace (doba 1 týden) řasy *Scenedesmus acutus* v různě koncentrované vodě. Z tabulky je patrné významné snížení koncentrace dusíku a fosforu v kultivačním prostředí. Procento odstranění fosforu přitom klesá rostoucím podílem odpadní vody v kultuře řas. Rovněž při kultivaci *Chlorella vulgaris*

v odpadní vodě dochází ke snížení koncentrace veškerého dusíku a fosforu v kultivačním prostředí, jak je patrné z tabulky 5 (Véber, 1986).

Podíl odpadní vody v suspenzi (% obj.)	Veškerý N			Veškerý P		
	Počátek kultivace (mg/l)	Konec kultivace (mg/l)	Odstranění (%)	Počátek kultivace (mg/l)	Konec kultivace (mg/l)	Odstranění (%)
14,3	329	9,3	97,2	44,8	1,7	96,0
25,0	575	16,2	97,2	78,5	8,2	89,5
33,3	765	25,9	96,6	104,5	15,8	81,2

Tabulka 4. Bilance veškerého dusíku a fosforu v jednorázových kulturách řasy *Scenedesmus acutus* v odpadní vodě

Podíl odpadní vody v suspenzi (% obj.)	Veškerý N			Veškerý P		
	Počátek kultivace (mg/l)	Konec kultivace (mg/l)	Odstranění (%)	Počátek kultivace (mg/l)	Konec kultivace (mg/l)	Odstranění (%)
10,0	230	58	74,8	31,4	9,4	70,0
20,0	460	73	84,1	62,8	30,5	51,4
26,7	614	34	94,5	83,8	74,0	11,7

Tabulka 5. Bilance veškerého dusíku a fosforu v jednorázových kulturách řasy *Chlorella vulgaris* v odpadní vodě

15.7 MOKŘADY

Mokřad je poměrně nový český výraz označující všechny typy mělce zatopených nebo podmáčených míst jako jsou močály, bažiny, rašeliniště, pobřežní pásma jezer nebo rybníků, nivní lesy a louky.

Mokřady jsou místa osídlená vegetací vyžadující trvalé anebo periodické zaplavení nebo podmáčení. Odum (1993) říká: "Mokřiny a bažiny by se nyní měly ve většině případů klasifikovat jako půdní plochy typu VIII (to znamená, že jsou

produktivní pouze v přirozeném stavu jako stanoviště lovné zvěře, popřípadě se hodnotí z hlediska rekreace, scenérie, ochrany povodí nebo z jiných důvodů), protože jejich hodnota jako zásobáren vody a stanovišť lovné zvěře převyšuje hodnotu zemědělské půdy, získané jejich rekultivací, neboť ze stávající zemědělské půdy je nyní možné získat vyšší výnosy." Průzkum, klasifikace a ochrana mokřadů je tedy poměrně novým jevem a souvisí s destrukcí mokřadů a úbytkem vody v krajině.

15.7.1 UMĚLÉ MOKŘADY

Jednou z možností zajištění odstraňování znečištění z odpadních, ale i povrchových a drenážních znečištěných vod, představují umělé mokřady. V různých technologických úpravách jsou umělé mokřady pro bodové a difúzní zdroje používány celosvětově (Kadlec, 2009).

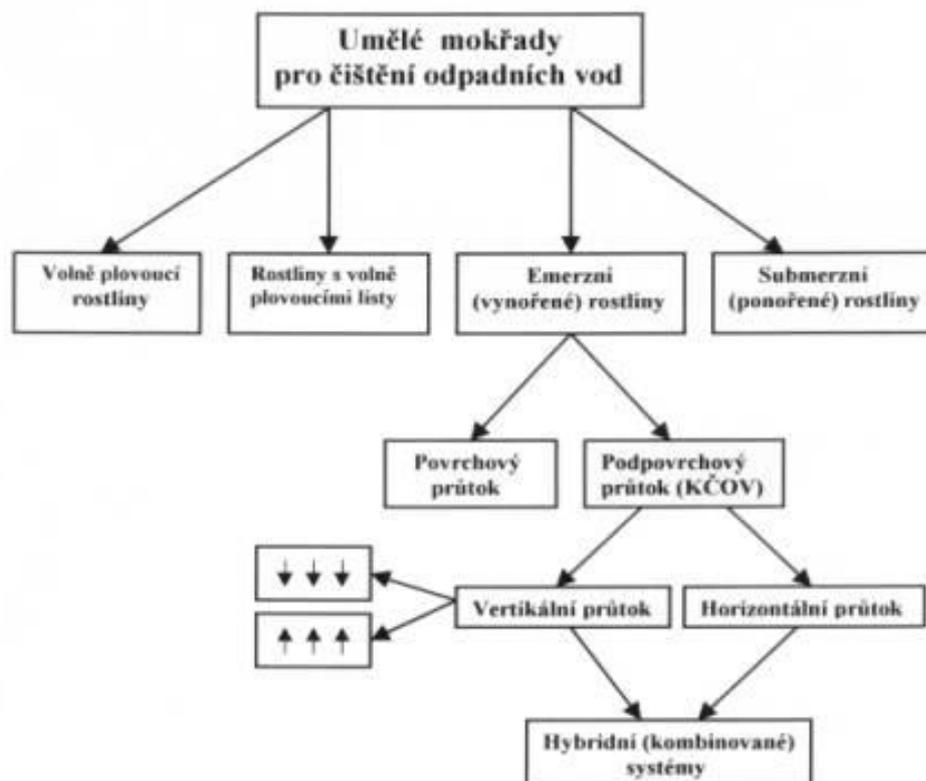
Biogeochemické procesy a cykly probíhající v přírodních mokřadech se dají využít k čištění či lépe řečeno ke zlepšování kvality vody. Umělý mokřad je vlastně ekosystémem, který manipulujeme tak, aby z něho odtékala čistší voda zbavená zejména znečištění organického a částečně také živinového (dusík, fosfor).

Oproti technickým čistírnám mokřady přírodní i umělé plní v krajině další důležité funkce jakou je např. nedoceněná evapotranspirace (výpar vody z rostlin a půdy). Tento proces je velmi důležitý pro koloběh vody v krajině (Vymazal, 2001).

Systémy s volnou vodní hladinou jsou umělé mokřady s povrchovým tokem, které se využívají pro čištění kyselých důlních vod, splaškových vod, zemědělských a dešťových splachů, odpadních vod z chovu dobytka, průsaků ze skládek a také pro průmyslové odpadní vody (Vymazal, 1995).

Systémy s plovoucí vegetací měly být původně používány pro odstraňování fosforu a také dusíku z odpadních vod, ale ukázaly se jako neekonomické v důsledku neustálého sklizení biomasy a potřeby přídavného provzdušnění pro více zatížené systémy. Tyto systémy se nejčastěji osazují okřehkem (*Lemna spp.*) a vodním hyacintem (*Eichlornia crassipes*), jejich růst je ale omezen klimatickými podmínkami. Málo využívanými se staly umělé mokřady s rostlinami s plovoucími listy, které jsou nejčastěji osázeny stulíky (*Nuphar spp.*) nebo lekníny (*Nymphaea*). Naopak systémy s ponořenou (submerzní) vegetací jsou stále více využívány pro

vody s nízkým obsahem organických látek nebo pro dočištění odpadních vod po celém světě. Největší skupinu umělých mokřadů, ale tvoří systémy s vynořenou (emerzní) vegetací a tyto systémy se rozdělují podle toho, zda se v nich vyskytuje, nebo nevyskytuje volná vodní hladina (Vymazal, 2004).



Obrázek 15. Rozdělení umělých mokřadů podle Vymazal, (2001).

Nerozpuštěné látky jsou v umělých mokřadech odstraňovány pomocí fyzikálních procesů, jako je usazování a filtrace skrz lože umělého mokřadu a kořeny rostlin (Tanner, 2006). Účinnost čištění v umělých mokřadech s povrchovým tokem se může pohybovat v rozmezí 48 až 95% pro celkové nerozpuštěné látky, mezi 50 a 99% pro dusík, mezi 30 a 94% pro fosfor (Sievers, 1997).

Z tropických vodních rostlin vyniká vysokou akumulací schopností tokozelka nadmutá, tzv. vodní hyacint (*Eichhornia crassipes*), která má nejlepší perspektivu pro kultivaci v odpadních vodách, a babelka řezamovitá (*Pistia stratiotes*), pro své neobyčejně rychlé vegetativní množení (Véber, 1986).

O využití tokozelky ke zlepšení jakosti vody informuje například Kay (1980). Vyzdvihují její schopnost odstraňovat amoniakální dusík z vody. Hromadění N a P v biomase tokozelky po přidání živin do média potvrdil Boyd (1976).

Schopnost tokozelky odčerpávat těžké kovy z vody především kadmium zdůrazňuje Kay (1980). V mírném pásu zatím o pěstování vodního hyacintu nebyl zájem. Vyvolala jej až možnost jeho kultivace ve vodách oteplených odpadním teplem, především z elektráren. První kroky k posouzení využitelnosti vodního hyacintu k dočišťování vod provedli u nás Květ et al. (1981) s těmito výsledky: průměrný průběh růstu jednotlivých rostlin vodního hyacintu, pěstovaných v létě 1981 v odpadní vodě z Čov Třeboň, ředění 1:1.

16. ZÁVĚR

Samočistící pochody probíhají ve všech typech vod, přičemž v tekoucích vodách bývá schopnost samočištění obvykle větší než ve vodách stojatých. Nejúčinněji a nejrychleji probíhá samočištění v mělkých peřejnatých tocích, kde mineralizaci látek napomáhá dobré prokysličování vody. Umělé mokřady jsou systémy vhodné pro čištění různých typů odpadních vod včetně těch pocházejících ze zemědělského využívání krajiny. V současné době existuje několik typů umělých mokřadů, přičemž každý je vhodný pro jiný druh odpadní vody.

Silný zákal vody při erozních událostech negativně ovlivňuje oživení toku a snižuje kvalitu vody pro další její využití.

17. POUŽITÁ LITERATURA

1. BOYD, C ; SCARSBOOK, E. Influence of nutrient additions and initial density of plants on Production of water hyacinth.1976, 253-261 s
2. BOYD, C. Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters.1970, 95-103 s.
3. ČÍTEK, J; KRUPAUER, V; KUBŮ, F. Rybníkářství. Informatorium, 1998, 304-306 s.
4. DRBAL, K; VÉBER, K; ZAHRADNÍK, J. Toxicity and accumulation of copper and cadmium in the alga *Scenedesmus obliquus* LH. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 1985, 34.1: 904-908 s.
5. GRÜNVALD, A. Hydrochemie, Praha, ČVUT. 1997, 214 s.
6. HEJZLAR, J.; ŽALOUĐÍK, J.; ROHLÍK, V." Koncentrace živin (N, P) v tocích v povodí nádrže Lipno a jejich závislost na struktuře krajinného krytu" in Aktuality šumavského výzkumu. Srní, NP Šumava, 2001, 82-86s.
7. HINDÁK, F. Súpis sinic a rias Slovenska (1971–1992). Biológia, Bratislava, 1993, 48.Suppl. 1: 3-51
8. HLAVÍNEK, P. ; ŘÍHA, J. Jakost vody v povodí. Akademické nakladatelství CERM, 2004
9. HLAVINEK, P. Storm water retention. VODNI HOSPODARSTVI, 2006, 56.7: 230 s.
10. HÜRLIMANN, H. Zur lebensgeschichte des schilfs an den ufern der schweizer seen. Huber, 1951. 232 s.
11. HYÁNEK, L. Čistota vod. Bratislava: Alfa, 1991. 264 s.
12. KADLEC, P; GABRYS, B.; STRANDT, S. Data-driven soft sensors in the process industry. Computers & Chemical Engineering, 2009, 33.4: 795-814 s.
13. KADLEC, R.; KNIGHT, R. Treatment wetlands. CRC. Boca Raton, FL, 1996.
14. KOUŘIL, M.; NOVÁK, P.; BOJKO, M. Limitations of the linear polarization method to determine stainless steel corrosion rate in concrete environment. Cement and Concrete Composites, 2006, 28.3: 220-225 s.
15. KAY, S. Effects of cadmium on waterhyacinths. 32-nd Annual Meeting of the Southern Weed sci. 1980, 135-138s.

16. KOMÁREK, J; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4-Nostocales. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 2014, 247-345 s.
17. KVĚT, J; LECIÁNOVÁ, L. ;VÉBER, K. Zkušenosti s kultivací vodního hyacintu v odpadních vodách. České Budějovice. 1982, 101-107 s.
18. KVÍTEK, T.; GERGER, J.; VÁCHAL, J.; KVÍTKOVÁ, G. Využití a ochrana vodních zdrojů. České Budějovice. 2004, 170 s.
19. JANEČEK, M.; BEČVÁŘ, M.; BOHUSLÁVEK, J.; DUFKOVÁ, J.; DUMBROVSKÝ, M., DOSTÁL, T., HŮLA, J., JAKUBÍKOVÁ, A., KADLEC, V.; KRÁSA, J.; KUBÁTOVÁ, E.; NOVOTNÝ, I.; PODHRÁZSKÁ, J.; TIPPL, M.; TOMAN, F.; VOPRAVIL, J.; VRÁNA, K. Ochrana zemědělské půdy před erozí 2007. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007, 76S. ISBN 978-802-5409-732.
20. JURÁŇ, S. Jak dál při hodnocení zátěže ze zdrojů znečištění vod. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. Ročník 55. 2013, 16 s.
21. JŮVA, K.; HRABAL, A.; PUSTĚJOVSKÝ, r. Malé vodní nádrže. SZN Praha, 1980, 271 s.
22. LANGHAMMER, J. Water quality changes in the Elbe River basin, Czech Republic, in the context of the post-socialist economic transition. *GeoJournal*. 2009, 225 s.
23. MASON, CH.; BRYANT, R. J. Production, nutrient content and decomposition of *Phragmites communis* Trin. and *Typha angustifolia* L. *The journal of Ecology*, 1975, 71-95 s.
24. MATOUŠKOVÁ, M. Ekohydrologický monitoring jako podklad pro revitalizaci vodních toků. Disertační práce, PřF UK v Praze, 2003, 218 s.
25. NESMĚRÁK, I. Hodnocení a modelování jakosti vody v tocích v pevném kontrolním profilu. SZN, 1997, 364 s.
26. ODUM, E.P.; ODUM, H.T.; ANDREWS, J. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Saunders, 1971, 95 s.
27. ODUM E. P. *Ecology and Our Endangered Life-Support Systems*. Sunderland: Sinauer Associates. ISBN 0-87893-634-3. 1993, 301 s
28. ONDERÍKOVÁ, V. Ochrana kvality vody vo vodárenských nádržiach před rozvojom vodného kvetu. Bratislava. 1972, 50 s.

29. OULEHLE, F.; MCDOWELL, W.; PETERSON, J.; KRÁM, P.; HRUŠKA, J.; NAVRÁTIL, T.; BUZEK, F.; FOTTOVÁ, D. Long-term trends in stream nitrate concentrations and losses across watersheds undergoing recovery from acidification in the Czech Republic. *Ecosystems*, 2008, 11.3: 410-425 s.
30. PITTER, P. *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT, 1999, 580 s.
31. PITTER, P. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
32. PŘIBIL, P.; DVOŘÁK, J. Variation in some physical and chemical properties of the water in the stand of *Phragmites communis*. 1973, 71-78 s.
33. RANDÁK, T. Vliv kontaminace vodního prostředí na ryby v České republice (habilitační práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický), 2010, 70 s.
34. ŘÍHA, S. Spatial variability of soil pH and organic matter in forest plantations. *Soil Science Society of America Journal*, 1986, 50.5: 1347-1352 s.
35. SKLENÍČKA, P. *Základy krajinného plánování*. Naděžda Skleníčková, 2003, 321s.
36. SOLSKI, A. Mineralizacja roślin wodnych. I. Uwalnianie fosforu i potasu przez wymywanie. *Pol. Arch. Hydrobiol*, 1962, 23: 167-196 s.
37. SYNÁČKOVÁ, M. *Čistota vod*. ČVUT, 1994, 208 s.
38. ŠAFARČÍKOVÁ, S; KOUŘIL, M; KONVALINKOVÁ, P; PEŠATA, M. *Živiny v krajině*. Vydalo nakladatelství Daphne ČR institut aplikované ekologie, České Budějovice, 2006, 16 s.
39. ŠVEHLA, P; TLUSTOŠ, P; BALÍK, J. *Odpadní vody*. Česká zemědělská univerzita, katedra agrochemie a výživy rostlin, 2007, 130 s.
40. TUREČEK, K. *Zákon o vodách č. 254/2001 Sb., s komentářem*. Sondy, 2002, 121s.
41. VÉBER, K; ZAHRADNÍK, J. Dočišťování vod autotrofními mikroorganismy a vyššími rostlinami. *Academia*, nakl. Československé akademie věd, 1986, 145 s.
42. VYMAZAL, J. *Algae and element cycling in wetlands*. Lewis Publishers Inc., 1995, 689 s.
43. VYMAZAL, J. Types of constructed wetlands for wastewater treatment: their potential for nutrient removal. *Transformations of nutrients in natural and constructed wetlands*, 2001, 1-93 s.

44. VYMAZAL, J. Removal of phosphorus in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow in the Czech Republic. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 2004, 4.2-3: 657-670 s.

POUŽITÉ ZKRATKY

ZKRATKY	VYSVĚTLIVKY
BSK	biochemická spotřeba kyslíku
N	dusík
P	fosfor
ČOV	čistička odpadních vod
Mg	hořčík
Mn	mangan
N-NH ₄	amoniakální dusík
N-NO ₂	dusitanový dusík
N-NO ₃	dusičnanový dusík
NH ₃	amoniak
NO ₂	dusitany
P _{celk}	celkový fosfor
pH	potenciál vodíku
T	teplota
Zn	zinek
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
N _{org}	Organický dusík
Ca	Vápník
Al	Hliník

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

- Obrázek 1.** Roční režim chodu teploty. Lužická Nisa- Proseč nad Nisou.
- Obrázek 2.** Roční chod teploty vody Vltava - Vyšší Brod, rok 2001.
- Obrázek 3.** Rozpuštěný kyslík - dlouhodobý chod - srovnání s chodem teploty.
- Obrázek 4.** Bilance zátěže nutrienty ze zdrojů znečištění
- Obrázek 5.** Rozdělení látek ve vodě
- Obrázek 6.** Koloběh dusíku ve vodách.
- Obrázek 7.** Dlouhodobý roční chod koncentrací N-NH₄ na profilu Želivka-Soutice.
- Obrázek 8.** Dlouhodobý roční chod zátěže dusičnany v zemědělském povodí.
- Obrázek 9.** Základní klasifikace podle tříd, (ČSN 75 7221)
- Obrázek 10.** Podíl zavlažované zemědělské půdy na zemědělské půdě v jednotlivých okresech ČR
- Obrázek 11.** Dusíkem prosycený okraj pole, zarůstající Kopřivou dvoudomou (*Urtica dioica*). Autor snímku: Simona Šafarčíková.
- Obrázek 12.** porost Křídlatky japonské (*Reynoutria japonica*), v podrostu Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*).
- Obrázek 13.** příklady invazních druhů sinic tvořících vodní květy v ČR
- Obrázek 14.** Potenciální ztráta půdy vodní erozí v katastrofách České republiky
- Obrázek 15.** Rozdělení umělých mokřadů podle
- Obrázek 16.** Průměrné roční teploty vody v podélném profilu Labe.
- Obrázek 17.** Depozice dusíku na území ČR v roce 1998.
- Obrázek 18.** Rody vodních květů sinic vyskytující se na území ČR
- Obrázek 19.** Rozpuštěný kyslík - změna koncentrace v podélném profilu.
- Obrázek 20.** Rozpuštěný kyslík - změna koncentrace v podélném profilu
- Obrázek 21.** Rozložení dlouhodobých průměrných koncentrací rozpuštěného kyslíku na monitorovacích profilech ČR.
- Obrázek 22.** Závislost koncentrace BSK₅ na průtoku.
- Obrázek 23.** Rozložení dlouhodobých průměrných ročních koncentrací amoniakálního dusíku v povodí Labe
- Obrázek 24.** Rozložení dlouhodobých průměrných ročních koncentrací dusičnanů v povodí Labe.

Obrázek 25. Roční chod koncentrací celkového fosforu a fosforečnanů v profilu Bílina.

Obrázek 26. Rozložení dlouhodobých průměrných hodnot koncentrací fosforu v ČR.

Obrázek 27. Sinice nakumulované u hrdla láhve.

Obrázek 28. Průmyslové znečištění představuje závažný problém pro kvalitu vody na významných tocích i drobných vodotečích.

Obrázek 29. Podíl kategorií potenciálního ohrožení zemědělské půdy ČR vodní erozí.

Obrázek 30. Průběh znečištění v kanalizační síti.

Tabulka 1. Nejčastěji používané hodnoty typické produkce fosforu z komunálních zdrojů.

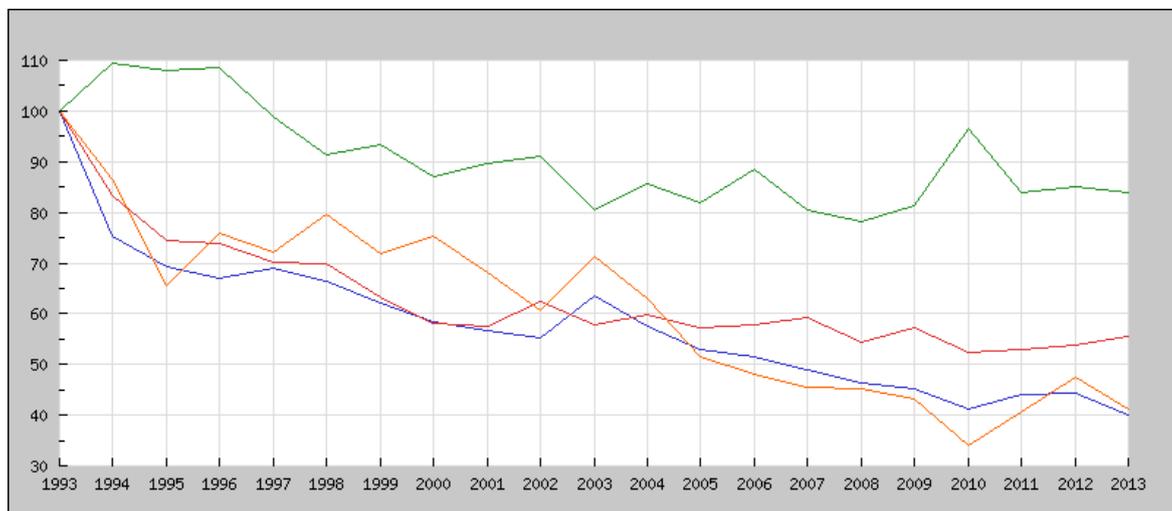
Tabulka 2. Vybrané ukazatele pro základní klasifikaci jakosti vody.

Tabulka 3. Poměr N:P u vybraných nádrží ČR .

Tabulka 4. Bilance veškerého dusíku a fosforu v jednorázových kulturách řasy *Scenedesmus acutus* v odpadní vodě.

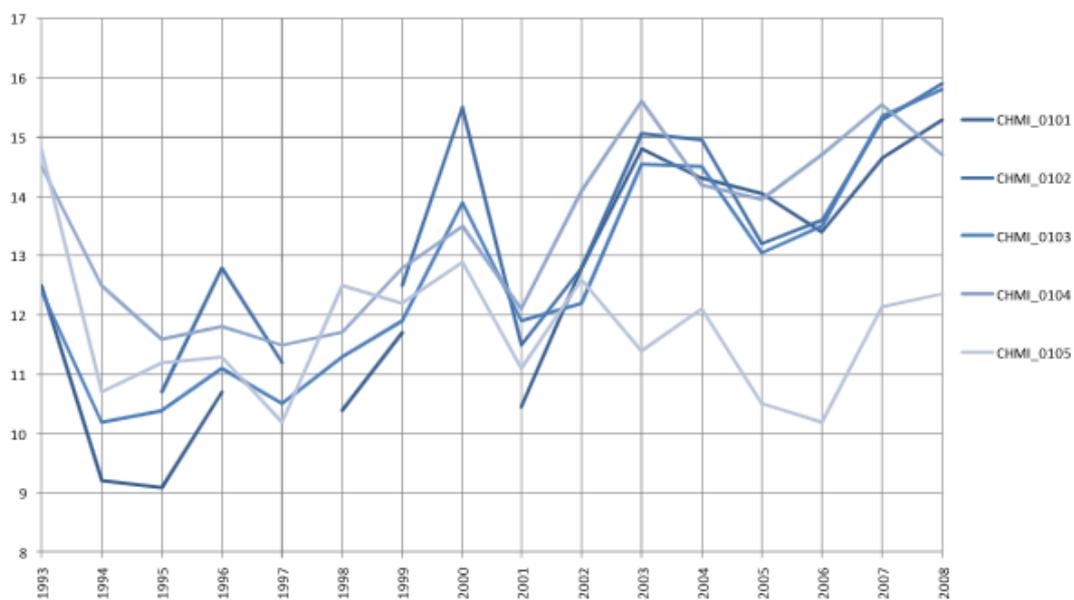
Tabulka 5. Bilance veškerého dusíku a fosforu v jednorázových kulturách řasy *Chlorella vulgaris* v odpadní vodě.

18. PŘÍLOHY

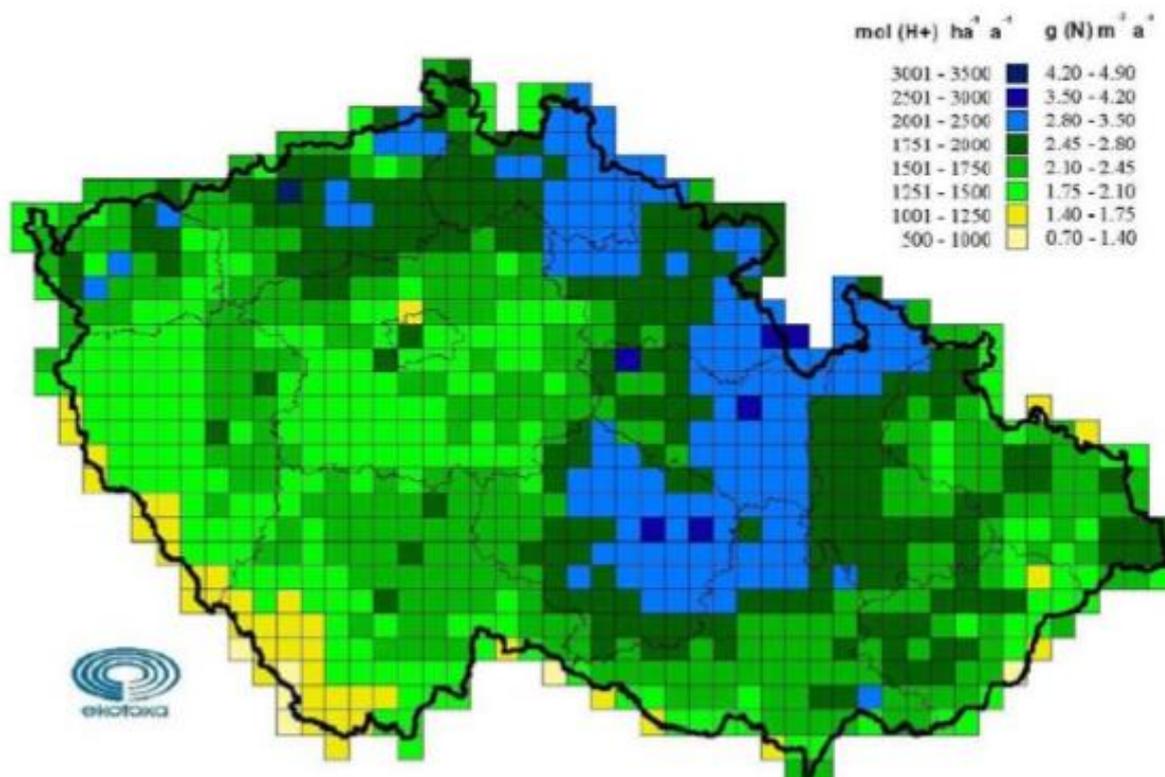


Graf 2: Koncentrace ukazatelů znečištění ve vodních tocích, ČR
Zdroj: s.p. Povodí, ČHMÚ z podkladů s.p. Povodí

Legenda: — BSK₅ — N-NO₃ — P_{celk.}



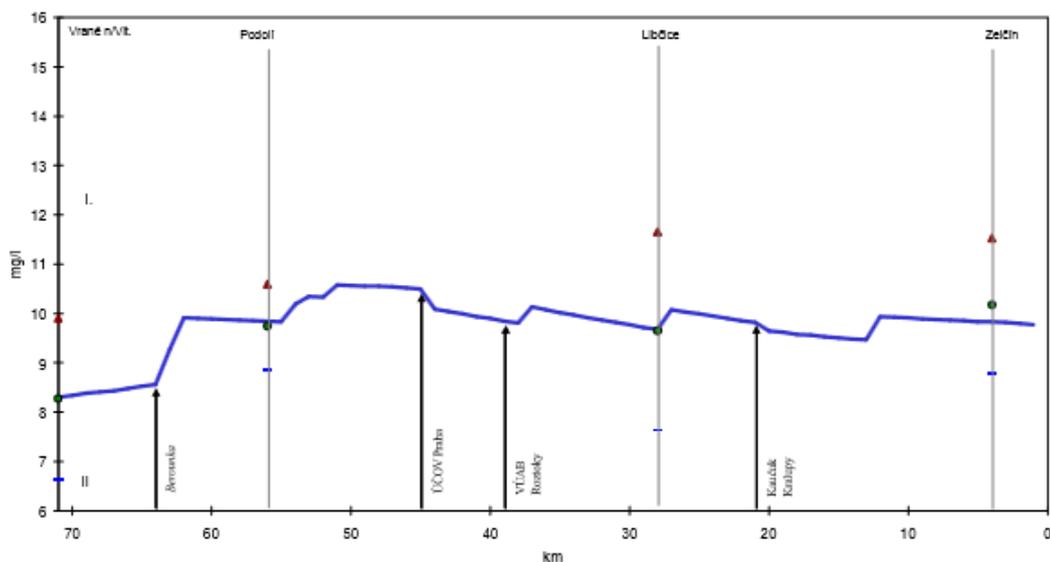
Obrázek 16. Průměrné roční teploty vody v podélném profilu Labe. Data ČHMÚ



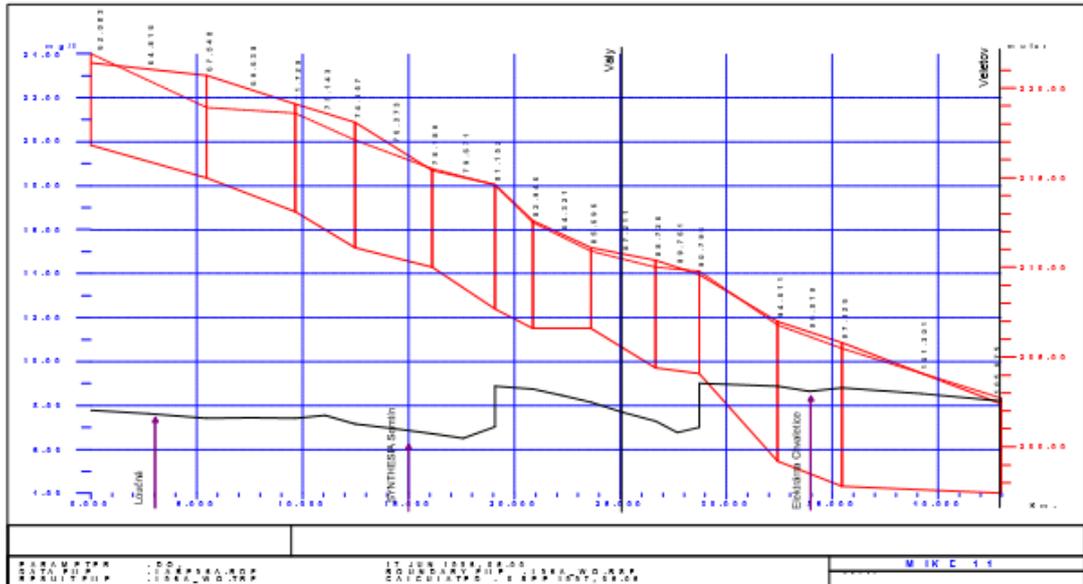
Obrázek 17. Depozice dusíku na území ČR v roce 1998. Převzato ze Zapletal, (2001).

Rody vodních květů sinic vyskytujících se na území ČR	Počet druhů v ČR	Počet invazních druhů v ČR po 1980	Poznámka
Jednobuněčné a koloniální rody			
<i>Limnococcus</i>	3		řídce, pouze součást vodních květů
<i>Merismopedia</i>	1		potenciální druh, jako součást vodního květu
<i>Microcystis</i>	9	1	produkující toxiny s výjimkou jednoho druhu
<i>Radiocystis</i>	1		součást vodních květů
<i>Sphaerocavum</i>	1	1	řídce, většinou tropické druhy
<i>Woronichinia</i>	1		jeden planktický druh, ostatní netvoří vodní květy
Vláknité typy bez heterocytů			
<i>Arthrospira</i>	(1)		tropický druh, kultivovaný, pouze sekundárně v přirozených vodách
<i>Limnoraphis</i>	1		pouze jeden druh, řídce, metafytický výskyt
<i>Limnothrix</i>	2		slabé vodní květy
<i>Planktothrix</i>	5	1	tři druhy pouze s příležitostným výskytem
<i>Tychonema</i>	1		velice řídce
Vláknité typy s heterocyty			
<i>Anabaenopsis</i>	4		řídce, většinou v tvrdých vodách
<i>Aphanizomenon</i>	4	1	typický <i>A. flos-aquae</i> ubývá v posledních letech
<i>Chrysochlorum</i>	3	3	pouze invazní druhy po roce 1980
<i>Cuspidothrix</i>	2		řídce vodní květy, většinou v nanoplanktonu
<i>Cylindrospermopsis</i>	1	1	invazní druh od roku 1980
<i>Dolichospermum</i>	22	3	dříve planktonní <i>Anabaena</i> , některé druhy invazní
<i>Gloeotrichia</i>	(1)	1	pouze dvě historické lokality, pravděpodobně ustupující druh <i>G. echinulata</i>
<i>Raphidiopsis</i>	1		problematický rod, řídce vodní květy
<i>Sphaerospermopsis</i>	2	2	řídce vodní květy, invazní druhy
„ <i>Aphanizomenon gracile</i> “	1		dosud nerevidován taxonomicky

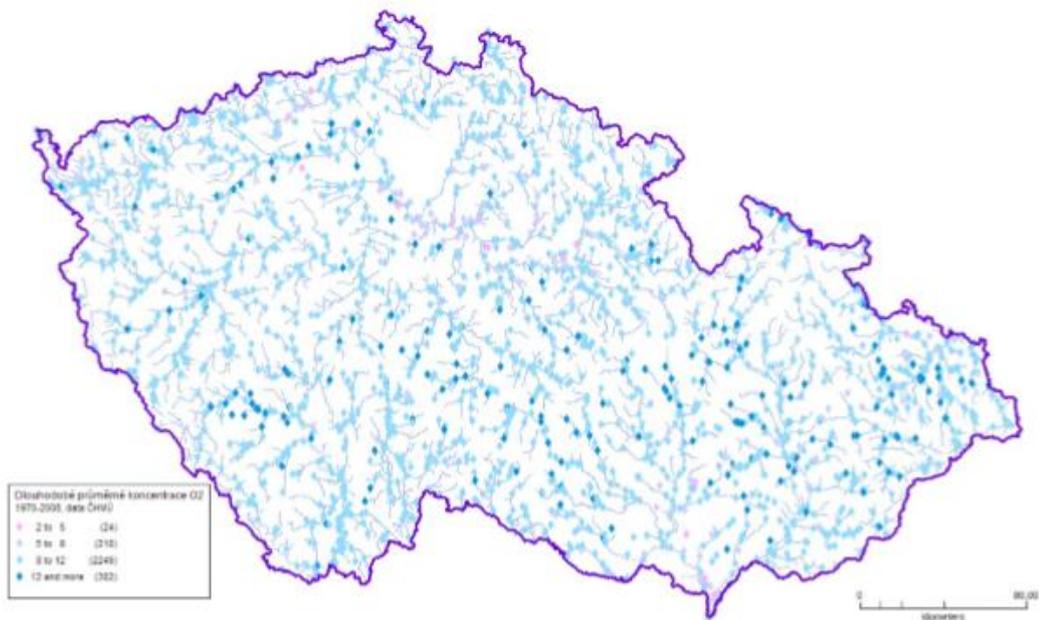
Obrázek 18. Rody vodních květů sinic vyskytujících se na území ČR



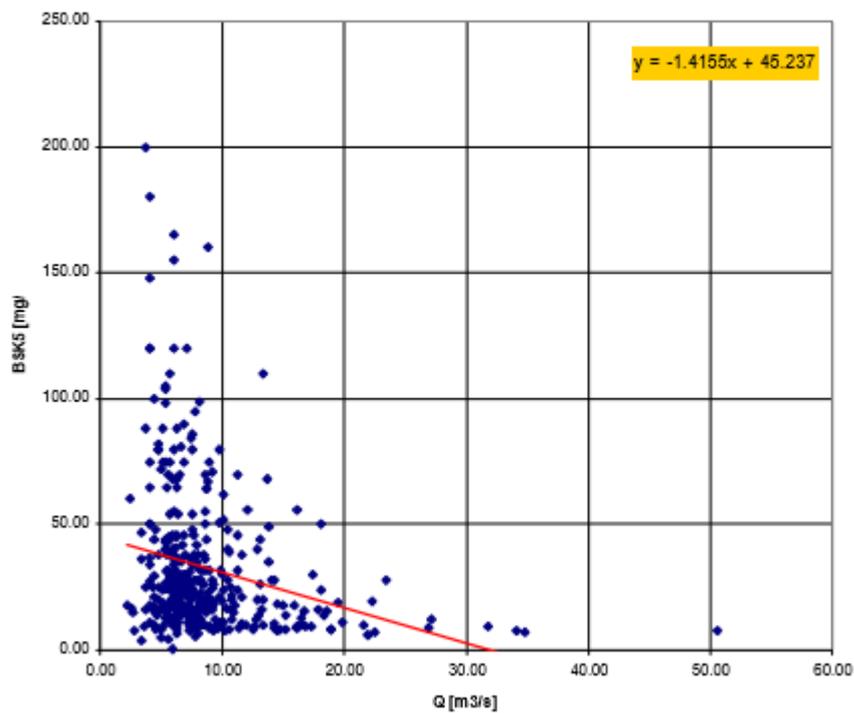
Obrázek 19. Rozpuštěný kyslík - změna koncentrace v podélném profilu. Místa poklesu odpovídají výpustem odpadních vod, místa růstu koncentrací odpovídají jezům nebo přítokům s méně znečištěnou vodou. Simulace podélného profilu dolní Vltavy pro rok 1996, výstup z modelu QUAL 2E



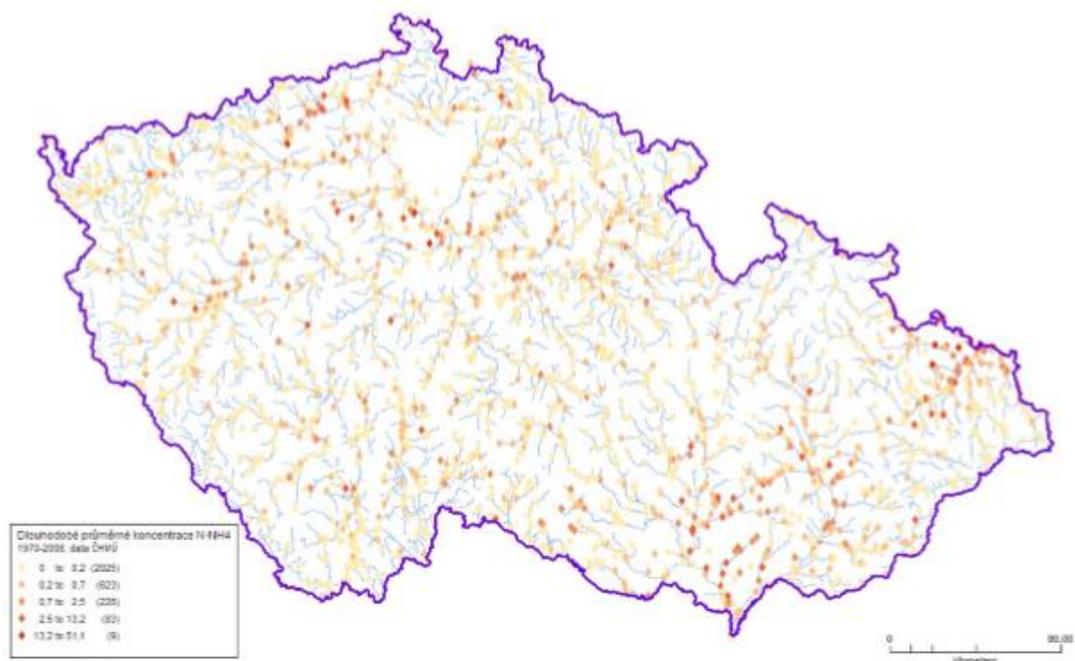
Obrázek 20. Rozpuštěný kyslík - změna koncentrace v podélném profilu. Místa poklesu odpovídají výpustem odpadních vod, místa růstu koncentrací odpovídají jezům nebo přítokům s méně znečištěnou vodou. Simulace podélného profilu středního Labe v úseku Pardubice-Kolín, výstup z dynamického modelu MIKE 11(Langhammer, 2009).



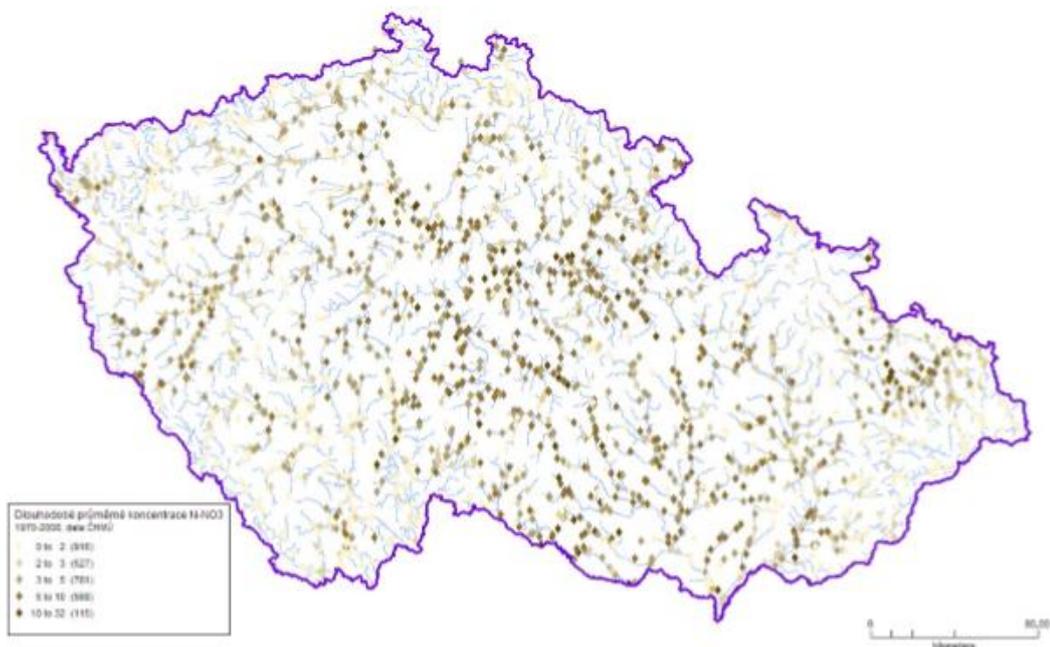
Obrázek 21. Rozložení dlouhodobých průměrných koncentrací rozpuštěného kyslíku na monitorovacích profilech ČR. Data: ČHMÚ



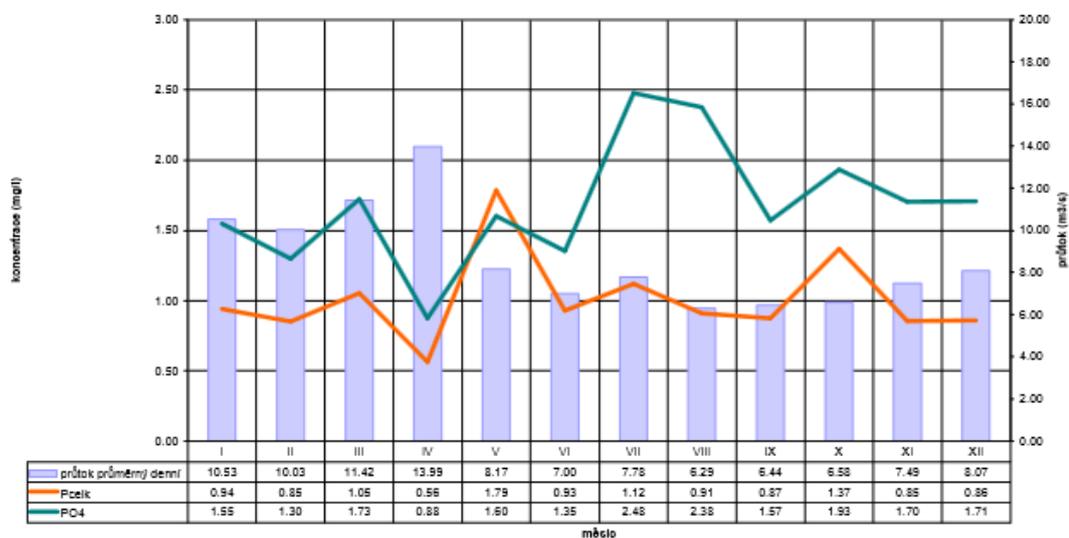
Obrázek 22 Závislost koncentrace BSK5 na průtoku. Vzhledem k tomu, že BSK5 odráží primárně zátěž z bodových zdrojů, je zřejmý pokles úrovně zátěže s rostoucím průtokem v recipientu. Bílina – profil Ústí n. L., období 1970-2000. Data: ČHMÚ



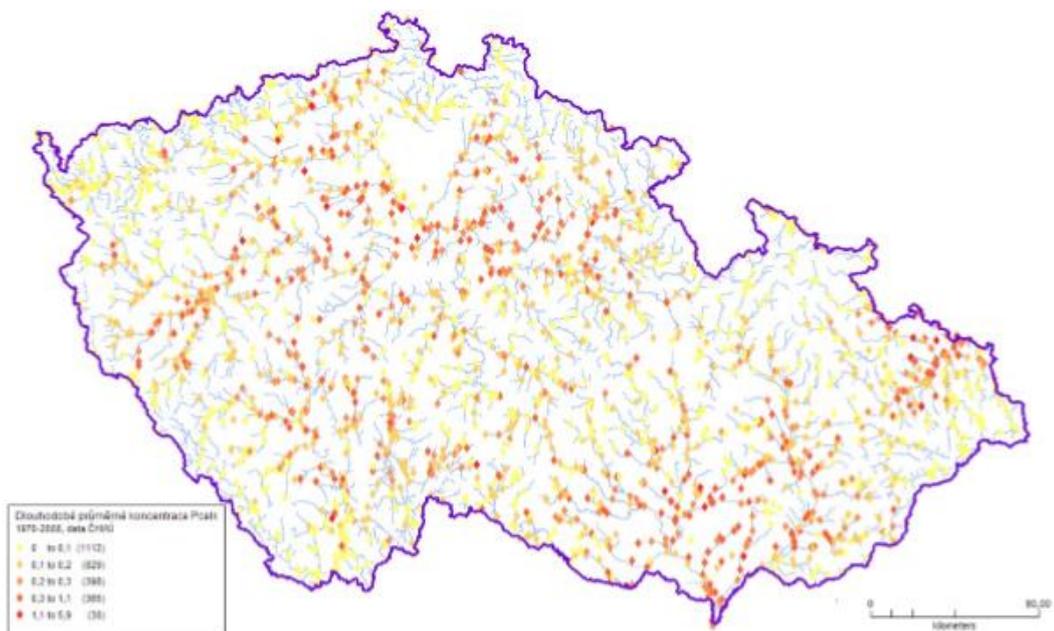
Obrázek 23. Rozložení dlouhodobých průměrných ročních koncentrací amoniakálního dusíku v povodí Labe. (Langhammer, 2009). Data: ČHMÚ



Obrázek 24. Rozložení dlouhodobých průměrných ročních koncentrací dusičnanů v povodí Labe. Langhammer, 2009. Data: ČHMÚ



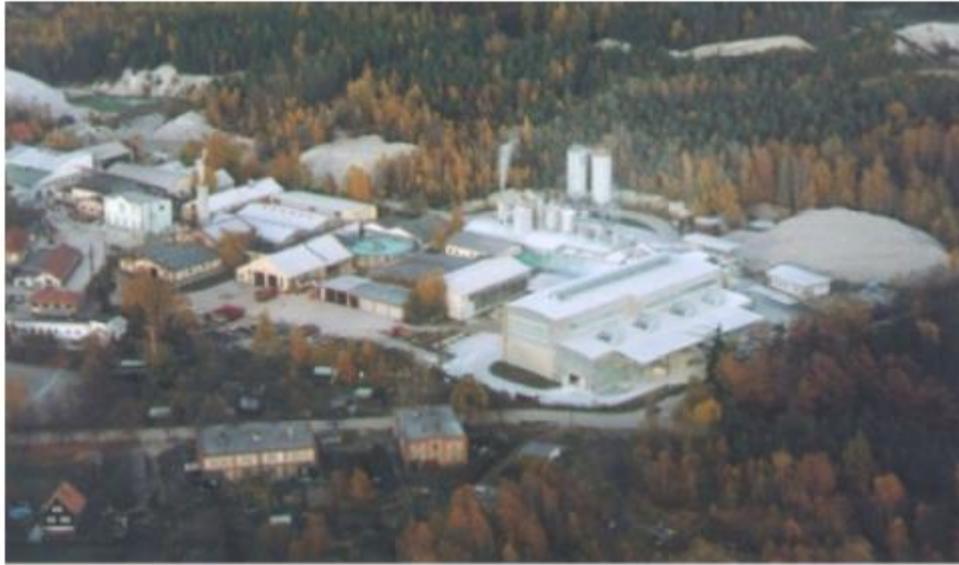
Obrázek 25. Roční chod koncentrací celkového fosforu a fosforečnanů v profilu Bílina - Ústí nad Labem. Data: ČHMÚ



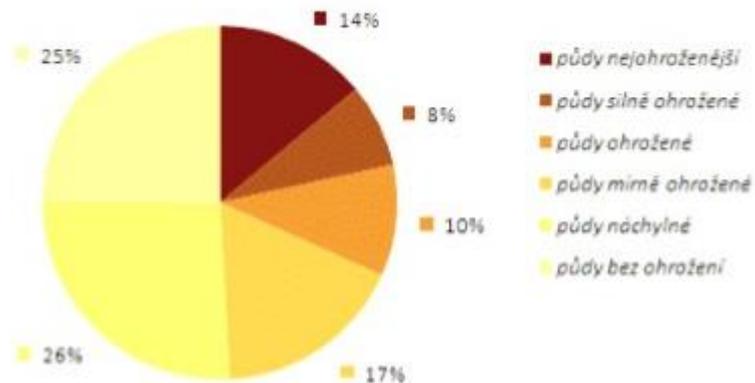
Obrázek 26. Rozložení dlouhodobých průměrných hodnot koncentrací fosforu v ČR. Data: ČHMÚ



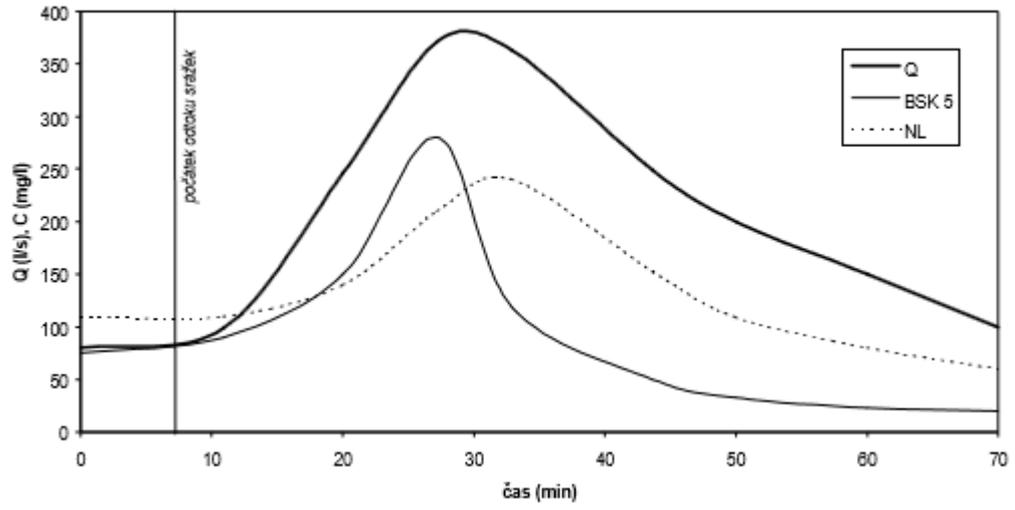
Obrázek 27. Sinice nakumulované u hrdla láhve. Foto J. Langhammer, (2005).



Obrázek 28. Průmyslové znečištění představuje závažný problém pro kvalitu vody na významných tocích i drobných vodotečích. Příbramsko - průmyslový komplex na horním toku Litavky. Foto J. Langhammer, (1999).



Obrázek 29. Podíl kategorií potenciálního ohrožení zemědělské půdy ČR vodní erozí. VÚMOP, (2009).



Obrázek 30. Průběh znečištění v kanalizační síti. Upraveno dle Synáčková, (1996).