

JAKUB LANGHAMMER, ZDENĚK KLIMENT

ZMĚNY KVALITY VODY V ZEMĚDĚLSKÝCH OBLASTECH ČESKA

J. Langhammer, Z. Kliment: *Water quality changes in rural regions in Czechia*. – Geografie-Sborník ČGS, 111, 2, pp. 168–185 (2006). – The article presents the analysis of water quality state and changes in three catchments in agricultural landscape (Blšanka, Loučka and Olšava) facing long-term problems with surface water quality and at the same time lacking sufficient information on water quality changes. These catchments are situated in different geographical areas and manifest different physical-geographical characteristics and intensity and character of anthropogenous use. In model catchments, conditions of substance removal, including spatial distribution of erosional risk, were analysed, transport of floated material observed and surface water quality analysed from the long-term perspective and from the viewpoint of spatial distribution of specific substance removal.

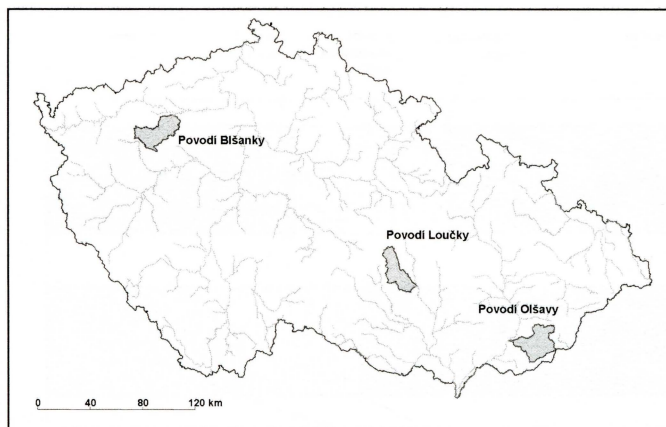
KEY WORDS: water quality – pollution – GIS – erosion – agriculture – emissions.

Výzkum byl realizován za finanční podpory grantu GAUK 178/2000/B-GEO „Dynamika plošného odnosu látek z povodí v geograficky odlišných podmínkách ČR“ a Výzkumného záměru MSM 0021620831 „Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace“. Poděkování autorů patří Mgr. Petru Jurčákovi za spolupráci při řešení projektu a dále pracovníkům laboratoře Ústavu životního prostředí PřF UK, zejména ing. Libuši Benešové, CSc. za spolupráci při analýze chemismu vzorků povrchových vod a plavenin.

1. Úvod

Kvalita povrchových vod v Česku doznala v uplynulých dvou desetiletích zásadních změn. Zatímco období konce 80. let představuje historicky nepřekonaný vrchol zátěže vodního prostředí znečištěním, od poloviny 90. let dochází k zásadnímu omezení objemu vypouštěného znečištění a následnému zlepšení kvality vody na většině významných toků Česka (Janský 2002). Tento vývoj je však omezen na oblasti velkých toků na středních a dolních úsecích. Drobné toky v zemědělské krajině jsou naproti tomu stále vystaveny intenzivnímu znečišťování a jejich jakost vody stagnuje, v řadě oblastí dokonce dochází ke zhoršování (Langhammer 2005). V oblastech malých vodních toků máme zároveň dlouhodobě nedostatek informací o trendech změn jakosti vody a o prostorovém rozložení zátěže, které jsou nezbytné pro účinná opatření na ochranu povodí před znečišťováním.

V příspěvku jsou prezentovány výsledky analýzy stavu a změn jakosti povrchových vod ve třech vybraných povodích, které představují zdrojové oblasti zátěže vodních toků v rozdílných geografických oblastech Česka. Konkrét-



Obr. 1 – Geografická poloha zájmových povodí

ně se jedná o povodí Blšanky, Loučky a Olšavy. Povodí mají srovnatelnou rozlohu a shodný převládající zemědělský charakter využití. Nacházejí se v oblastech s rozdílnými fyzickogeografickými charakteristikami i odlišným socioekonomickým vývojem. Hlavní pozornost se soustředila na analýzu rozložení zdrojů příčinného znečištění, prostoro-

vého rozložení erozního rizika, transportu plavenin a zejména na analýzu jakosti povrchových vod. Ta byla hodnocena jak z hlediska dlouhodobého vývoje, tak z pohledu plošné distribuce specifického látkového odnosu na základě vlastní sítě plošného monitoringu kvality vody. Výsledky jsou diskutovány a porovnány s obecnými trendy prostorové a časové dynamiky změn kvality vody v Česku a Evropě.

2. Materiál a metody

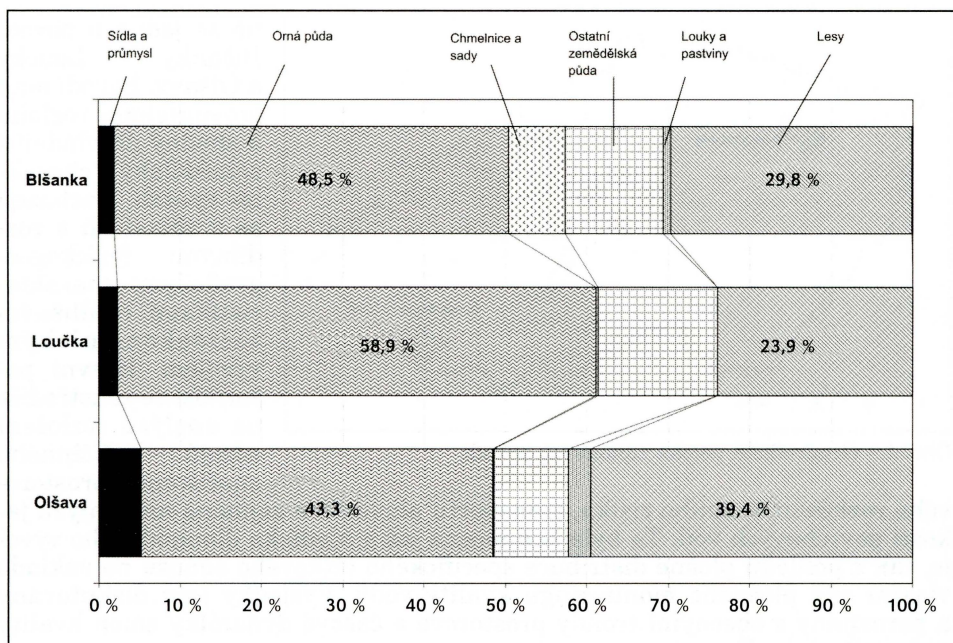
2. 1 Modelová povodí

Modelová povodí Blšanky, Loučky a Olšavy (obr. 1), každé o rozloze 350–400 km², reprezentují odlišné geografické prostředí z hlediska polohy, klimatu, povrchu, podloží, režimu odtoku, příbuzný mají naopak charakter využití území, kde převažuje zemědělská činnost.

Povodí Blšanky leží v teplé a málo vodné oblasti ve srážkovém stínu Krušných hor. Plocha povodí v uzavěrovém profilu v Holedeči je 374,1 km². Povodí leží v intenzivně zemědělsky využívané krajině Žatecka. V povodí Blšanky, kde žije na 14 tis. obyvatel, se nenachází žádné větší sídlo. Téměř dvě třetiny plochy povodí tvoří zemědělská půda, přičemž 90 % zemědělské půdy je využito jako orná půda. Významné postavení mají dále chmelnice, které pokrývají celkem 6,4 % plochy povodí. Vedle chmele je významné pěstování obilovin, řepky a píce.

Povodí Loučky leží v zemědělské oblasti kraje Vysočina, obdobně jako v případě Blšanky s pouze málo intenzivním osídlením. Povodí zaujímá plochu 385,7 km² k uzavěrovému profilu v Dolních Loučkách. Přes 70 % plochy povodí představuje zemědělská půda, přičemž podíl orné půdy zde dosahuje téměř 60 % celkové rozlohy povodí (obr. 2). V povodí žije přes 26,5 tis. obyvatel. Jediné větší sídlo, Nové Město na Moravě s celkem 10 tis. obyvateli, je situované do pramenné oblasti povodí, velikost ostatních sídel již zpravidla výrazně nepřesahuje 1 000 obyvatel. Zemědělská výroba je zaměřena na pěstování okopanin, obilovin, řepky a chovu skotu a prasat.

Povodí Olšavy se nachází na jižní Moravě na území Zlínského kraje v oblasti Bílých Karpat. Plocha povodí po limnigraf v Uherském Brodě má rozlohu 401,1 km². Z hodnocených území je nejintenzivněji osídleno – v povodí ži-



Obr. 2 – Struktura využití území v modelových povodích. Data CORINE Landcover, MŽP 1997.

je celkem 50,3 tis. obyvatel, největšími sídly jsou Uherský Brod (17,5 tis. obyv.) a Luhačovice (5,6 tis. obyv.). Centrum průmyslové výroby je soustředěno v Uherském Brodě (Česká zbrojovka, a.s., Slovákcké strojírny), významné podniky jsou ale i v menších sídlech. Zemědělská výroba je zaměřena na pěstování náročnějších druhů obilovin, významný je chov prasat a skotu (Klíment, Langhammer, Jurčák 2003).

2. 2 Metodika řešení

Provedené analýzy jsou zaměřeny na vyhodnocení zdrojové zátěže hodnocených povodí znečištěním, analýzu prostorové distribuce erozního ohrožení jako významného faktoru podmiňujícího látkový transport z plochy povodí, hodnocení vývoje kvality vody, analýzu specifického látkového odnosu a klasifikaci dynamiky trendů změn kvality vody. V metodické části je podrobněji popsána metodika modelování erozní ohroženosti a klasifikace trendů dynamiky změn kvality vody, ostatní použité postupy vycházejí ze standardních metod.

2. 2. 1 Vliv fyzikogeografických faktorů na látkový odnos a erozní ohroženost

Fyzikogeografické faktory ovlivňují látkový odnos a jakost povrchových vod především nepřímým způsobem. Jde zejména o celkové predispozice území pro charakter a intenzitu jeho antropogenního využití, zároveň však i o přímý vliv na mechanismus odnosu látek z povodí, zejména v souvislosti s vodní erozí.

Hodnocení fyzikogeografických faktorů, ovlivňujících transport látek z povodí, bylo provedeno pomocí modelu erozní ohroženosti povodí, sestaveného

Tab. 1 – Model erozní náchylnosti – klasifikace intenzity ohrožení

Stupeň	Body	Erozní ohrožení
1	4–7	Ohrožení žádné až nepatrné
2	8–11	Ohrožení nízké
3	12–15	Ohrožení střední
4	16–19	Ohrožení silné
5	20–24	Ohrožení velmi silné až extrémní

chozí podmínky (potenciál) povodí pro transport plavenin a v jednotlivých povodích vymezit hlavní rizikové oblasti.

Pro modelování erozní náchylnosti byly vybrány čtyři hlavní faktory, které ovlivňují zapojení a průběh erozního procesu: reliéf, geologické podloží, půdní poměry a faktor využití území.

K těmto čtyřem faktorům byly jako samostatný variantní vstup přidány srážkové poměry. V rámci zvolené metody bodového hodnocení byly uvedeným faktorům přisouzeny určité míry náchylnosti k erozi podle 6bodové stupnice. Ta byla zvolena tak, aby vedle základní pětistupňové škály zahrnovala pro jednotlivé faktory i kategorii extrémního ohrožení.

Základní varianta modelu erozní náchylnosti zohledňuje čtyři faktory: sklon reliéfu, charakter geologické podloží, erodibilita půd a typ krajinného pokryvu. Hodnoty výsledného bodování se pohybují v rozmezí daném možným minimem a maximem, tj. 4–24 bodů. Klasifikační tabulka je upravena do 5bodové stupnice (tab. 1). Podrobný popis modelu a jeho aplikace uvádí Kliment, Langhammer (2005) a Kliment, Langhammer, Jurčák (2003).

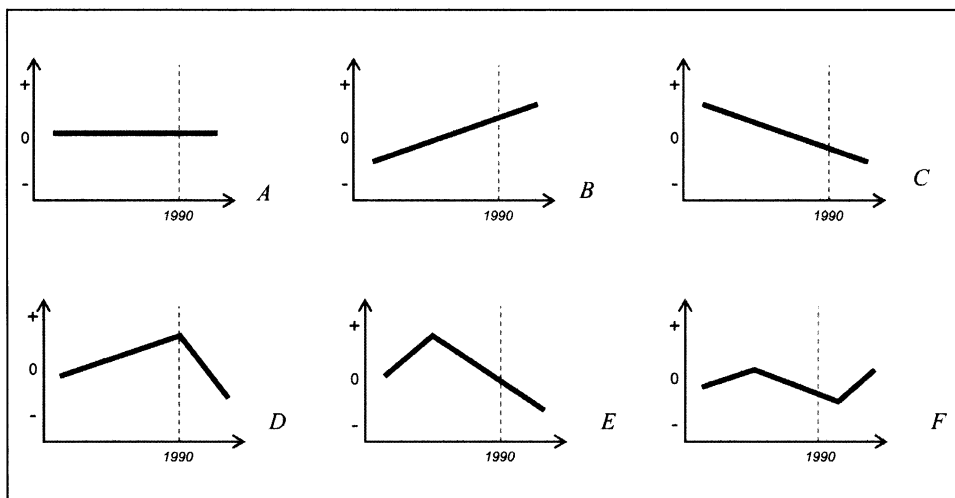
2. 2. 2 Klasifikace trendů dynamiky změn kvality vody

Pro analýzu dynamiky vývoje jakosti povrchových vod je použita metodika klasifikace dynamiky trendů změn kvality vody (Langhammer 2005), založená na statistickém vyhodnocení souboru časových řad koncentrací vybraných ukazatelů kvality vody v závěrových profilech povodí.

Hodnocení dynamiky změn u hodnocených povodí vychází z výpočtu směrnice trendů lineární regrese za pětiletá období od roku 1975 do současnosti. Výsledné modely změn ukazují vypočtené trendy změn kvality vody a jejich relativní dynamiku v jednotlivých obdobích bez ohledu na absolutní hodnoty koncentrací zátěže. Zatřídění vývoje v hodnocených parametrech do hlavních modelů probíhá podle charakteristiky průběhu změn v jednotlivých časových obdobích a je tak možno je srovnat se základními modely změn kvality vody v Česku (Langhammer 2005).

Základní modely popisují šest základních typů dynamiky vývoje kvality vody označené A–F (obr. 3), se kterými se v Česku setkáváme. Model A představuje typ dlouhodobě stagnujícího vývoje kvality vody, typ B toky s kontinuálním nárůstem koncentrací znečištění, typ C naopak toky s kontinuálním poklesem úrovně zátěže. Pro velkou část středních a velkých toků je charakteristický model D, kdy po roce 1990 dochází k rychlému poklesu znečištění. Na řadě historicky intenzivně využívaných toků pozorujeme pokles zátěže již před rokem 1990 (model E), na řadě zejména drobných toků naopak dochází v posledním desetiletí k nárůstu zátěže po předchozím poklesu – model F.

pro jednotlivá povodí. Model je založený na multikriteriálním hodnocení hlavních erozních faktorů a je realizovaný v podobě distribuovaného gridového modelu v prostředí GIS. Cílem bylo především vyjádřit prostorově rozložení erozního rizika na území modelových povodí, porovnat vý-



Obr. 3 – Základní modely dynamiky změn kvality vody (blíže viz text)

2. 3 Zdrojová data

Jako základní informace o produkci znečištění byly použity údaje z Vodní bilance, evidované v databázi HEIS (VÚV 2005). Hodnoceny byly parametry BSK₅, CHSKCr a amoniakální dusík.

Kvalita povrchových vod byla hodnocena na základě dvou hlavních datových zdrojů: Dlouhodobé sledování kvality vody v profilech státní sítě ČHMÚ v období 1970–2000, vlastní monitorovací síť odběrných profilů se vzorkováním v letech 2000–02.

Vlastní síť monitoringu jakosti vody byla pro jednotlivá povodí založena v rozsahu 8–10 profilů, odrážejících stav jakosti vody v jednotlivých částech povodí. Síť sledování měla dvojí cíl. Hlavním cílem bylo zachytit plošnou distribuci zátěže na ploše povodí, která doplnila údaje ze státní sítě, které jsou k dispozici pouze pro povodí jako celek. Plošné odběry byly realizovány jedenkrát ročně, pro povodí Loučky čtyřikrát ročně.

Jako základní topografické podklady byly použity vrstvy geodatabáze DMÚ-25, z tematických vrstev data CORINE Landcover a ZVM. Laboratorní analýzy z vlastních odběrů byly prováděny v laboratoři ÚŽP PřF UK v Praze a laboratoři Povodí Labe v Děčíně (stanovení plavenin na Blšance).

3. Výsledky

3. 1 Zdroje znečištění

Hodnocená modelová povodí mají převážně zemědělský charakter využití, přesto mezi nimi jsou značné rozdíly v prostorovém rozložení, velikosti a struktuře přímých bodových zdrojů znečištění povrchových vod. Na modelových povodích nejsou evidovány žádné významné přímé průmyslové zdroje znečištění, zařazené do sledování v rámci mezinárodních programů (ICPDR

Tab. 2 – Emise z evidovaných bodových zdrojů znečištění. Data HEIS VÚV

Povodí	Počet evidovaných zdrojů emisí	BSK-5 (t/r)	CHSK-Cr (t/r)	Amoniakální dusík (t/r)
Blšanka	22	18,43	41,89	8,84
Loučka	12	48,93	105,04	3,59
Olšava	30	177,67	422,07	52,48

2005, MKOL 1995). Z komunálních zdrojů jsou evidovány pouze čistírny odpadních vod měst Uherský Brod a Luhačovice v povodí Olšavy a ČOV Nové Město na Moravě v povodí Loučky.

Pro charakter znečištění povrchových vod v povodí Blšanky je určující zemědělská výroba. V povodí nacházíme pouze jediný přímý zdroj emisí s celkovým objemem vypuštěných odpadních vod nad 100 tis. m³ za rok – ČOV obce Kryry. Povodí Blšanky je z hodnocených povodí nejméně intenzivně osídlené.

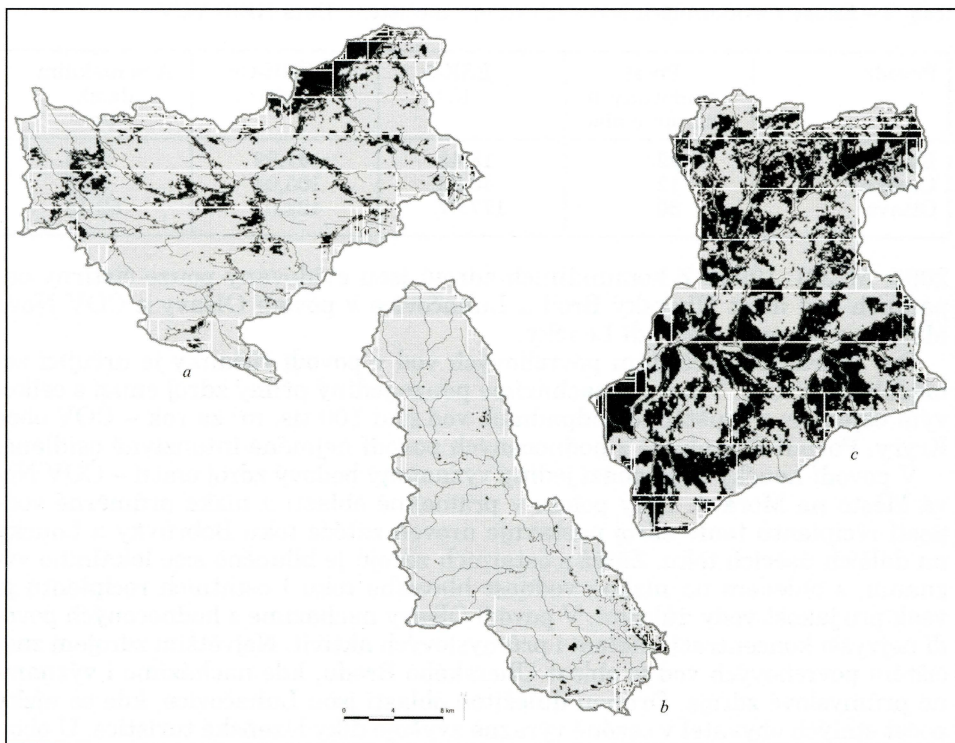
V povodí Loučky se nachází jediný významný bodový zdroj emisí – ČOV Nové Město na Moravě. Díky poloze v pramenné oblasti a nízké průměrné vodnosti recipientu tento zdroj nastavuje úroveň zátěže toku Bobruvky a Loučky na dalších úsecích toku. Zátěž z ostatních zdrojů je bilančně sice lokálního významu, s ohledem na nízkou vodnost hlavního toku i ostatních recipientů je však pro jakost vody důležitá. V povodí Olšavy nacházíme z hodnocených povodí nejvyšší koncentraci osídlení i průmyslových aktivit. Největším zdrojem znečištění povrchových vod je oblast Uherského Brodu, kde nacházíme i významné průmyslové zdroje. Druhou důležitou oblastí jsou Luhačovice, kde se nízký počet stálých obyvatel v sezóně výrazně zvyšuje díky lázeňské turistice. U obou emisních center přesahuje objem vypuštěných odpadních vod 2 mil. m³ za rok. Potenciální zátěž z veškerých komunálních zdrojů přepočtená dle EO v povodí Olšavy dosahuje dvojnásobku hodnot z povodí Loučky a téměř čtyřnásobku hodnot z povodí Blšanky na srovnatelné rozloze. Pro znečištění povrchových vod je významná intenzivní živočišná výroba ve střední a dolní části povodí, která představuje výrazný zdroj zátěže, navíc neevidovaný v databázi HEIS.

Rozdíly v zátěži jednotlivých povodí z bodových zdrojů, evidovaných v databázi HEIS jsou značné (tab. 2). Nejméně zatížené je povodí Blšanky, zátěž povodí Loučky dosahuje v objemu emisí BSK₅ i CHSK_{Cr} více než dvojnásobných hodnot, povodí Olšavy pak v ukazateli BSK₅ i CHSK_{Cr} dosahuje téměř desetinásobku množství evidovaného na povodí Blšanky.

3. 2 Erozní ohrožení

Prostorové rozložení erozní náchylnosti, vypočtené podle výše popsaného modelu, odráží prostorovou distribuci příčinných faktorů a poukazuje na rozdíly v podmínkách pro látkový odnos a pro transport plavenin. S ohledem na dominantní zemědělské využití plochy ve všech povodích představuje vodní eroze významný činitel, ovlivňující transport znečišťujících látek z plochy povodí do recipientů.

Základní varianta modelu L_G_P_S, sestavená z faktorů sklonu, geologie, půdní erodibility a využití půdy naznačuje výrazný odstup povodí Olšavy od ostatních povodí. Díky nepříznivým vysokým hodnotám ve všech faktorech a rovnoměrné distribuci na celé ploše dosahuje povodí Olšavy v úhrnu až 1,4x vyšší hodnoty celkové ohroženosti ve srovnání s nejméně exponovaným povodím Loučky (viz obr. 4 a tab. 3). Nezahrnutou délku svahů do určité mí-



Obr. 4 – Kritické oblasti erozního ohrožení; a – Blšanka, b – Loučka, c – Olšava. Tmavě jsou zvýrazněny části území s vypočteným skóre intenzity erozního ohrožení 15 a vyšším (viz tab. 1).

Tab. 3 – Výsledky výpočtu modelu erozní náchylnosti pro jednotlivá povodí

	Sklon	Geologie	Půdy	Land use	Model L_G_P_S	Model 2L_G_P_S	Model L_G_P_S_R
Blšanka	89 492	117 344	87 847	143 655	438 323	581 996	492 329
Loučka	96 221	40 758	99 007	152 122	387 261	540 231	440 794
Olšava	127 273	167 358	117 075	134 512	545 089	680 732	658 826

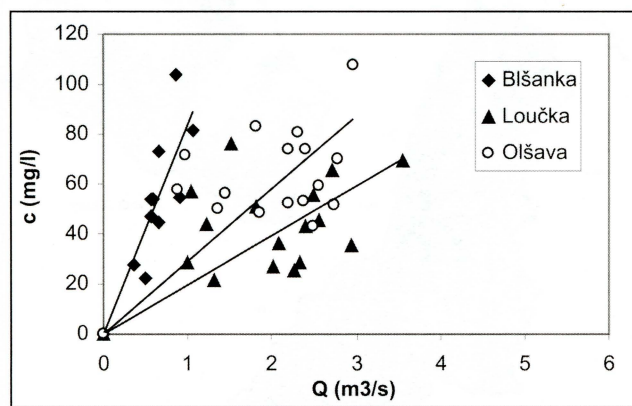
ry substituuje model 2L_G_P_S, který zdůrazňuje faktor využití území. Poslední uvedený model zahrnuje roční úhrn srážek.

Povodí Blšanky představuje území středně ohrožené vodní erozí. Přes nejnižší hodnoty faktoru sklonitosti se negativně projevuje značná délka obhospodařovaných pozemků a přítomnost erozi málo odolných permokarbonských sedimentů a též spraší. Dokladem je rozvinutý systém strží. Na vysokých hodnotách erozní ohroženosti se významně zastoupení chmelnic, které představují z hlediska vegetačního pokryvu nejvyšší stupeň erozního ohrožení. Erozi ohrožené plochy jsou koncentrovány na zemědělsky využívané svahy podél hlavního toku a přítoků, okrajové svahy Doupovských hor a sprašovou oblast v dolní části povodí. Erozní potenciál území je při srovnání látkových odnosů zakryt velmi nízkými hodnotami odtoku z území.

Povodí Loučky působí celkově nízkým stupněm erozního ohrožení, zejména vzhledem k malé sklonitosti území a erozi odolnému podloží, který je rovnoměrně zastoupen

Tab. 4 – Průměrné srážkové, průtokové a plaveninové údaje pro modelová povodí

Povodí	Hydrologické období	Qr (m ³ /s)	c (mg/l)	G (t/rok)	qpl (t/rok/km ²)	Hp (mm)
Blšanka	1995–2004	0,67	56,3	2 485,9	6,6	519
Loučka	1985–2000	2,08	44,3	8 283,4	21,5	655
Olšava	1985–2000	2,08	64,5	18 572,7	46,3	713



Obr. 5 – Vztah mezi průměrnou roční kalností a průtokem vody

ho flyšového podloží, vysokou půdní erodibilitou a vyšší sklonitostí území. 50 % plochy orné půdy se nachází na sklonech nad 5°, 20 % nad 8°. Erozní ohrožení je přitom rovnoměrně rozloženo na celém území, včetně pramenných oblastí, kde jsou pozorovány nejvyšší srážkové úhrny a probíhá formování odtoku. Následkem vysokého erozního ohrožení kombinovaného s nejvyšším průměrným srážkovým úhrnem je v povodí Olšavy i největší odnos plavenin (tab. 4, obr. 5).

3. 3 Specifický látkový odnos

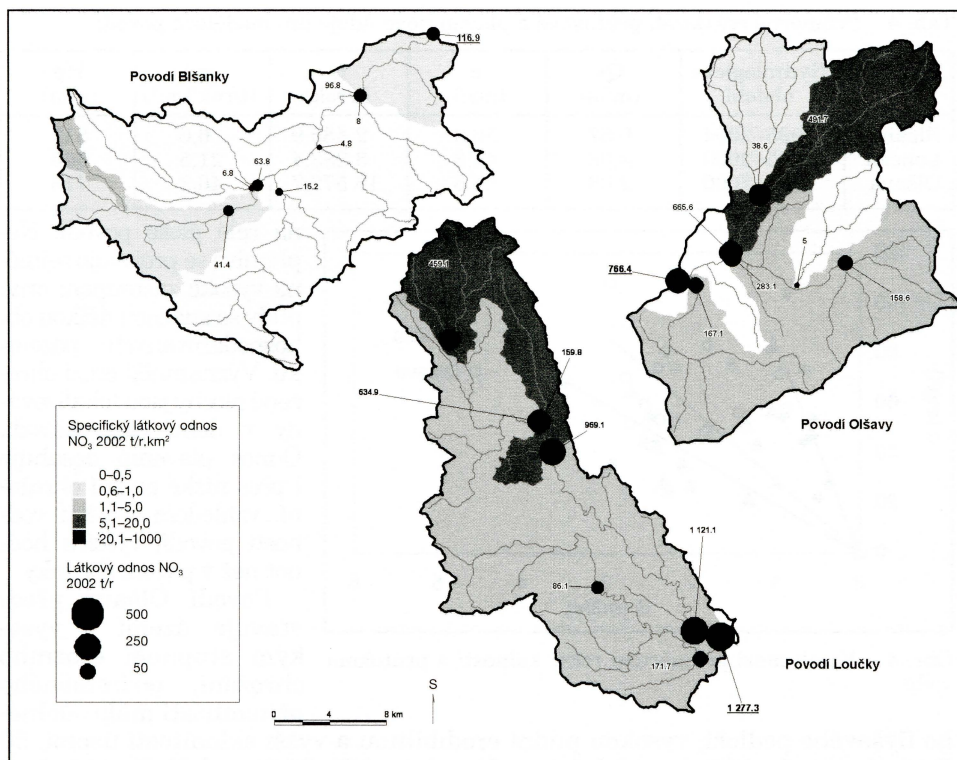
Analýza specifického látkového odnosu (dále SLO) přináší informace o rozložení intenzity zátěže v hodnocených povodích. Hodnocení je založeno na datech z vlastní sítě monitoringu, založené v jednotlivých povodích v letech 2000-2002. Jednotlivá povodí byla rozdělena na 8-10 dílčích povodí, podchycující oblasti, významné z hlediska charakteru nebo intenzity znečištění.

V povodí Blšanky, rozčleněném na devět dílčích bilančních povodí, jsou v organickém znečištění více zatížené hustěji osídlené oblasti ve střední a dolní části povodí, zatímco horní část povodí a pravostranné přítoky, zejména Černocký potok, jsou zatíženy minimálně.

U zátěže amonnými ionty jsou nejvyšší hodnoty SLO pozorovány na horním úseku toku Blšanky po Kryry, v dolní části povodí i na pravostranných přítocích. SLO dusičnanů dosahuje nejvyšších hodnot na horním a dolním toku, kde nacházíme nejvyšší rozlohy orné půdy včetně chmelnic, které jsou v tomto regionu charakteristické. Nejnižší úhrny SLO u ukazatele celkového fosforu jsou potom dosaženy na levostranných přítocích Blšanky na středním toku.

na celé ploše povodí. Neprůzlivé se projevuje zejména na vysoké zastoupení orné půdy se značnou délkou obhospodařovaných pozemků. Významněji erozí ohrožené plochy jsou lokalizovány v dolní části povodí. Odnos plavenin dosahuje i přes nízké erozní ohrožení, vzhledem k větší vodnosti povodí, vyšších hodnot než v povodí Blšanky.

Povodí Olšavy představuje území s vysokým stupněm erozního ohrožení, podmíněného přítomností málo odolné-



Obr. 6 Specifický látkový odnos N- NO_3 z modelových povodí v roce 2002. Data PrF UK.

V povodí Loučky, členěném na osm dílčích bilančních povodí, dosahují hodnoty SLO dusičnanů relativně vysoké úrovně na celé ploše povodí, přičemž nejvyšší hodnoty jsou pozorovány v pramenné oblasti.

SLO v ukazateli BSK_5 dosahuje nejvyšších hodnot na horní části povodí, v oblasti Nového Města na Moravě. Zvýšené hodnoty potom pozorujeme i v oblasti horního toku Libochovky, nejnižší hodnoty potom na střední a dolní části povodí a na levostranných přítocích Loučky. Specifický látkový odnos amonných iontů je v rámci povodí relativně homogenní, s výjimkou střední a dolní části povodí, kde jsou dosahovány nejnižší hodnoty (obr. 6). SLO dusičnanů odpovídá koncentraci zemědělsky využívaných ploch do horní části povodí Loučky a na středním a dolním toku Libochovky, nejnižší hodnoty jsou dosahovány na dolním povodí Loučky, kde je podíl zemědělských ploch nejnižší. Zátěž povodí Loučky celkovým fosforem je celkově nízká, maxima dosahuje v oblasti Nového Města na Moravě v horní části povodí.

Povodí Olšavy bylo rozděleno na 10 dílčích povodí a ve srovnání s povodími Blšanky a Loučky vyniká nejvyššími hodnotami SLO ve většině ukazatelů. SLO organických látek i amonných iontů je soustředěn především do oblasti Uherského Brodu a povodí Nivničky, kde je nejvyšší koncentrace osídlení i průmyslu. SLO dusičnanů dosahuje nejvyšších pozorovaných absolutních hodnot mezi srovnávanými povodími, charakteristické je i rovnoměrné rozložení intenzity odnosu na téměř celé ploše povodí. Povodí Luhačovického potočka a střední povodí Olšavy se nejvíce podílejí i na produkci celkového fosforu.

Tab. 5 – Srovnání bilančních hodnot látkového odnosu z hodnocených povodí v roce 2002

Povodí	Q_d m ³ /s	CHSK _{Cr} t/r	BSK ₅ t/r	NH ₄ t/r	NO ₃ t/r	P _{celk} t/r	RL t/r	NL t/r
Blšanka	0,36	183,9	32,9	6,2	116,9	1,3	5 562,9	340,6
Loučka	1,34	801,9	42,2	21,1	1 277,3	4,2	5 625,1	2 622,2
Olšava	2,17	2 052,9	95,9	109,6	766,4	58,3	31 396,1	6 375,2

Data: PŘF UK

V případě Luhačovického potoka jde o vliv města a lázeňského centra Luhačovic, v případě středního toku Olšavy potom na koncentrovanou živočišnou výrobu. Hodnoty SLO celkového fosforu v této oblasti dokonce přesahují hodnoty z oblasti Uherského Brodu (tab. 5).

Srovnání hodnot látkového odnosu z jednotlivých povodí potvrzuje rozdíly, vyplývající z rozdílného charakteru a intenzity využití jejich území. Jako nejvíce zatížené se projevuje povodí Olšavy, a to jak v parametrech organického znečištění, tak i v ukazatelích zátěže komponenty dusíku a fosforu s výjimkou dusičnanů. Nejnižší hodnoty SLO jednoznačně připadají na povodí Blšanky a s výjimkou dusičnanů i Loučky, kde vysoké hodnoty SLO v tomto ukazateli korespondují s nejvyšším rozsahem orné půdy mezi hodnocenými povodími.

3. 4 Změny kvality povrchových vod v hodnocených povodích

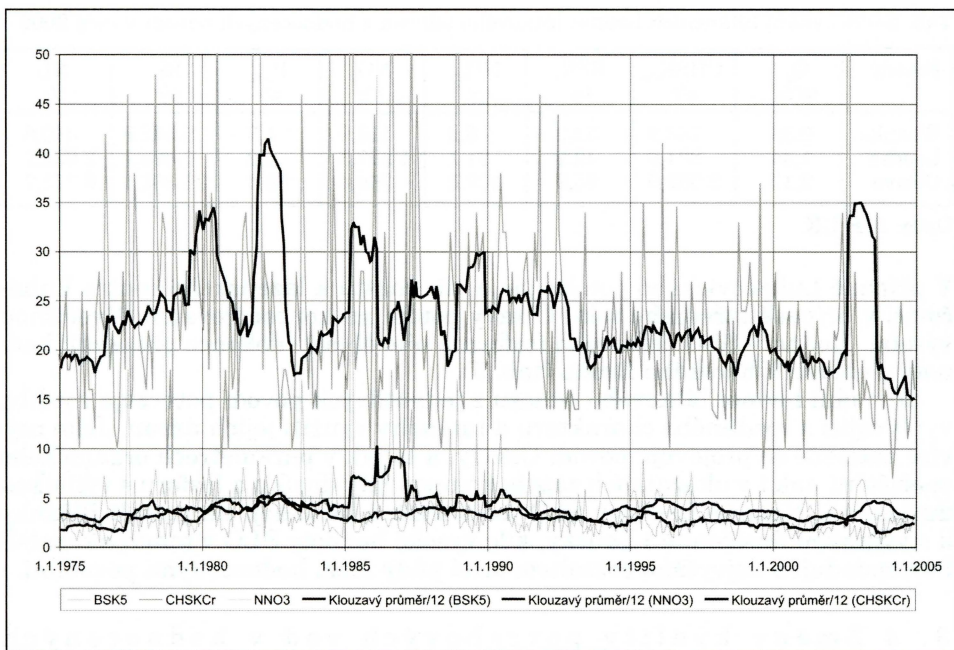
3. 4. 1 Blšanka

Dlouhodobý vývoj kvality vody v parametrech organického znečištění zaznamenává vrchol zátěže v 80. letech a od té doby dochází k pozvolnému poklesu. Současný pozitivní trend vývoje je spíše výsledkem útlumu ekonomických aktivit než investicemi do sanace zdrojů znečištění a výstavby ČOV. To dokládá mimo jiné i negativní trend vývoje zátěže povodí komponenty fosforu. Hlavní faktor zátěže povodí antropogenním znečištěním je zemědělství, zejména rostlinná výroba, kde specifickou pozici zaujímá chmelářství. Absenci koncepčních opatření na ochranu povrchových vod před znečištěním z plošných zdrojů dokládá neklesající trend zátěže povodí dusičnany jako hlavním ukazatelem, odrážejícím zátěž ze zemědělských zdrojů.

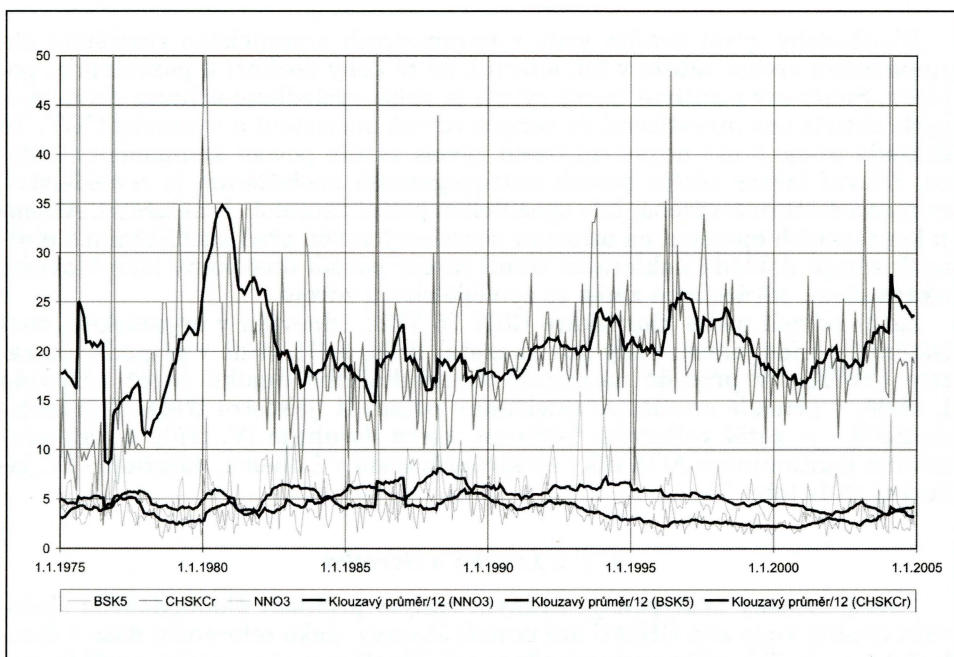
Zátěž povodí podle klasifikace ČSN 75 7221 odpovídá v organickém znečištění II. třídě jakosti vody pro ukazatel BSK₅ a III. třídě v případě ukazatele CSHK_{Cr}, v případě ukazatele amoniakálního dusíku zátěž odpovídá I. třídě, v případě znečištění dusičnany potom II. jakostní třídě. Nejproblematictější je zátěž celkovým fosforem, která dosahuje IV. třídy a dále především kontaminace AOX díky elektroprůmyslu v Lubenci, dosahující IV. jakostní třídy (obr. 7).

3. 4. 2 Loučka a Svatka

Povodí Loučky nedisponuje žádným stálým profilem dlouhodobého sledování kvality vody sítě ČHMÚ ani povodí Moravy. Jako referenční data o dlouhodobém vývoji kvality vody v hodnocené oblasti je možno využít profil Svatka-Tišnov (obr. 8), který se nachází pod zaústěním Loučky do Svatky. Z vývoje základních fyzikálně-chemických parametrů jakosti vody je zřejmé, že



Obr. 7 – Blšanka-Trnovany, dlouhodobý vývoj koncentrací BSK₅, CHSK_{Cr} a N-NO₃. Data ČHMÚ.



Obr. 8 – Svratka-Tišnov, dlouhodobý vývoj koncentrací BSK₅, CHSK_{Cr} a N-NO₃. Data ČHMÚ.

v oblasti došlo v první polovině 90. let k poklesu zátěže povrchových vod v ukazatelích organického znečištění i nutrientů. Obdobně jako v řadě drobných zemědělských povodí však jakost vody v posledních letech stagnuje a např. zátěž dusičnany dokonce opět roste.

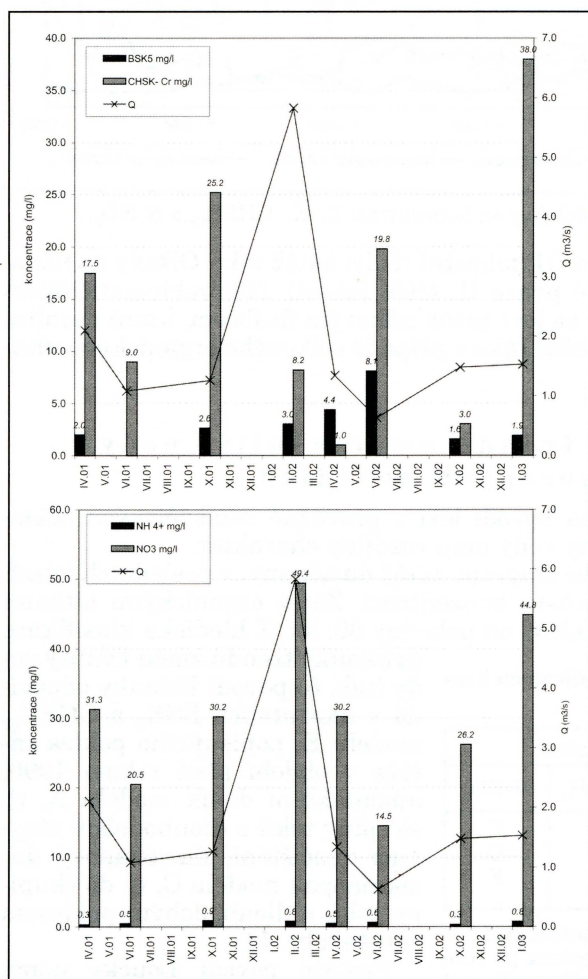
Pro zachycení stavu jakosti vody v povodí Loučky byla v rámci projektu založena monitorovací síť a v letech 2001–2003 byly realizovány plošné odběry vzorků vody z celkem 8 profilů. Vyhodnocení krátké časové řady měřených hodnot ve výústním profilu Loučky (obr. 9) ukazuje na středně silnou zátěž povodí, korespondující s jeho zemědělským charakterem. Zvýšená úroveň koncentrací organického znečištění je důsledkem zátěže v pramenné oblasti Nového Města.

Hodnoty zátěže organickým znečištěním jak v ukazateli BSK_5 tak v ukazateli $CHSK_{Cr}$ se pohybují těsně nad hranicí III. třídy jakosti. Zátěž amoniakálním dusíkem je rovněž v pásnu III. jakostní třídy, zatímco koncentrace dusičnanového dusíku se pohybují v hodnotách platných pro IV. třídu kvality vody, stejně jako koncentrace celkového fosforu.

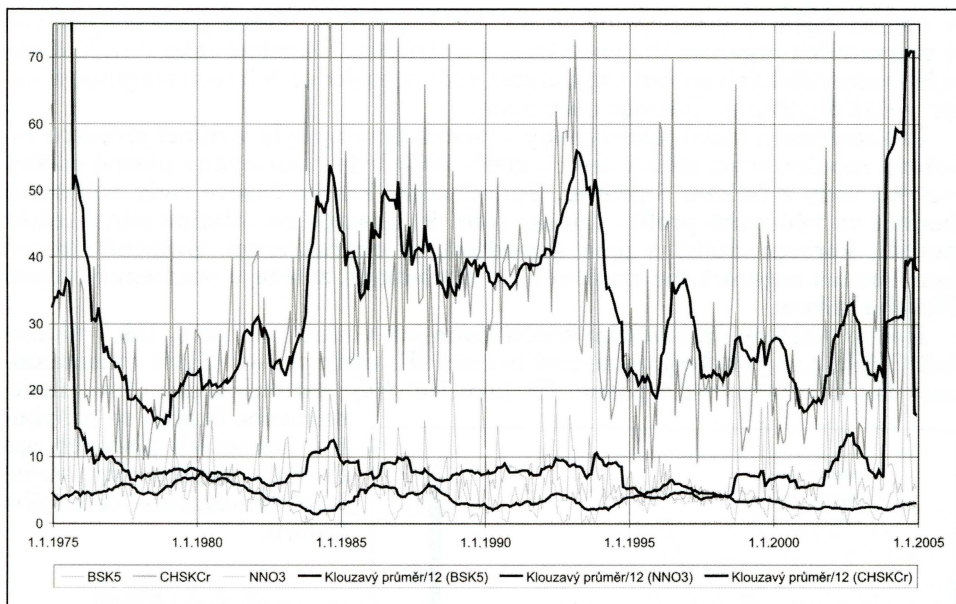
3. 4. 3 Olšava

Vývoj kvality vody v povodí Olšavy má dlouhodobě stagnující charakter. V povodí pozorujeme po pozitivních změnách, které od 90. let provázejí vývoj jakosti vody velké části našich toků, opětný nárůst zátěže, zejména organickým znečištěním. Hodnoty znečištění, naměřené v letech 2003–2004 patří v ukazatelích BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ k nejvyšším dosaženým v celém průběhu sledování (obr. 10). Změny zátěže nutriety jsou minimální, zátěž dusičnany má stagnující trend. Stejně jako u ostatních povodí se zde negativně projevuje nízká úroveň investic do čištění odpadních vod a ochrany vod před znečištěním.

Úroveň organického znečištění dosahuje v současné době v ukazateli BSK_5 i $CHSK_{Cr}$ hodnot III. třídy jakosti vody podle normy ČSN 75 7221. Znečištění v ukazateli amoniakálního



Obr. 9 – Loučka – výústní profil, chod znečištění organickými látkami a komponenty dusíku 2001–02. Data PŘF UK.



Obr. 10 – Olšava-Kunovice, dlouhodobý vývoj koncentrací BSK₅, CHSK_{Cr} a N-NO₃.

dusíku rovněž odpovídá úrovni III. jakostní třídy, zátěž toku Olšavy dusičnany potom poměrně překvapivě pouze II. třídě jakosti. Nejproblematictějším aspektem jakosti vody Olšavy se jeví zátěž celkovým fosforem, která dosahuje úrovně IV. jakostní třídy, stejně jako v případě celkového organického uhlíku.

3. 5 Dynamika trendů změn kvality vody v hodnocených povodích

Přestože všechna hodnocená povodí leží v převážně zemědělských oblastech, dlouhodobé změny kvality vody mají rozdílný charakter.

V povodí Blšanky dlouhodobě stagnuje zátěž dusičnany, v posledních letech navíc dochází k mírnému nárůstu koncentrací. Zátěž organickými látkami v ukazatelích CHSK_{Cr} i BSK₅ klesá od poloviny 80. let. Z hlediska klasifikace

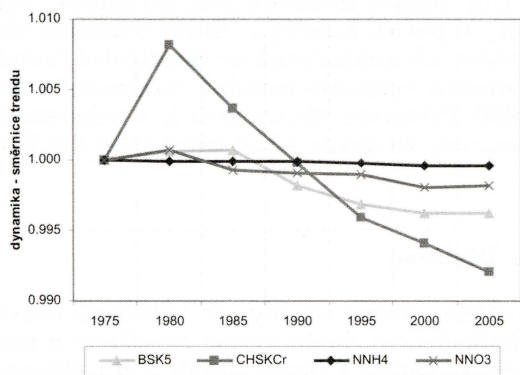
Tab. 6 – Klasifikace dynamiky trendů změn kvality vody v hodnocených povodích

Povodí	Model trendu změn			
	BSK ₅	CHSK _{Cr}	N-NH ₄	N-NO ₃
Blšanka	E	E	A	C
Loučka	F	F	F	D
Olšava	F	F	F	F

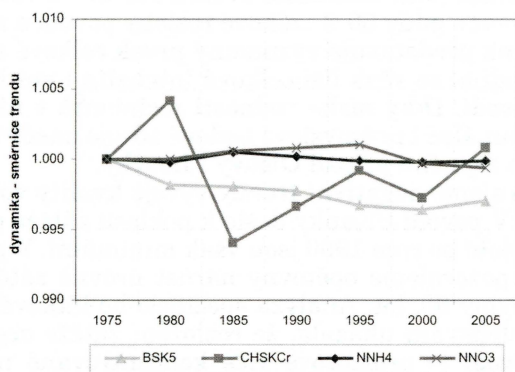
Modely změn: A – stagnace, B – kontinuální nárůst, C – kontinuální pokles, D – pokles po roce 1990, E – pokles před rokem 1990, F – opětovný nárůst po roce 1990, zvýrazněny jsou ukazatele s negativním trendem vývoje.

dynamiky trendů změn kvality vody (tab. 6) povodí Blšanky odpovídá v ukazatelích BSK₅ a CHSK_{Cr} modelu E, popisujícího pokles zátěže v období před rokem 1990, amoniakální dusík modelu A, tj. skupiny toků s dlouhodobou stagnací znečištění, dusičnanový dusík naopak modelu C, tj. do skupiny toků s dlouhodobým poklesem zátěže (obr. 11).

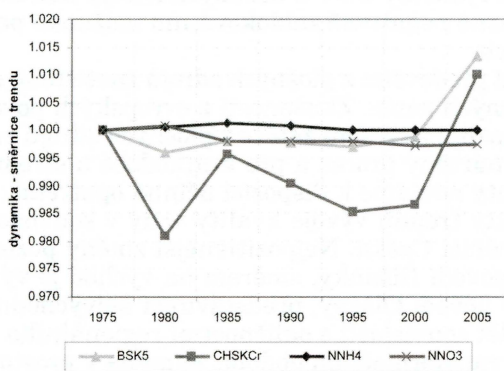
Protože povodí Loučky nemá v síti ČHMÚ vlastní profil dlouhodobého sledování, pro klasifikaci byly opět použity analogické údaje



Povodí Blšanky



Povodí Svratky



Povodí Olšavy

Obr. 11 – Dynamika změn kvality vody v hodnocených povodích

z profilu Svratka-Tišnov, situovaného těsně pod soutokem Svratky s Loučkou, které ukazují na obecné trendy vývoje kvality vody v relativně homogenní oblasti. Zátěž organickým znečištěním je na přibližně stejné úrovni hodnot jako v povodí Blšanky, dlouhodobě však stagnuje a v posledních 5 letech zde dochází k mírnému nárůstu koncentrací. Zátěž dusičnany naopak mírně klesá, což může mít souvislost s poklesem intenzity zemědělské produkce.

Podle klasifikace ukazatele odražející zátěž z bodových zdrojů, tj. BSK₅, CHSK_{Cr} a N-NH₄ odpovídají modelu F, tj. skupiny toků s aktuálně pozorovaným opětovným nárůstem zátěže po předchozím poklesu, pouze u dusičnanového dusíku modelu D.

Povodí Olšavy vykazuje jednoznačně nejvíce negativní vývoj znečištění v hodnocených parametrech. Zátěž organickým znečištěním zde v posledních 5 letech výrazně roste, přičemž zátěž dusičnany neklesá. Dynamika změn je oproti ostatním hodnoceným povodím více než dvojnásobná, všechny hodnocené ukazatele – BSK₅, CHSK_{Cr}, N-NH₄ i N-NO₃ odpovídají modelu F, popisujícím opětovný nárůst zátěže po předchozím období poklesu.

Analýza dynamiky trendů změn kvality vody ukazuje na zásadní rozdíly mezi povodím Blšanky, patřícím do soustavy povodí Labe a povodím Olšavy a Loučky, ležícími v soustavě povodí Moravy. Zatímco v povodí Blšanky hodnocené jakostní paramet-

ry odpovídají modelům, které vyjadřují různou intenzitu poklesu zátěže, resp. stagnaci v případě ukazatele $N-NH_4$, u povodí Loučky i Olšavy odpovídá většina hodnocených ukazatelů modelům, charakterizujícím nepříznivé trendy změn – většina hodnocených parametrů vykazuje rozdílně intenzivní trend růstu úrovně znečištění po roce 1990. Příznivou skutečností je s ohledem na zemědělský charakter povodí skutečnost, že mírně klesá zátěž toků dusičnany.

4. Diskuse

Jednotlivá povodí vykazují navzájem značné rozdíly jak v celkové úrovni zátěže znečišťujícími látkami, v dlouhodobém chodu vývoje znečištění a režimu i v charakteru prostorové distribuce zátěže v rámci povodí. Tyto odlišnosti vycházejí ze základních rozdílů v charakteru a intenzitě využití jednotlivých povodí i jejich fyzikogeografických predispozic.

Všechna povodí mají výrazně zemědělský charakter využití území – u všech přesahuje podíl zemědělsky využívané půdy 50 % celkové rozlohy povodí a zátěž z plošných zdrojů znečištění tak představuje významný prvek celkové zátěže toků. Mezi jednotlivými povodími se však liší celková intenzita i vnitřní struktura rozložení zátěže na povodí. Díky nízké vodnosti recipientů v nich hrají významnou roli lokální komunální i průmyslové bodové zdroje znečištění – v hodnocených povodích je to zejména případ Olšavy i Loučky.

V těchto povodích rovněž pozorujeme negativní trendy vývoje kvality vody ve většině základních ukazatelů. V povodí Blšanky došlo k poklesu zátěže organického znečištění, změny v období po roce 1990 jsou však minimální. V povodích Loučky a Olšavy naopak pozorujeme opětovný nárůst úrovně zátěže organickým znečištěním vod poloviny 90. let. Analýza specifického látkového odnosu založená na vlastní síti sledování ukázala, že rozložení zátěže organickým znečištěním v rámci povodí je prostorově více koncentrované než v případě zátěže nutrieny. Výstavba či intenzifikace čistíren odpadních vod u hlavních ohnisek produkce emisí by proto přinesla významné zlepšení situace. Stávající výjimka v aplikaci legislativy EU v oblasti čištění komunálních odpadních vod, umožňující odklad výstavby ČOV u drobných zdrojů zátěže až do roku 2010 se proto projeví výrazně negativněablokováním možnosti pozitivních změn v kritických oblastech.

Zátěž nutrieny, produkovány především z plošných zdrojů znečištění, zůstává ve všech povodích bez výrazných změn. Zkušenosti z evropských povodí (De Wit 1999, EEA 2002) navíc ukazují, že řešení zátěže z plošných zdrojů znečištění představuje dlouhodobý a náročný proces a pro krátkodobé a střednědobé změny úrovně zátěže nutrieny nemáme k dispozici účinná opatření.

Zajímavé jsou prostorové aspekty trendů vývoje kvality vody v souvislosti s polohou hodnocených povodí v rámci Česka. Nejpozitivnější změny pozorujeme v nejzápadněji situovaném povodí Blšanky, směrem na východ je vývoj méně příznivý – nejkritičtější je v povodí Olšavy, představující nejvýchodněji položené povodí. Je zde možné vidět souvislosti s odlišnostmi regionálního socioekonomického vývoje Česka v transformačním období, zejména v prostorovém rozložení investic a ekonomické aktivity regionů.

Z pohledu změn kvality vody v rámci vodních soustav povodí Labe a Moravy je významná pozice jednotlivých povodí v rámci celé hydrografické sítě. Všechna hodnocená povodí totiž leží v pramenných oblastech na horních tocích hlavních povodí, v oblasti jejich rozvodnic. V případě Blšanky jde o roz-

vodí Ohře a Berounky, v případě Loučky o povodí Svatky a Sázavy a u Loučky o rozvodí Moravy a Váhu. Neklesající a v případě povodí Olšavy a Loučky dokonce rostoucí úroveň zátěže dosahovaná již v pramenných oblastech tak brání dalšímu poklesu znečištění na navazujících úsecích hlavních toků.

Srovnání vývoje kvality vody hodnocených povodí s celkovým charakterem změn jakosti vody v Česku a povodí Labe potvrzuje prohlubující se rozdíly mezi vývojem zátěže velkých a malých toků. Zatímco v profilech na středních a dolních úsecích velkých toků (Labe, Vltava, Ohře, Berounka aj.) je v průběhu 90. let pozorován prudký pokles koncentrací ve většině sledovaných základních parametrů s výjimkou celkového fosforu a dusičnanů, u drobných toků zejména v okrajových částech hlavních povodí kvalita vody stagnuje nebo i dochází ke zhoršení (Langhammer 2003). Výsledky podrobného výzkumu, realizovaného na třech malých povodích, ležících v zemědělských oblastech potvrdily tento obecný trend a ukázaly na nezbytnost komplexního přístupu k řešení problematiky ochrany povrchových vod v povodí a na náležitost opatření v jejich zdrojových oblastech.

5. Závěr

Hodnocená povodí toků Blšanky, Loučky a Olšavy vykazují řadu shodných prvků v distribuci zátěže a vývoji jakosti povrchových vod, zároveň však u nich můžeme sledovat řadu odlišností v dynamice trendů změn vývoje kvality vody.

Výzkum změn kvality vody v drobných zemědělských povodích potvrdil přetrvávající problémy v této oblasti. Předně jde o dlouhodobé neřešení sanace lokálních bodových zdrojů znečištění, které je navíc usnadněno odkladem plnění environmentální legislativy EU v oblasti drobných komunálních zdrojů do roku 2010. Díky neklesajícím zátěží z plošných zdrojů jde o zásadní možnost, jak ve střednědobém horizontu pozitivně ovlivnit jakost vody malých a středních toků.

Druhým, neméně závažným problémem je nedostatek informací o změnách kvality vody v malých a středně velkých povodích. Řada těchto povodí, která mnohdy významně přispívají ke znečištění toků, není systematicky sledována vůbec, u jiných jsou časové řady sledování kvality vody často krátké či neúplné. Chybí tak důležité informace o prostorovém rozložení zátěže vodních toků znečištěním a tím i možnost identifikace a následné sanace zdrojů emisí. Negativní trendy změn kvality vody v malých povodích podtrhují potřebu dalšího výzkumu v této oblasti a analýzy probíhajících procesů, umožňujících formulaci účinných opatření na ochranu vod před znečištěním.

Literatura:

- ČHMÚ (2004): Databáze jakosti povrchových vod v povodí Labe v období 1970-2003.
DE WIT, M. (1999): Nitrogen Fluxes in the Rhine and Elbe basins. Utrecht: Universiteit Utrecht.
EEA (2002): Phosphorus concentrations in Rivers. <http://themes.eea.eu.int/>.
ICPDR (2005): The Danube River Basin District – Danube Basin Analysis. WFD Roof Report, ICPDR, Vinna, <http://www.icpdr.org>.
JANSKÝ, B. (2002a): Changing Water Quality in the Czech Part of the Elbe Catchment Area in the 1990s. *Geografie–Sborník ČGS*, 107, č. 2, s. 74–93.
JANSKÝ, B. (2002b): Einfluss der Landwirtschaft auf die Gewässergüte im tschechischen Elbe – Einzugsgebiet. In: *Elbe – neue Horizonte des Flussgebietsmanagements*. B. G. Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, s. 349–351.

- KLIMENT, Z. (2003): Transport of suspended sediments in various region of the Czech Republic. *AUC Geographica*, XXXVIII, č. 1, s. 157–166.
- KLIMENT, Z., LANGHAMMER, J. (2005): Modelování erozního ohrožení ve velkých územních celcích. *Geomorfologický sborník*, 4, ČAG a JČU, České Budějovice, s. 75–83.
- KLIMENT, Z., LANGHAMMER, J., JURČÁK, P. (2003): Dynamika plošného odnosu látek z povodí v geograficky odlišných podmínkách ČR (na příkladu povodí Blšanky, Loučky, Lužické Nisy a Olšavy). *Závěrečná zpráva grantu GAUK 178/2000/B-GEO*. PrF UK, Praha, 98 s.
- LANGHAMMER, J. (2004): Water quality changes in the Elbe River Basin. *Geografie-Sborník ČGS* 109, č. 2, s. 93–104.
- LANGHAMMER, J. (2005): Geostatistická klasifikace dynamiky změn kvality vody v povodí Labe. *Geografie-Sborník ČGS*, 110, č. 1, s. 15–31.
- MŽP (1997): CORINE landcover, geodatabáze. MŽP ČR, Praha.
- MŽP ČR (2004): Indikátory životního prostředí. MŽP ČR, Praha, <http://indikatory.env.cz/>.
- MKOL. (1995): Akční program Labe. MKOL, Magdeburg.
- PITTER, P. (1992): *Hydrochemie*. ČVUT, Praha.
- RIEDER, M. a kol. (2000): *Jakost vody v tocích 1998-99 – ročenka*. Praha.
- ROSENDORF, P. et al. (1998): Omezování plošného znečištění povrchových a podzemních vod v ČR, etapová zpráva za rok 1998. VÚV TGM, Praha.
- ČSÚ (2002): *Sčítání lidu, domů a bytů 2001*, ČSÚ, Praha.
- ČSÚ (2002): *Statistická ročenka České republiky 2002*. ČSÚ, Scientia, Praha.
- VÚV (2000): *Databáze Státní vodohospodářské bilance*. VÚV TGM, Praha.
- VÚV (2005): *Hydroekologický informační systém – HEIS*, VÚV TGM, Praha, <http://heis.vuv.cz>.

S u m m a r y

WATER QUALITY CHANGES IN RURAL REGIONS IN CZECHIA

The river network in the Czech Republic experienced dramatic changes in water pollution during the last two decades. The unsurpassed peak of water pollution level occurred in the late 1980's and since the political and economical turn in 1989 we can observe important changes in total volume and distribution of pollution emissions and consecutive changes in water quality. The most important changes are related to building and modernization of water treatment plants of large industrial and municipal pollution sources at large rivers. Thanks to the rapid decline of pollution load the water quality of the longest Czech rivers -Labe, Vltava, Berounka or Ohře – has dramatically increased.

Such evolution was however spatially limited to the largest rivers and the majority of the river network, mainly small streams in agricultural landscape, are still suffering strong pollution and their water quality is stagnant or in some region even worsening.

The article presents analysis of water quality changes in three catchments in agricultural landscape facing long-term problems with water quality. The catchments are areas with different physical-geographical and socio-economic conditions in different regions in Czechia – Blšanka in northwest Bohemia, Loučka in southwest Moravia and Olšava in eastern Moravia. The selected catchments are all of similar size (350-400 sq km) and of prevailing agricultural land use. The analysis was focused on distribution of pollution sources, potential erosion risk, spatial distribution of pollution balance in the catchments and water quality changes dynamics.

The assessed catchments manifest important differences in water quality trends and in spatial distribution of pollution load. All these catchments are of predominantly agricultural land use – the share of arable land exceeds 50 % of the total basin area and the pollution load from non-point sources represents an important part of the pollution load balance. The impact of local point pollution sources from the local industry and settlement is in all investigated catchments increased by low average discharges. In all catchments we observe long-term negative trends in water quality in the majority of basic parameters including nutrients and organic pollution. In the Blšanka catchment in northwestern Bohemia, water quality in organic pollution in BOD-5 and COD parameters has been slightly increasing, but evolution since 1990, when the most important changes at large rivers occurred, has been stagnant. In Loučka and Olšava catchments, water quality in organic pollution has been even decreasing. Solution of this problem is currently blocked by

postponement of application of the EU water framework directive concerning pollution of municipal wastewater from small and medium sources to the year 2010. Pollution by nutrients, mainly nitrates, is remaining constant in all assessed catchments. Experience from the European rivers facing non-point pollution shows that elimination of this pollution load is a long-term and demanding process.

The presented research pointed to the following important facts: First, water quality in small catchments is even after 15 years after the political turn critical, in opposite to the situation at large rivers. Second, the political decision on postponement of the terms of application of EU legislation concerning construction of water treatment plants at small and medium municipal sources will block amelioration of water quality in regions that are in this point currently in the most critical state. As these catchments represent headwater regions of large rivers, their pollution impedes a further improvement of water quality despite of large investments in sewage works. Last but not the least – a serious problem in this field remains still lack of information on water quality changes in small rivers and catchments. Despite a well-functioning monitoring network that has been operating since the late 1960's in the whole country we still do not have enough information on processes in critical areas that have gradually moved from large rivers to headwater areas. Thus further research in this field is still needed to find effective measures for surface water protection.

- Fig. 1 – Geographical position of model catchments.
- Fig. 2 – Landuse structure in model catchments. From left: settlements and industry, arable land, hop-fields and orchards, other agriculture land, meadows and pastures, forests. Data CORINE Landcover.
- Fig. 3 – Basic models of water quality change dynamics in Labe (Elbe) River basin.
- Fig. 4 – Zones of critical level of erosion risk. a – Blšanka, b – Loučka, c – Olšava. Dark are those parts of the territory with calculated score of erosion hazard intensity equal to or above 15 (see Table 1).
- Fig. 5 – Relation between discharge and turbidity in model catchments.
- Fig. 6 – Specific pollution load of nitrates in model catchments in 2002. Key: specific substance removal NO_3 (t/km^2), diagrams – substance removal NO_3 (t/year). Data Faculty of Science, Charles University.
- Fig. 7 – Water quality in BOD-5, COD and nitrates in Blšanka-Trnovany profile. Data ČHMÚ. Key from the left: BSK_5 , CH SK_{Cr} , NNO_3 , sliding average /12 (NNO_3), sliding average /12 (BSK_5), sliding average /12 (CH SK_{Cr}).
- Fig. 8 – Water quality in BOD-5, COD and nitrates in Svatka – Tišnov profile. Data ČHMÚ. Key from the left: BSK_5 , CH SK_{Cr} , NNO_3 , sliding average /12 (NNO_3), sliding average /12 (BSK_5), sliding average /12 (CH SK_{Cr}).
- Fig. 9 – Water quality in organic pollution and nutrients, Loučka-mouth profile. Data Faculty of Science, Charles University.
- Fig. 10 – Water quality in BOD-5, COD and nitrates in Olšava-Kunovice profile. Key from the left: BSK_5 , CH SK_{Cr} , NNO_3 , sliding average /12 (NNO_3), sliding average /12 (BSK_5), sliding average /12 (CH SK_{Cr}).
- Fig. 11 – Water quality changes dynamics in model catchments.

(Pracoviště autorů: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geokologie, Albertov 6, 128 43 Praha 2, e-mail langhamr@natur.cuni.cz, kliment@natur.cuni.cz.)

Do redakce došlo 15. 8. 2005