

HODNOCENÍ KVALITY VODY NA HORNÍM TOKU ŘEKY LABE A ÚPY

**doc. Ing. Nina Strnadová, CSc.¹, Bc. Zuzana Hladíková¹,
Ing. Jaroslav Andrie²**

¹) VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6

²) Správa Krkonošského národního parku, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí
nina.strnadova@vscht.cz

Úvod

Krkonoše jsou nejvyšším pohořím České republiky, zaujímají plochu 631 km² a tvoří přirozenou státní hranici mezi Českou a Polskou republikou. Česká část Krkonoš zaujímá dvě třetiny z celkové plochy. Jejich dominantou je nejvyšší hora České Republiky, hora Sněžka (1602 m. n. m.).

Hlavním zdrojem vody jsou v Krkonoších atmosférické srážky (déšť, kroupy, sníh, rosa, mlha, námraza). Roční úhrn srážek v nejvyšších pramenných oblastech Krkonoš se pohybuje v rozmezí 1500-1600 mm. Až na malou východní část Rýchor, která je odvodňována tokem řeky Bobr, spadají Krkonoše do povodí Labe. Pro celé horní povodí Labe, Úpy a Jizery se roční úhrny srážek pohybují kolem 1000 mm.

Říční síť Krkonoš má svůj prapůvod již v třetihorách [1], kdy docházelo k tektonickým vyzdvihům pohoří. V důsledku zvětšování výškových rozdílů a intenzivní eroze se začala vytvářet stromovitá říční síť, typická pro většinu pohoří Českého masivu [2]. Vznikla hluboká a úzká údolí velkých krkonošských říčních toků: Jizery, Jizerky, Labe a Úpy. Ve čtvrtohorách se říční síť stabilizovala a docházelo již jen k prohlubování údolí v závislosti na geologické a petrografické stavbě Krkonoš. Charakteristické pro Krkonošské toky je jejich velký spád a nevyrovnaný profil (střídají se úseky s větším a menším sklonem podloží). Koryta jsou v hlubokých údolích, často vytvářejí přeje i kaskádovité vodopády. Na české straně hor tvoří říční síť přes 140 vodních toků, jejichž vody sytí hlavní krkonošské řeky: Jizeru, Jizerku, Mumlavu, Labe, Bílé Labe, Malé Labe a Úpu. Převážná část Krkonoš, je součástí krkonoško-jizerského krystalinika. Krkonoše prošly řadou morfologických změn, zejména silným vrásněními. Z nich nejvýznamnější alpské vrásnění v třetihorách způsobilo tektonický pohyb a pomalé vyzdvížení pohoří. Tím získaly Krkonoše v hrubých rysech dnešní podobu.

Mezi nejdůležitější faktory klimatu Krkonoš patří orientace svahů, která způsobuje výrazné rozdíly teplot i na relativně malé vzdálenosti a to z důvodu dopadajícího slunečního záření či stékáním studeného vzduchu do údolí [3]. Orientace svahů ovlivňuje také vznik teplotních inverzí, které jsou zvláště časté v období zimy a podzimu [4]. Neopomenutelným faktorem je též vertikální teplotní stratifikace, která se podílí na úbytku tlaku s výškou a tedy na rychlejším proudění vzduchu. V zimních podmínkách je vzduch stabilněji zvrstven a jeho teplota s rostoucí nadmořskou výškou klesá v porovnání s letními měsíci pomaleji. V dlouhodobém průměru tedy teplota vzduchu klesá o 0,6 °C na 100 metrů nadmořské výšky. Základní charakteristické údaje o monitorovaných horních tocích řeky Labe a Úpy jsou uvedeny v tabulce 1.

V článku je uvedeno stručné hodnocení kvality povrchové vody na horním toku řeky Labe a Úpy v první a druhé zóně Krkonošského národního parku. Je zaměřeno na hodnocení kvality vody Labe od jejího pramene až po Labský důl a Úpy taktéž od pramene až po soutok s Malou Úpou v blízkosti Pece pod Sněžkou. Na Labi byla pozornost věnována 21 odběrovým profilům. Na řece Úpě bylo hodnoceno 28 odběrových profilů. Monitoring všech odběrových míst z důvodu sněhové pokrývky zahrnoval duben až říjen. Popis odběrových míst je uveden v tabulce 2 a 3.

Tabulka 1. Charakteristika horních toků Labe a Úpy

Parametr	Labe	Úpa
Pramen	Labská louka v Krkonoších 1386,6 m n. m.	Úpské rašeliniště v Krkonoších 1432 m n. m.
Délka toku a plocha povodí	Délka toku 1154 km (v KR NAP 25km), plocha povodí 144 055 km ²	Délka toku 78,7 km (v KR NAP 25 km), plocha povodí 513 km ²
Monitorované území	Území se rozkládá od pramene (1386,6 m n. m.) k Labské boudě a odtud přes Labskou rokli do Labského dolu až po soutok s Medvědí potokem (813 m n. m.)	Území se rozkládá od pramene (1432 m n. m.) k Hornímu Úpskému vodopádu, přes horní partii Obřího dolu a Dolní Úpský vodopád a přes dolní partii Obřího dolu až po soutok s Malou Úpou (638 m n. m.)
Levostranné přítoky	Pudlava, Dvorský potok a Medvědí potok	Murový potok, Růžový potok a Malá Úpa
Pravostranné přítoky	Pančava a Žlabský ručej	Studniční potok, Modrý potok, a Pecí pod Sněžkou protékající Zelený, Vlčí a Pecký potok
Vodopády	Labský, Pančavský, Pudlavský	Horní a Dolní Úpský
Hodnocené ukazatele	TOC, CHSK _{Mn} , UV ₂₅₄ , hodnota pH, konduktivita, vybrané kationty a anionty, jednorázově průtok	

Tabulka 2. Odběrová místa na horním toku řeky Labe – rok 2010

1	Labe pramen	19-21	Dvorský potok, nad a po soutoku
2	Vodní zdroj nad Labskou boudou	22-24	Žlabský ručej, nad a po soutoku
3	Labská lávka	26	Medvědí potok "U staré pily"
9-11	Pančava, nad a po soutoku	27	Medvědí potok
14 - 16	Pudlava, nad a po soutoku	28	Medvědí potok pod – Labský důl

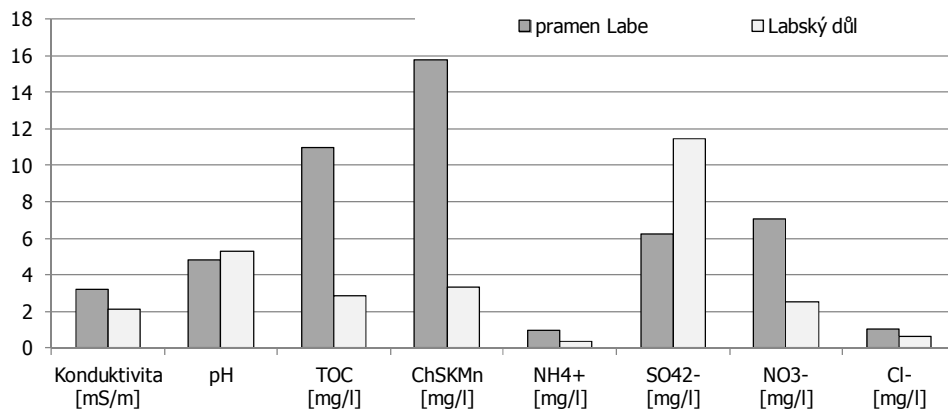
Tabulka 3. Odběrová místa na horním toku řeky Úpy – rok 2011

1	Úpa pramen	14,15	Modrý potok a po soutoku
1a	Úpička	16-18	Růžový potok, před a po soutoku
2	Čertův ručej	19	Vlčí potok
3	Mechový potok	20	Zelený potok
4	Nad vodopádem	21	Pecký potok
5	nad Rudným potokem	22	Pecké přítoky (Vlčí+Zelený+Pecký)
6,7	Úpa před ponorem a za výronem	23	Úpa přítékající do Pece
8,9	Murový potok a po soutoku	24	Pod soutokem s peckými přítoky
10	přítok před kapličkou	25-27	Malá Úpa, před a po soutoku
11-13	Studniční potok, před a po soutoku		

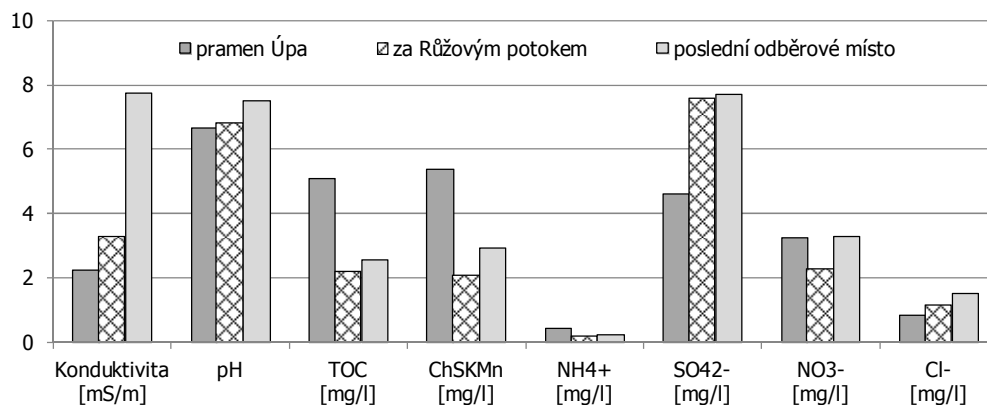
Cílem studie bylo posoudit nejen kvalitu vody na horním úseku řeky Labe a Úpy, ale také kvalitu jejich přítoků. Pozornost byla proto zaměřena i na významné pravostranné a levostranné přítoky, byla tedy sledována kvalita vody samotného přítoku, dále pak nad a pod místem zaústění. Ze znalosti těchto informací se pak nabízí možnost hodnocení hmotnostní bilance v daném odběrovém profilu a za tím účelem, pouze však jedenkrát za sledované období v roce 2011, byly pomocí ultrazvukové sondy (firma Hydrometrics s.r.o.) proměřeny průtoky na vybraných profilech řeky Úpy, resp. na Modrém potoce, na soutoku Úpy a peckých potoků a na soutoku Úpy s Malou Úpou.

Hodnocení kvality vod

Vzhledem k velkému souboru dat jsou v článku uvedeny pouze některé vybrané profily, které zahrnují pramen řeky a poslední odběrové místo (v případě Labe se jedná o Labský důl) v případě Úpy o profil za Růžovým potokem. Tato dvě místa spolu korespondují z hlediska horního toku řek bez ovlivnění antropogenním znečištěním. Při sledování kvality řeky Úpy byla pak snaha o prokázání vlivu tohoto znečištění, a proto byly odebrány vzorky i v samotné Peci až po soutok s Malou Úpou, který představuje poslední odběrové místo na obr. 2. Na obr. 1 a 2 jsou pro porovnání odběrových míst zobrazeny průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů ze všech 7 odběrů.



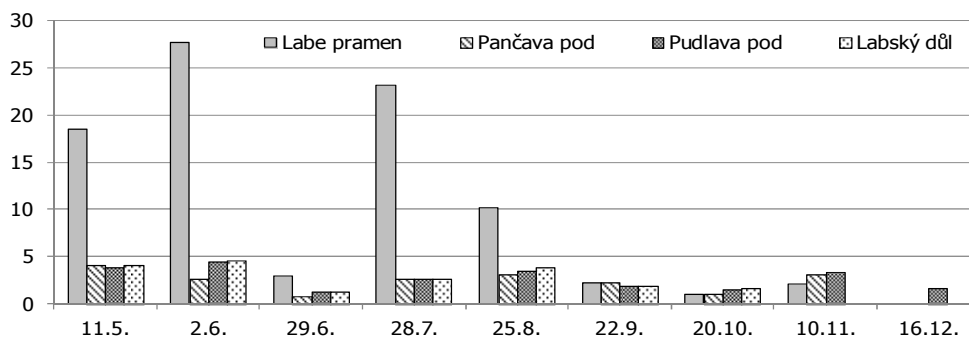
Obr. 1. Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů – Labe 2010



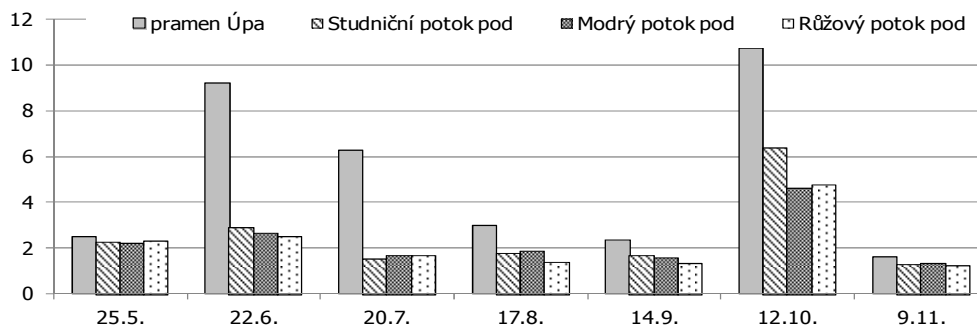
Obr. 2. Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů – Úpa 2011

Z obrázku 1 je na posledním odběrovém místě Labe patrné snížení hodnot všech ukazatelů s výjimkou koncentrace síranů a hodnoty pH. V případě Úpy byl za soutokem s Růžovým potokem pozorován obdobný trend sledovaných ukazatelů, ale kromě zvýšení hodnoty pH a koncentrace síranů byla vyšší i koncentrace chloridů a hodnota konduktivity. Na posledním odběrovém profilu Úpy byla hodnota konduktivity cca 4 x vyšší než u pramene Úpy. Opačný trend vykazoval ukazatel TOC, který dosahoval vyšších hodnot u pramene Labe i Úpy než v posledním odběrovém místě. Důvodem je pravděpodobně charakter podloží v okolí pramene, ze kterého se vyluhují humínové látky a jsou příčinou vyšších hodnot TOC, čemuž nasvědčují i vyšší hodnoty UV₂₅₄. Po toku pak dochází v důsledku větší vodnosti k snižování hodnoty TOC. Vysoké hodnoty TOC stanovené při říjnovém odběru 2011 byly důsledkem déletrvajících dešťů, které způsobily intenzivnější vyplavování humínových látek z podloží.

Na obr. 3 a 4 jsou uvedeny i některé přítoky, které skutečně reprezentují horní tok sledovaných řek, a to v časové ose od prvního až po poslední odběr, a představují změny sledovaného ukazatele TOC.



Obr. 3. Koncentrace TOC (mg/l) – Labe 2010



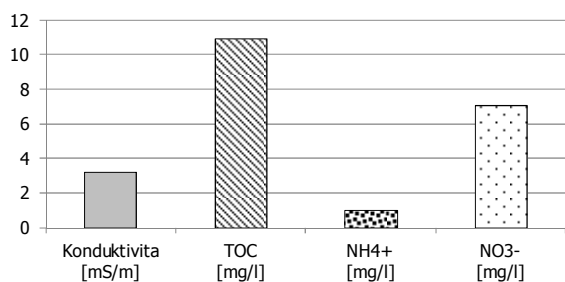
Obr. 4. Koncentrace TOC (mg/l) – Úpa 2011

Na základě dat uvedených na obr. 3 a 4 lze konstatovat, že řeka Pančava i Pudlava vykazuje významně nižší hodnoty TOC než pramen Labe, mnohdy jsou hodnoty pro oba přítoky srovnatelné a průměrně představují cca 2 mg/l. Snížení hodnoty TOC je tudíž za soutokem s Pudlavou ve srovnání s pramenem Labe cca čtyřnásobné. V případě řeky Úpy je zřejmé, že každý z uvedených přítoků snižuje hodnotu TOC cca o 10%. Významné, téměř 50% snížení oproti prameni Úpy, bylo pozorováno za soutokem se Studničním potokem.

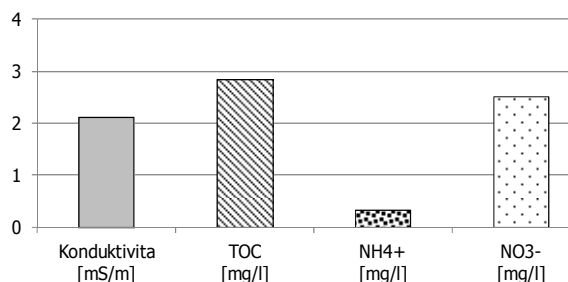
Co se týká hodnocení kvality vody formou průměrných „ročních“ hodnot ukazatelů TOC, dusičnanů, síranů a konduktivity pro výše uvedené odběrové profily (obr.5 až 8) je zřejmé, že v Labském dole je hodnota TOC cca 4 x nižší než u pramene, cca 2,5 x nižší koncentrace dusičnanů a amonných iontů a cca 1,5 nižší hodnota konduktivity.

V případě řeky Úpy za soutokem s Růžovým potokem ve srovnání s pramenem je hodnota TOC cca 2 x nižší, cca 1,5 x nižší koncentrace dusičnanů, hodnota konduktivity je však, stejně jako koncentrace síranů cca 1,5 x vyšší. Na posledním odběrovém profilu po soutoku s Malou Úpou ve srovnání s pramenem Úpy je hodnota konduktivity cca 3,5 x vyšší a 2x vyšší koncentrace síranů. Ukazatel TOC v tomto posledním sledovaném profilu je cca 2 x nižší, což souvisí se zvyšující se vodností toku a tím snížením (naředěním) obsahu především huminových látek, jak bylo výše uvedeno. V říjnovém odběru se projevil dlouhotrvající déšť a došlo k patrnému navýšení hodnoty TOC na všech profilech.

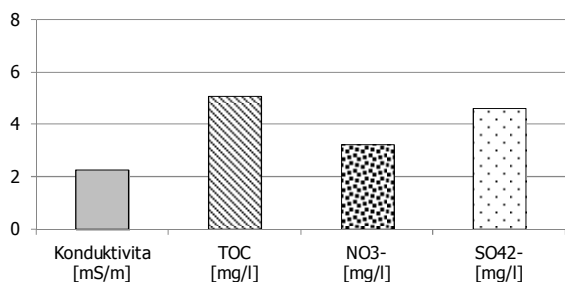
Na horním toku Úpy nad Pecí přináší nejvyšší zatížení iontově rozpuštěnými látkami Murový a Růžový potok, na toku protékajícím Pecí jsou to pecké přítoky. Konduktivita po soutoku s těmito přítoky za celé období byla vyrovnaná a dosahovala cca 8,5 mS/m. Obecně zvýšení konduktivity způsobovaly především sírany. Průměrná koncentrace síranů na Murovém, Studničním a Růžovém potoce byla cca 8 mg/l, na Modrém potoce byla cca 4 mg/l. Koncentrace v peckých potocích se pohybovala v intervalu 6 – 9 mg/l.



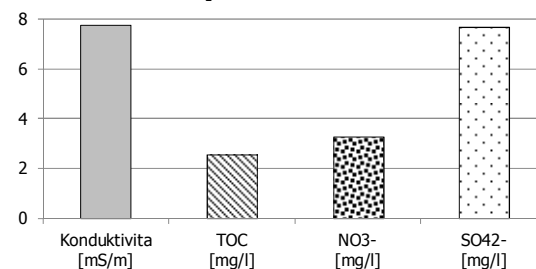
Obr. 5. Pramen Labe



Obr. 6. Labský důl

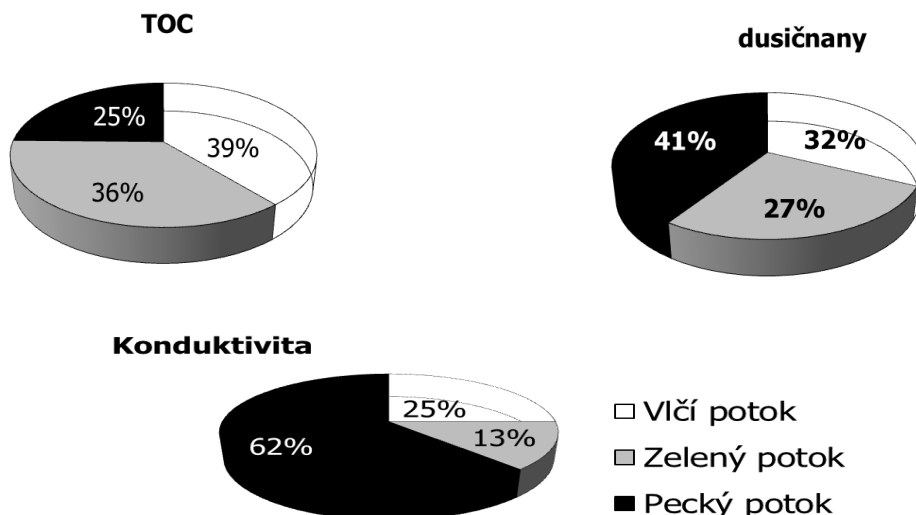


Obr. 7. Pramen Úpa



Obr. 8. Růžový potok pod zaústěním

Vzhledem k tomu, že cílem monitoringu bylo nejen kvantitativně zhodnotit horní tok řeky Úpy, ale vyhodnotit ovlivnění kvality vody po zaústění všech přítoků, kde by bylo možné ovlivnění kvality vody i antropogenním znečištěním, byla pozornost věnována i peckým potokům (Zelený, Vlčí a Pecký) a Malé Úpě. Je možné konstatovat, že Malá Úpa se podílí průměrně cca 6 % na snížení hodnoty TOC, pecké potoky naopak hodnotu TOC průměrně navyšují o cca 14%. Co se týká hodnoty konduktivity, tak Malá Úpa po svém zaústění významně její hodnotu v Úpě neovlivní, pecké přítoky se však podílí na navýšení konduktivity o cca 43%. Znečištění, které přináší jednotlivé pecké potoky Vlčí, Zelený a Pecký navzájem je patrné z obrázku 9.



Obr. 9. Průměrné hodnoty – pecké potoky

Nejvyšší zatížení organickými látkami přináší Zelený potok, konduktivitou Pecký potok, dusičnany Pecký potok a zatížení sírany je ve všech potocích cca vyrovnané. Porovnáme-li však hodnotu konduktivity v Úpě přítékající do Pece a v peckých potocích je zřejmé, že je tato ve srovnání např. s peckým potokem cca 4,5 x menší, ve srovnání

s Vlčím potokem je poloviční. Konduktivita v Zeleném potoce je srovnatelná s hodnotou vody řeky Úpy přítékající do Pece. V případě koncentrace chloridů opět pecké potoky přinášejí průměrně o 40 % vyšší zatížení chloridy než samotná Úpa, stejně tak je tomu i u koncentrace amonných iontů. Tato je mnohdy v peckých potocích 3 x vyšší než ve vodě přítékající do Pece z horního toku Úpy. Koncentrace TOC je ve Vlčím a Zeleném potoce cca o 30 % vyšší než v samotné Úpě. Extrémní hodnoty TOC na všech odběrových profilech Úpy byly naměřeny v deštivém období října 2011. Co se týká přítoku Malá Úpa, je možné konstatovat, že se významně nepodílí na změně kvality vody v řece Úpě.

Závěr

Komentář ke kvalitě horního toku Úpy:

- V posledním odběrovém profilu na soutoku Úpy s Malou Úpou ve srovnání s pramenem Úpy je cca 3,5 x vyšší hodnota konduktivity a 2x vyšší koncentrace síranů. Naopak hodnota ukazatele TOC je cca 2 x nižší, což souvisí se zvyšující se vodností toku. Hodnota průtoku v Úpě 14.9.2011 např. před zaústěním Modrého potoka (č. 13) byla 145 l/s, v posledním odběrovém profilu 27 cca 7,5 x větší, resp. představovala 1 097 l/s. Průtok v Úpě po zaústění peckých potoků byl 441 l/s.
- Na horním toku Úpy nad Pecí přináší nejvyšší zatížení iontově rozpuštěnými látkami především Murový a Růžový potok, na toku protékajícím Pecí jsou to přítoky z Pece. Dále pak jsou hodnoty konduktivity vyrovnané, představují cca 8,5 mS/m. Zvýšenou konduktivitu ve vzorcích povrchové vody protékající Pecí způsobují především sírany, posléze chloridy a dusičnany.
- Byla prokázána těsná závislost mezi koncentrací TOC, hodnotou $CHSK_{Mn}$ a hodnotou UV_{254} . Lze tedy s vysokou jistotou tvrdit, že organické látky na horním toku řeky Úpy jsou přirozeného původu.
- Nejvyšší zatížení organickými látkami z peckých potoků přináší Zelený potok, konduktivitou Pecký potok, dusičnany Pecký potok a zatížení sírany je ve všech potocích cca vyrovnané.

Komentář ke kvalitě horního toku Labe:

- Ukazatel, který doznává největší změny na úseku pramen Labe - Labský důl je koncentrace celkového organického uhlíku TOC. Vyjádřeno průměrnou hodnotou za sledované období květen až říjen 2010 se jedná o snížení o 80 %.
- Nejvýznamnější přítoky na horním toku Labe Pančava a Pudlava se podílí na navýšení průměrné hodnoty TOC cca z 8%.
- Nejnižší „znečištění“ ze sledovaných přítoků přináší Dvorský potok a Žlabský ručej.
- Porovnáním podélných profilů horního toku řeky Labe a řeky Úpy bylo prokázáno, že na Labi dochází ke snižování hodnot konduktivity, naopak na horním toku řeky Úpy dochází k jejímu zvýšení. Koncentrace TOC dosahuje u obou toků ve spodní části vyrovnaných hodnot, cca 2,5 mg/l.

Poděkování: *Tento příspěvek byl zpracován s podporou projektu*

VZ MSM 6046137308.

Literatura

1. Balák, I. et al.: Národní parky a chráněné krajinné oblasti, 1st ed.. Nakladatelství Olympia, Praha, 2003.
2. Šumava, J.: Voda v Krkonoších. Správa KRNP, Vrchlabí, 2009.
3. Šumava, J.: Encyklopedia Corcontica: Krajina - příroda – lidé. Správa KRNP.
4. Nováková, M.: Krkonoše, 1st ed. Nakladatelství Olympia, Praha, 2003.