

HUBERT ADÁMEK

PŘÍSPĚVEK K HODNOCENÍ KVALITY POVRCHOVÉ VODY V POVODÍ LUŽNICE

H. Adámek: *Selected Aspects of Surface Water Quality Assessment in the Lužnice Basin.* – Geografie-Sborník ČGS, 102, 2, pp. 139 – 146 (1997). – The article deals with territorial aspects of water quality attributes in the Lužnice Basin. Special emphasis has been put on the running water quality. The impact of human activity on the water quality has been studied. Basic field research aimed at BCO_5 , NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- , and TP concentrations. The importance of phosphorus as the main factor in the process of eutrophication has been stressed. An input-output balance model of chemical elements is presented (1993).

KEY WORDS: water quality – water pollution – groundwater.

1. Úvod

Článek vychází z diplomové práce (Adámek 1995), která se v širším rámci zabývá hodnocením kvality povrchové vody v povodí horní a střední Lužnice. Řeka Lužnice protéká významnou chráněnou krajinnou oblastí Třeboňsko, která je zahrnuta do mezinárodního systému biosférických rezervací a současně je chráněnou oblastí přirozené akumulace podzemních vod. Přesto nebyla tato oblast ušetřena zvyšující se zátěže životního prostředí způsobené neuváženým antropogenním využíváním krajiny.

Záměrem zpracované studie bylo zhodnocení kvalitativních charakteristik povrchové vody Lužnice, především postihnutí prostorového rozložení nutrientů (dusík a fosfor), které jsou klíčovými faktory eutrofizace.

Zájmovým územím je Třeboňská pánev, která je odvodňována řekou Lužnicí. Region ohraničuje na jihu a na jihozápadě Novohradské pohoří, na západě Lišovský práh, na severu Tábořská pahorkatina a na východě Jindřichohradecká pahorkatina. Z důvodu existence spojovacího kanálu Nová řeka v říčním systému bylo nutné přistoupit i k hodnocení povodí Nežárky, která odvádí vodu z prostoru Jindřichohradecké pahorkatiny.

2. Použitá data

Při zpracování dané tematiky bylo využito dat uložených v databance Českého hydrometeorologického ústavu a k hodnocení těchto údajů bylo použito standardních metod¹⁾.

Ze sledování jiných institucí či firem bylo pro práci dále využito měření Výzkumného ústavu vodohospodářského v Praze (sledování depozic), Výzkum-

¹⁾ Standardními metodami je zde myšlen způsob, kterým byly zpracovány etapové úkoly využití státní sítě pro sledování jakosti vody v Projektu Labe.

ného ústavu vodohospodářského v Brně (sledování vod hraničního úseku), Botanického ústavu v Třeboni (sledování rybníků a řeky Lužnice), firem Ecochem Praha a Aquatest Praha (sledování vrtů).

3. Celková atmosférická dispozice a kvalita vody ve vrtech

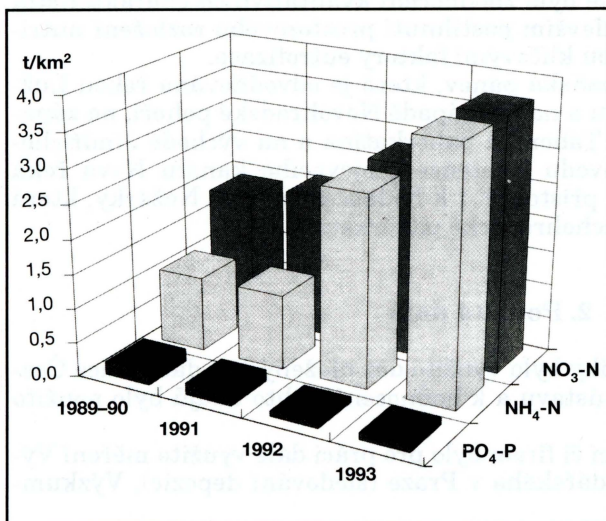
Jestliže chceme alespoň částečně brát v úvahu vliv plošného znečištění na jakost vody v povodí, musíme jako jeden z faktorů respektovat i atmosférický spad. Sledování celkové atmosférické dispozice se provádí tzv. „bulk metodou“, při níž jsou odběrné nádoby stále exponovány po dobu jednoho kalendářního měsíce. Jedná se tedy o průměrné měsíční vzorky.

Z měření na stanici Lužnice (na okraji města Třeboně) vyplývá, že mezi léty 1989 a 1993 došlo k výraznému nárůstu hodnot depozic dusičnanu, a to z hodnoty 1,9 na 3,7 tun na km². Naproti tomu došlo ovšem k výraznému úbytku depozic fosforečnanů na hodnotu 0,11 tun na km², tj. na poloviční hodnotu (viz obr. 1). Zajímavé je připomenout vysoké koncentrace draslíku, zřejmě z důvodu využívání paliv v lokálních topeništích.

Změny v chemickém složení podzemních vod se projevují buď prostorově nebo časově, vertikálně nebo horizontálně. Ve dvanácti vybraných pozorovacích objektech byl kladen důraz na aspekt hrubého prostorového rozmístění kvalitativních charakteristik v horizontálním směru.

U některých vrtů byly zjištěny vysoké koncentrace amoniakálního dusíku, dusitanů a dusičnanů, které mohou svědčit o znečištění fekáliemi, hnojením půdy nebo přihnojováním v rybnících. Například ve vrtu poblíž obce Neplachov byla v květnu 1994 naměřena hodnota NO₃⁻ 79,2 mg/l.

Prvotními příčinami znečištění podzemních vod jsou zřejmě ještě setrvačně dobíhající vlivy intenzivního zemědělství z konce osmdesátých let a dále současné snahy o intenzifikaci v rybničním hospodářství. Přispívá k tomu i již zmíněné narušování zvodní těžbou štěrkopísků. Nepříznivé dopady na kvalitu i kvantitu podzemní vody má zřejmě i těžba křemeliny mezi Borovany a Ledenicemi (Calofrig Borovany) a těžba rašelin v lokalitách Hranice, Branná a Ponědrážka.



Obr. 1 – Vývoj celkové atmosférické dispozice v měřící stanici Lužnice nedaleko města Třeboň u rybníka Rožmberk

4. Kvalita povrchových stojatých vod

V povodí Lužnice jsou nejrozsáhlejší a nejhustší rybniční soustavy na území našeho státu. Jednotlivé rybníky se odlišují hloubkou a dobou zdržení vody. Doba výměny vody se pohybuje od několika dnů do více než jednoho roku. Charakteristické

pro ně tedy je, že řízením odtoku se do určité míry ovlivňuje i chemické složení vody.

Fosforečnany se svými koncentracemi příliš nevymykají normálu. Málo odlišné hodnoty můžeme shledat u rybníka Rožmberk. Ty jsou podmíněné antropicky z Prostřední stoky (vlivy města Třeboň) a čistírna odpadních vod Třeboň. Část anorganického fosforu je vázána na koloidní částice – málo rozpuštěné fosforečnany kovů a fosforečnany absorbované na koloidních jílových minerálech a na koloidních hydratovaných oxidech kovů. Fosforečnany se tedy výrazně sorbují na dnových sedimentech. Mezi sedimenty a kapalnou fází se ustavuje dynamická rovnováha. Stratifikace fosforu v rybnících, která není přece jenom tak výrazná jako v hlubinných nádržích, bývá narušována v období podzemní cirkulace, kdy se uvolňuje fosfor do kapalné fáze. Problémem regionů je obohacování tekoucích vod (při podzemním vypouštění rybníků) stojatou vodou. Ta jim předává takto uvolněný fosfor společně s fosforem vázaným na nerozpuštěné látky splavenin a plavenin.

Problémy se vyskytují při udržování hodnot *celkového fosforu* pod normou. Nadlimitní hodnoty, např. u rybníka Rožmberk nebo Opatovického, naznačují zdejší problémy s eutrofizací.

Hodnoty *amoniakového dusíku* se pohybují na poměrně nízké úrovni v souvislosti s asimilací bakteriemi, sinicemi a řasami. Dochází k přednostní asimilaci před dusičnany, které by se musely nejprve redukovat. Výjimku tvoří rybník Rožmberk, kde jsou vyšší koncentrace zapříčiněny neustálým přínosem, hlavně z čistírny odpadních vod. Hodnoty NH_4^+ na výtoku z čistírny odpadních vod dosahují až 40 mg/l.

Biochemickou oxidací (nitrifikací) přechází amoniak na dusitany až *dusičnany* – zároveň i konečný produkt mineralizace organicky vázaného dusíku. Koncentrace dusičnanů nejsou v žádném rybníce vysoké. Důvodem by mohla být intenzivní biochemická přeměna redukcí na *dusitany* až elementární dusík nebo NO_2^- . Přenos dusičnanů do rybníků je zřejmě plynulejší, stejně jako jejich využití a přeměna.

5. Kvalita povrchové tekoucí vody

Před statistickými hodnoceními se z nezpracovaných souborů dat u vybraných ukazatelů eliminovaly extrémní hodnoty (Dixonův a Grubbsův test). U vybraných ukazatelů jakosti vody byly vyčísleny aritmetické průměry a mediány a dále byly tyto vybrané ukazatele zařazeny do tříd. To vše bylo provedeno pro tři profily na Lužnici a jeden na Nežárce, a to za celou historii zaznamenávání údajů o kvalitě vody.

Při využití sedmi typů regresních rovnic byly vyjádřeny regresní závislosti ukazatelů jakosti vody na průtoku vody v době odběru vzorku. Pomocí korelačních koeficientů byly určeny závislosti koncentrací ukazatele průtoku. To mělo posloužit k odhadu plošného nebo bodového typu obohacení toku v daném úseku (hodnoty viz Adámek 1995).

Základem hypotézy byl předpoklad, že kladný koeficient korelace pro daný profil vyjadřuje přímou závislost koncentrace ukazatele na průtocích vztahenou k povodí uzavřené tímto profilem. Kladná hodnota koeficientu korelace naznačuje spíše plošný typ obohacení toku. Záporná hodnota koeficientu korelace určuje pro daný profil nepřímou závislost koncentrací ukazatele na průtocích. Jestliže vztáhneme hodnotu koeficientu k povodí uzavřeném tímto profilem, určuje spíše bodový typ obohacení toku.

Je nutno upozornit, že při účelových hodnoceních bylo při tvorbě závěrů nezbytné mít neustále na zřeteli změny koncentrací při různých charakteristických průtocích – při Q_{355} , Q_{270} a Q_a (hodnoty viz Adámek 1995).

6. Specifický látkový odnos

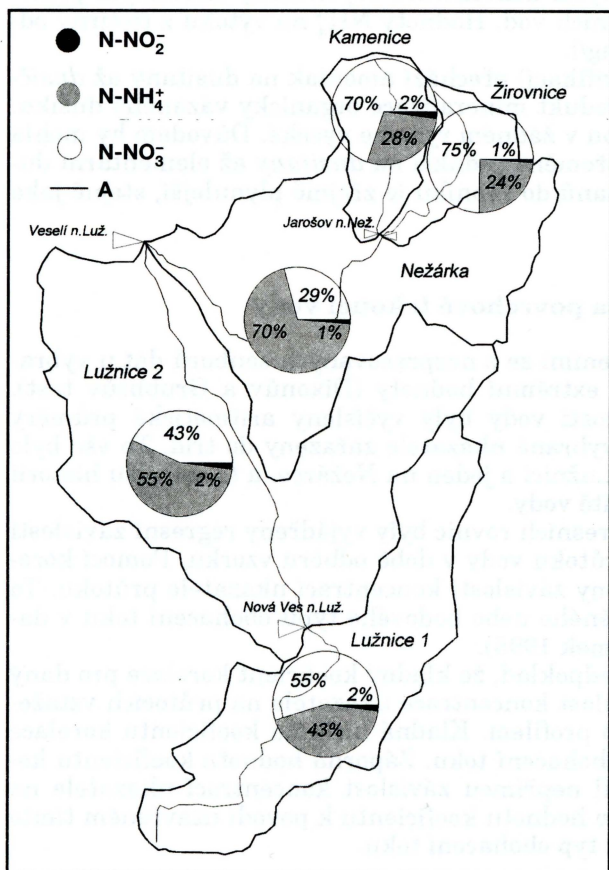
Znečištění liniových prvků přírodního systému, jakými jsou řeky, je nutné chápat v souvislosti s látkovým přenosem minerálních živin z plochy každého povodí. Plošný aspekt znečištění je možné částečně vyjádřit specifickým látkovým odnosem. Je to množství látky odnesené z jednotky plochy povodí za jednotku času. Specifický látkový odnos byl vypočten v klasickém pojetí bilančně. Od množství látek, které bylo z povodí odneseno byly odečteny hmotnosti látek, které do povodí přitekly. Takto stanovené množství bylo vztaženo na plochu povodí a vyjádřeno za jednotku času.

Modelově byly vypočteny odnosy v pěti dílčích povodích: povodí Kamenice, Žirovnice, Nežárky, Lužnice I (po Novou Ves) a Lužnice II (od Nové Vsi po Veselí nad Lužnicí). Při bilanci vyvstal problém se zařazením resp. nezařazením kanálu Nová řeka (asi 13 km dlouhý kanál spojující Lužnici s Nežárkou). V dřívějších pracích byl opomenut zásadní vliv Nové řeky v přenosu látek z Lužnice do Nežárky. Z toho by vyplynuly některé nepřesnosti (např. hodně

znatelný záporný specifický odnos z povodí Lužnice II u ukazatele TP – celkový fosfor). Proto bylo v práci přistoupeno k začlenění Nové řeky k povodí mezi Novou Vsi a Veselí nad Lužnicí.

Pro představu je uveden specifický odnos pro celé sledované povodí k profilu Veselí nad Lužnicí. Celková plocha povodí činí 2 703,39 km² a látkové odnosy jsou u TP 27,8 kg, N-NO₃⁻ 239,1 kg, N-NH₄⁺ 69,4 kg a BSK₅ 5 897,9 kg.km⁻².rok⁻¹.

Výpočet sumárního specifického látkového odnosu anorganického dusíku je proveden součtem hmotností N-NO₂⁻, N-NH₄⁺ a N-NO₃⁻. Tyto tři formy dusíku se – na rozdíl od



Obr. 2 – Specifický látkový odnos. Podíl dílčích forem dusíku na celkovém množství anorganického dusíku. A – hranice povodí.

Tab. 1 – Vypočtené hodnoty specifického látkového odnosu dvou forem anorganického dusíku (N-NH_4^+ , N-NO_3^-)

Povodí	Specifický látkový odnos ($\text{kg.km}^{-2}.\text{rok}^{-1}$)	Podíl N-NH_4^+ (v %)	Podíl N-NO_3^- (v %)
Lužnice I	177,7	44	55
Lužnice II	69,0	55	43
Nežárka	82,2	70	29
Kamenice	186,8	28	70
Žirovnice	147,5	24	75

ostatních forem – pravidelně sledují a zaznamenávají. Specifický látkový odnos anorganického dusíku je vypočten z dílčích forem pomocí přepočítávacích hodnot, jež je možné ve zjednodušené formě uvést takto:

$$1 \text{ mg N} = 1,2878 \text{ mg NH}_4^+ = 3,2845 \text{ mg NO}_2^- = 4,4268 \text{ NO}_3^-.$$

Pomocí výše uvedených hodnot je vypočten podíl pro pět vymezených dílčích povodí (viz tab. 1 a obr. 2). Z vysokých podílů N-NO_3^- na anorganickém dusíku je možné jednoznačně poukázat na vliv plošného znečištění (zemědělství). Naproti těmto povodím stojí povodí s opačnou bilancí, s výrazným vlivem bodových zdrojů, a tedy s větším podílem amoniakálního dusíku.

7. Bilance látkových vstupů a výstupů

Číselná vyjádření specifického odnosu bylo nutno též obohatit o vyjádření množství vnosu látek do povrchových vod z bodových zdrojů znečištění toku (viz obr. 3). Byly tedy zhodnoceny jak výstupy z povodí – množství látek, jež odtékly závěrovým profilem – tak vstupy do povodí, kterými jsou vnosy látek do povodí z jiných povodí a vnosy látek z bodových zdrojů. Z velikosti přírůstků látek v povodí a podílu bodových zdrojů na těchto přírůstcích byl odhadnut společný podíl plošných a difuzních zdrojů na znečištění toku.

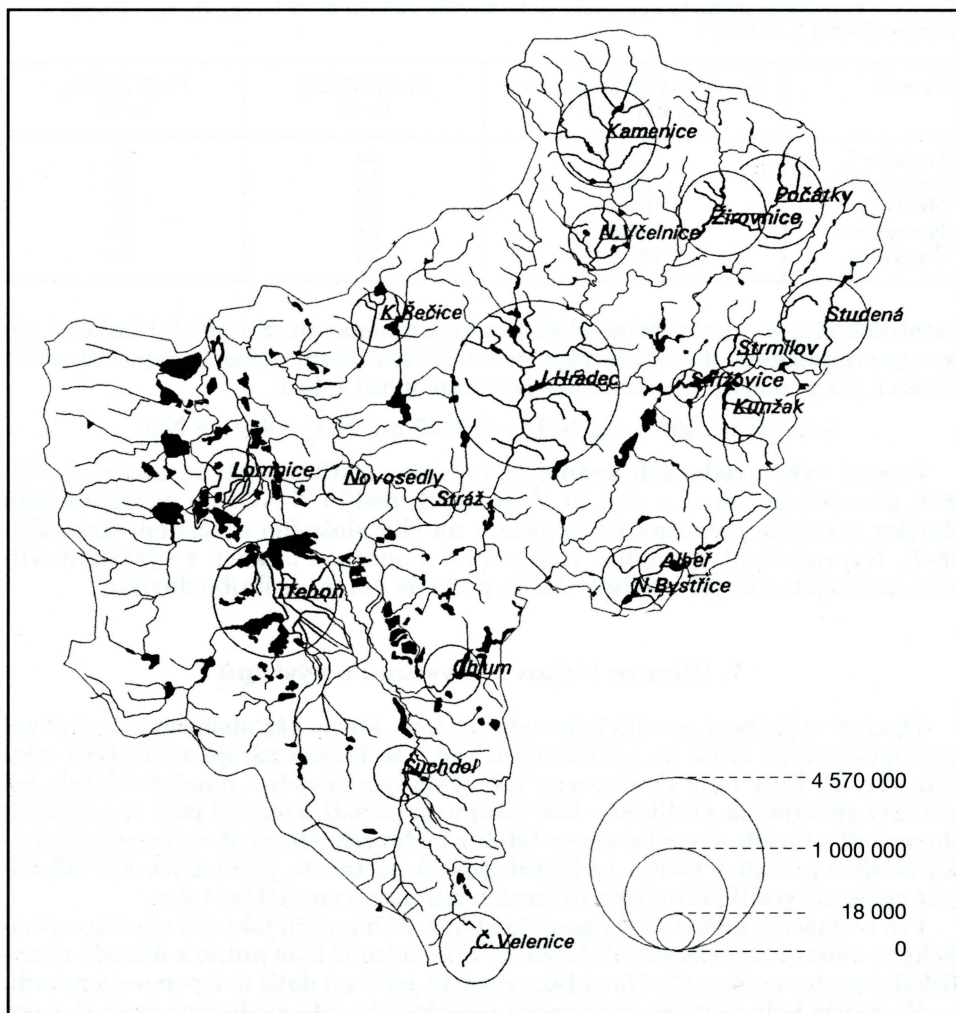
Pro hodnocení bilance byla použita stejná dílčí povodí jako při výpočtu specifického odnosu. Jenom povodí Nežárky a Lužnice II bylo nutno z důvodu specifického postavení kanálu Nová řeka rozdělit ještě na další dvě pomocná povodí.

Na závěr byly vyjádřeny bilanční položky pro celé sledované povodí a pro dané ukazatele pak byly vypočítány celkové hmotnosti látek, které se dostávají z povodí. Od součtu hmotnostních položek ze všech povodí byly pro daný rok odečteny hmotnosti látek vyprodukovaných bodovými zdroji v celém povodí. Tím byl jednoduchým způsobem odhadnut podíl plošných a difuzních zdrojů. Je možno konstatovat, že se plošné zdroje znečištění podílejí na celkovém znečištění v povodí Lužnice takto:

TP	71 %
N-NO_3^-	46 %
N-NH_4^+	76 %
BSK_5	85 %.

8. Nedostatky řešené v projektu

Při práci se vyskytla celá řada dílčích problémů. Týkaly se především neexistence dat či nereprezentativnosti nashromážděných dat v regionu. Opač-



Obr. 3 – Největší bodové zdroje znečištění vody v zájmové oblasti s vyjádřením množství vypuštěných odpadních vod v roce 1993 (m³/rok).

ného rázu se jeví problémy s množstvím úzce účelově zaměřených studií na kvalitu vody či velkým množstvím dat, které bylo potřeba statisticky vytrždit. Z dílčích problémů nutno připomenout ty nejdůležitější:

- a) Neexistence pravidelného sledování celkové atmosférické depozice v centrální části povodí Nežárky.
- b) Neexistence sledování kvality vody ve vrtech mělkých či hlubokých zvodní v povodí Nežárky.
- c) Neexistence častějších a pravidelných sledování kvality vody v rybnících.
- d) Malá frekvence měření u profilů, které jsem statisticky zpracovával.
- e) Neexistence údajů o množství používaných hnojiv v rybářství a v zemědělství.
- f) Nemožnost postihnoutí vlivu difúzních zdrojů (hlavně menších obcí s rozptýlenou zástavbou).

- g) Malá frekvence měření na výpusti z velkých bodových zdrojů (minimální šance postihnoutí havarijních situací).
- h) Neexistence měření chemického složení říčních a rybníčních sedimentů, které by pomohlo objasnit vazbu fosforu na sedimenty a plaveniny.
- j) Málo informací o vlivech močálů a bažin na časové změny kvality povrchových tekoucích vod.

9. Závěr

Tento příspěvek by měl sloužit jako jeden z mnoha opěrných dokumentů pro návrhová opatření ve sledovaném území. Výsledkem výzkumu jsou následující doporučení:

- V oblasti sledování jakosti vody je nutno přehodnotit stávající počet sledovaných profilů. Je třeba zvážit, jestli by v rámci účinnosti monitoringu nepostačilo sledování jakosti v menším počtu profilů, ale s vyšší frekvencí odběrů.
- Je potřebné vysvětlit všechny příčiny výrazného hmotnostního nárůstu dusičnanů v atmosférických depozicích v souvislosti s antropogenními aktivitami v této málo průmyslové oblasti. Jedná se o objasnění vlivů lokálního vytápění hnědým uhlím, vlivů zemědělství aj.
- V rámci zlepšení kvality podzemních vod by se mělo potlačit rozšiřování těžby šterkopísků zvláště v nivě Lužnice, kdy se těžbou poškozují artéský strop. Dochází tak k obnažení kolektorů podzemních vod, do kterých pak následně pronikají nežádoucí látky. K tomuto opatření je nezbytné přistoupit hlavně z důvodu eliminace vysokých koncentrací dusičnanů v podzemních vodách.
- V rámci zlepšení kvality podzemních vod je nutné omezení zemědělského hnojení v oblastech s borovými lesy a písčitou, dobře provzdušněnou půdou, a to z důvodu obohacení hlubších horizontů dusičnany.
- Je nutné zavedení pravidelné kontroly jakosti vody ve vybraných rybníčních regionu, zvláště před podzimními výlovy, kdy se do toků uvolňuje velké množství rozpuštěných i nerozpuštěných látek (hlavně fosfor ve vazbě na plaveniny).
- Mělo by dojít k omezení nebo regulaci hnojení intenzivně využívaných chovných rybníků.
- Je třeba věnovat maximální pozornost sledování kvality vody v Lužnici a Nežárce ve třech nejvíce zatížených lokalitách: v hraničním úseku Ehrendorf – Breitensee, pod rybníkem Rožmberk, na řece Nežárce pod Jindřichovým Hradcem. Právě v těchto úsecích je prioritně nutné dosáhnout důslednějšího čištění odpadních vod zdrojů znečištění, a to s technologií snížení produkce biogenních prvků – fosforu a dusíku.
- Velmi naléhavé je řešení odbourávání fosforu ve výpusti z čistírny odpadních vod v Třeboni, která obohacuje vodu rybníka Rožmberk více jak dvacetitunami TP za rok. To je o tři tuny více než čistírna odpadních vod Jindřichův Hradec, která má přitom objem odpadních vod zhruba třikrát větší.
- Důležité je rovněž posouzení současné kapacity nedostačující čistírny odpadních vod Jindřichův Hradec. To je třeba posoudit v souvislosti s investičními náklady na jiné akce tohoto druhu v okrese.
- Postupně je třeba zaměřit pozornost i na střední a menší zdroje znečištění (alespoň v rámci namátkových měření kanalizačních výpustí).
- Mělo by dojít k přehodnocení koncentrace chovu prasat v povodí a možnosti likvidace kejdy v ekonomicky dosažitelných vzdálenostech.

- Je nezbytné regulovat odběr tuhých odpadů z čistírny odpadních vod v Třeboni a kontrolovat jejich následné využívání při hnojení chovných rybníků.

Literatura:

- ADÁMEK, H. (1995): Kvalita povrchové vody v povodí Lužnice. Diplomová práce, PŘF UK, Praha, 115 s.
- DYKYJOVÁ, D. (1989): Metody studia ekosystémů. Academia, Praha, 692 s.
- HEJNÝ, S. (1973): Ecosystem study on Wetland Biome in Czechoslovakia. Czechosl. IBP, PT-PP Report, č. 3, Třeboň, s. 15-27.
- JANSKÝ, B. (1990): Bilance specifického látkového odnosu v českém povodí Labe. Závěrečná zpráva samostatné etapy státního úkolu II-5-7/8-4. PŘF UK, Praha.
- JANSKÝ, B. (1991): Odtokový režim a jakost povrchových vod v českém povodí Labe. Metodika dlšího úkolu G. Projekt Labe. PŘF UK, Praha.
- JENÍK, J. (1975): Přírodní poměry a životní prostředí Třeboňska. Třeboň, 41 s.
- JENÍK, J., PŘIBIL, S. (1978): Ekologie a ekonomika Třeboňska. Svazek 1 a 2. Třeboň, 470 s.
- KULT, A., VYSLOUŽILOVÁ, J. (1992): Projekt Labe – etapový úkol 3.01.05 – Využití státní sítě. Atlas jakosti vody – díl I a II. VÚV TGM, Praha, 20 s. + přílohy.
- LHOTSKÝ, O., JANDA, J. (1988): Optimalizace obhospodařování CHOPAV. Sborník chráněné krajinné oblasti přirozené akumulace vod. DT České Budějovice, s. 114-118.
- PITTER, P. (1990): Hydrochemie. SNTL, Praha, 568 s.
- Povodí Labe (Čechy). Mapa v měřítku 1:200 000. Vodohospodářské rozvojové investiční středisko, skupina pro SVP, Praha, 1956.
- PŘIBIL, S., JANDA, J., JENÍK, J. (1990): Ekologie a ekonomika Třeboňska 1978 – 1988. Svazek 1 a 2. Třeboň, 371 s.

Summary

SELECTED ASPECTS OF SURFACE WATER QUALITY ASSESSMENT IN THE LUŽNICE BASIN

The article examines the water quality patterns in the upper Lužnice Basin, South Bohemia. The observing site at Veselý nad Lužnicí was the lowermost one. Territorial differences in terms of water quality have been given a special importance. The influence of human activity has also been studied.

Mostly BCO_5 , N-NO_3^- , N-NH_4^+ , N-NO_2^- , TP, and P-PO_4^{3-} concentrations have been analyzed. The key role of phosphorus as a driving force of eutrophication was emphasized. The input-output model of different catchment areas has been calculated (based on 1993 data). The influence of areal pollution sources (agriculture, etc.) on the water quality has been estimated with help of the calculated impacts of other pollution sources (communal waste, industry). The latter data is readily available and more reliable.

Fig. 1 – Changing atmospheric conditions. Observing site Lužnice, near Třeboň.

Fig. 2 – Specific solid material output. The share of partial nitrogen forms on the total volume of inorganic nitrogen. A – catchment area boundary.

Fig. 3 – Crucial pollution sources in the area of interest. The waste water amount is shown (m^3 per year; 1993).

(Pracoviště autora: Vojenský zeměpisný ústav, oddělení redakce, Rooseveltova 23, 160 00 Praha 6.)

Do redakce došlo 28. 3. 1997

Lektorovali Bohumír Janský a Jakub Langhammer