

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE KRAJINY

**Posouzení úprav toků v oblasti
Krkonošského národního parku**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: Doc. Ing. Jan Vymazal, CSc.

DIPLOMANT: Bc. Vít Zelinka

2011

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Doc. Ing. Jana Vymazala, CSc., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 30. 4. 2011

.....

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří svými radami, podnětnými návrhy a svou podporou přispěli ke zpracování této práce. Za vstřícnou pomoc a velkou trpělivost děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. z Katedry ekologie krajiny ČZU v Praze. Za podnětné připomínky a pomoc při zpracování dat děkuji Ing. Jiřímu Mejsnarovi z Institutu aplikované ekologie Daphne ČR. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Anně Tůmové za opětovnou korekturu, když jsem její první opravy omylem smazal, ale také za její velikou morální podporu. Svě rodině děkuji za podporu, kterou mi ochotně poskytovali po celou dobu mého studia.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE **(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

pro: **Víta Zelinku**

obor: Ochrana přírody

Název tématu: Posouzení úprav toků v oblasti Krkonošského národního parku

Název tématu v anglickém jazyce:

Zásady pro vypracování:

1. Charakterizovat území Krkonošského národního parku
2. Popsat základní charakteristiky Labe, Jizery a Úpy na území parku
3. Provést terénní průzkum sledovaných úseků jednotlivých řek
4. Charakterizovat úpravy koryt v zájmové oblasti
5. Popsat břehovou vegetaci sledovaných toků na území parku

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 60 stran včetně příloh

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 17. 6. 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30. 4. 2011

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je zmapovat antropogenní úpravy toků a přilehlého okolí na území Krkonošského národního parku. Na vybraných tocích byly sledovány následující charakteristiky a ukazatele: úpravy koryta, využití území přilehlého okolí toku a vegetační doprovody toků. Dalším cílem bylo zmapovat polohy příčných objektů na těchto tocích a zhodnotit jejich technický stav. Na příčných objektech byla sledována také jejich výška a případně opatření rybím přechodem.

V období od jara do podzimu 2010 bylo zmapováno celkem 271 km toků a zaznamenáno 237 příčných objektů. Technické úpravy koryta byly nalezeny na úsecích o celkové délce 85,1 km. Intenzita technických zásahu byla různá. V okolí sledovaných toků převládala roztroušená zástavba (115,6 km). Hustá zástavba měst a obcí tvořila okolí pouze 17,5 km toků, zbytek tvořila volná krajina či infrastruktura. V bylinném patře doprovodné vegetace bylo určeno 106 druhů rostlin, v patře stromů a keřů pak 24 druhů dřevin. Ze zaznamenaných objektů bylo pouze 23 staveb nižších než 0,6 m a 48 staveb mělo výšku mezi 0,6 – 1 m. Pouze 5 vzdouvacích objektů bylo opatřeno rybím přechodem.

Klíčová slova: horské potoky, technické úpravy, Krkonošský národní park, příčné objekty, vegetační doprovody

ABSTRACT

The main objective of diploma thesis is to map anthropogenic stream regulations and its adjacent neighbourhood in Krkonoše National Park. On the selected streams the following characteristics and indicators were monitored: stream-bed regulations, adjacent land use and accompanying vegetation. The other task was to map transverse objects on this streams and to evaluate their technical condition. The height as well as the presence of fish bypasses was observed on transverse objects.

During the period of spring to autumn 2010 271 kilometers of streams had been mapped and 237 transverse objects had been noted. Technical regulations had been found on the stream-bed in parts of the total length of 85.1 km. The intensity of technical regulations was various. In the neighbourhood of the monitored streams the scattered development dominated (115.6 km). The dense development of towns and villages formed neighbourhood in the length of 17.5 km of the streams. The rest was made by the free landscape and the infrastructure. In the herb layer of the accompanying vegetation 106 species of plants were identified. In the layer of trees and shrubs 24 species of woody plants were identified. Of the recorded transverse objects only 23 objects were lower than 0.6 m and 48 of them have height between 0.6 - 1 m. Only five of the transverse objects were equipped with fish bypass.

Key words: mountain streams, technical regulation, Krkonoše National Park, transverse object, accompanying vegetation

OBSAH

1	ÚVOD	2
2	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	4
3	TEORETICKÁ ČÁST	5
3.1	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	5
3.1.1	<i>Obecná charakteristika KRNAP</i>	5
3.1.2	<i>Biogeografie Krkonoš</i>	5
3.1.3	<i>Geomorfologie Krkonoš</i>	9
3.1.3.1	Prehistorie Krkonoš	9
3.1.3.2	Období prvohor a druhohor	9
3.1.3.3	Třetihory	10
3.1.3.4	Vliv říční sítě na morfologii Krkonoš	11
3.1.3.5	Dotvoření reliéfu Krkonoš ve čtvrtohorách	12
3.1.4	<i>Hydrologie KRNAP</i>	12
3.2	VODNÍ TOK JAKO EKOSYSTÉM	14
3.3	OBCENÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÝCH TOKŮ	17
3.3.1	<i>Povodí Jizery</i>	17
3.3.2	<i>Povodí Labe</i>	17
3.3.3	<i>Povodí Úpy</i>	18
3.4	STAVEBNĚ TECHNICKÉ ÚPRAVY TOKŮ NA ÚZEMÍ KRNAP.....	19
3.4.1	<i>Příčiny a historie úprav toků</i>	19
3.4.2	<i>Druhy úprav toků</i>	21
3.4.2.1	Úpravy trasy a příčného profilu toku	22
3.4.2.2	Úpravy podélného profilu toku.....	26
3.4.2.3	Vzdouvací objekty.....	31
3.4.3	<i>Ekologické důsledky úprav toků</i>	32
3.4.3.1	Samočistící schopnost toku.....	34
3.4.3.2	Migrační prostupnost	35
4	ANALYTICKÁ ČÁST	38
4.1	METODIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	38
4.1.1	<i>Metodika sběru dat</i>	38
4.1.1.1	Úprava koryta	39
4.1.1.2	Okolí toku a pobřežní vegetace	40
4.1.1.3	Příčné objekty	41
4.1.2	<i>Metodika zpracování dat</i>	41
4.2	VÝSLEDKY	44
4.2.1	<i>Charakteristika úprav toků v oblasti KRNAP</i>	44
4.2.1.1	Úpravy příčného profilu koryta.....	44
4.2.1.2	Příčné objekty	47
4.2.2	<i>Charakter okolí sledovaných toků</i>	51
4.2.3	<i>Charakteristika břehové vegetace</i>	54
5	DISKUZE	58
5.1	ZPŮSOBY ÚPRAV TOKŮ	58
5.2	MONITOROVANÉ PARAMETRY ÚPRAV.....	59
5.3	LIMITY METODIKY.....	60
6	ZÁVĚR	62
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
8	PŘÍLOHY	68
8.1	MAPY.....	68
8.2	TABULKY	70

1 Úvod

Využívání krkonošských potoků a bystřin pro potřeby člověka je staré jako kolonizace pohraničního hvozdu sama. Horské toky osadníkům krom ryb pro potravu poskytovaly také velkou energii vodního proudu. S postupujícím osídlením byly toky Krkonoš stále častěji hrazeny jezy a jejich voda byla odváděna náhony na vodní kola mlýnů, pil a hamrů. Postupně od nižších poloh až po vrcholová území probíhala těžba dřeva a k jeho dopravě do přístupnějších oblastí posloužily opět horské potoky a říčky. Velký rozvoj kutnohorských dolů spojený s obrovskou potřebou dřeva pak v 16. století vedl k zintenzivnění těžby v krkonošském hvozdu. Na místních tocích byly zbudovány klauzy¹ a jejich koryta byla postupně upravována a zbavována překážejících balvanů a skalek.

Největší rozvoj technických úprav vodní sítě Krkonoš nastává v 18. a 19. století. S příchodem technicky dokonalejších strojů v této době jsou totiž v blízkosti řek budovány velké průmyslové areály nejrůznějšího zaměření, od dřevozpracujících závodů a papíren, přes textilní továrny, až po hutnické provozy. Všechna tato odvětví potřebovala velké množství vody, důsledkem toho bylo budování různých vzdouvacích objektů, náhonů a kanálů. Industrializace horských městeček podpořila jejich rozvoj, a tak se začala zastavovat nová území, která dříve alespoň částečně patřila řece. V období 19. století tak člověk poznává i odvrácenou stránku obrovské energie horských vod a začínají vznikat nové vodní stavby, které mají tentokrát za cíl sílu vody tlumit. Zejména na přelomu 19. a 20. století došlo v oblasti Krkonoš k velkému množství katastrofálních povodňových událostí, které způsobily obrovské škody na majetku a ztráty na životech. Horní toky bystřin, potoků a řek tak v souladu s říšskými zákony přetínají prahy, stupně a retenční přehrážky, ale i velká vodohospodářská díla, jako je nádrž Labská.

Stavebně technické úpravy horských toků pokračují po celé 20. století a zejména jejich úseky, které protékají městy a obcemi, získávají zcela „odpřírodněný“, urbanizovaný charakter. Nezůstává se u budování tlumících spádových objektů, ale opevňují a napřimují se celá koryta a některé toky se mění v betonové kanály. Linie toku ztrácí postupně svůj přírodní význam a funkci, což se negativně projevuje nejen mizením velké části života v toku a rapidním zhoršením kvality povrchových vod, ale paradoxně také na četnosti a intenzitě povodní.

Hojné příčné objekty, a to zejména ty s výškou nad jeden metr, představují v našich řekách nepřekonatelnou překážku pro druhy ryb závislých na migraci.

¹ Více v kapitole 3.4.1 Příčiny a historie úprav toků.

Fragmentace ohrožuje jejich populace natolik, že je jejich existence v našich tocích do budoucna nejistá.

Pouze zdravý tok může zastávat všechny krajinné, ekologické a ekonomické funkce. Jen přírodně bohatý tok má dobré samočistící schopnosti a může být zdrojem kvalitní pitné vody, která je nezbytná pro existenci lidské populace. Jako strategickou a nezastupitelnou látku pojímá vodu také evropská Rámcová směrnice vodní politiky, která byla implementována do právního rámce České republiky zákonem č. 20/2004 Sb. Voda nezná hranice ani administrativní, ani národní a řada evropských povodí je mezinárodních, je proto touto legislativní normou mimo jiné vyžadováno mezinárodně srovnatelné zhodnocení stavu povrchových i podpovrchových vod.

2 Cíle diplomové práce

Cílem diplomové práce je zmapovat toky v oblasti Krkonošského národního parku a analyzovat podobu a stav jejich koryt a jejich přilehlé okolí vzhledem k antropogenním úpravám. Práce je zaměřena na toky 3. a vyššího hierarchického řádu podle Strahlera v oblasti KRNAP (konkrétně povodí Labe, Jizery a Úpy). Cílem práce je na vybraných tocích sledovat následující charakteristiky a ukazatele: úpravy koryta (zejména ve vztahu k biotě), využití území přilehlého okolí toku a vegetační doprovody těchto toků². Diplomová práce si dále klade za cíl zmapovat polohy příčných objektů na těchto tocích a zhodnotit jejich stav. Soustředí se na příčný profil toků a dále na umístění a stav příčných objektů (jejich poloha, technický stav a výška, případně opatření rybím přechodem).

Tyto informace mohou společně se zaznamenanými údaji o celkovém stavu daného toku nebo jeho části posloužit jako základní informační soubor při rozhodování o rozsahu a způsobu případné revitalizace některého z úseků toku. Pokud jsou takové informace k dispozici, je značně snazší odhadnout, jak náročné a nákladné bude při zamýšlené revitalizaci úseku vyrovnání se s konkrétními technickými problémy.

Záznamy o okolní vegetaci a způsobu využití přilehlé nivy zase poskytují informace potřebné pro rozhodování o reálnosti či způsobu a charakteru revitalizace nebo v kombinaci s jinými informačními zdroji mohou posloužit při rozhodování například o repatriačních programech rybích druhů. Záznamy o poloze příčných bariér, jejich výšce a technickém stavu poskytují zase cenné informace pro posouzení migrační prostupnosti toku, která je pro některé rybí druhy základním požadavkem.

² Podrobněji v kapitole č. 4.1 Metodika diplomové práce.

3 Teoretická část

3.1 Charakteristika zájmového území

3.1.1 Obecná charakteristika KRNAP

Krkonošský národní park (dále KRNAP) je nejstarším národním parkem na území České republiky. Byl vyhlášen v květnu 1963 a jeho původní plocha činila 38 500 ha. V současnosti zaujímá plochu 54 969 ha a je rozdělen do třech pásem podle stupně ochrany. Má zřízeno i ochranné pásmo. Správa KRNAP, se sídlem ve Vrchlabí, má statut příspěvkové organizace Ministerstva životního prostředí ČR (Vlček 2008).

Zřizovacím předpisem pro vznik KRNAP byl zákon č. 40/1956 Sb. a nařízení vlády ČSR č. 41/1963 Sb., o zřízení Krkonošského národního parku. Ochranné pásmo bylo zřízeno nařízením vlády ČSR č. 58/1986 Sb., o ochranném pásmu Krkonošského národního parku. Znovu pak byl KRNAP zřízen a podmínky jeho ochrany stanoveny v nařízení vlády České republiky č. 165/1991 Sb., kterým se zřizuje Krkonošský národní park a stanovují podmínky jeho ochrany (Vaněk, Schwarz 2010 in Schwarz 2010).

3.1.2 Biogeografie Krkonoš

Na převážné ploše parku se rozkládá geomorfologický celek Krkonoše, jehož masiv je orientován od severozápadu k jihovýchodu a tvoří přirozenou hranici České republiky s Polskem. Část ochranného pásma patří do celku Krkonošské podhůří. Oba celky patří v rámci České vysočiny do soustavy Krkonoško-jesenické (Vlček 2008).

Jedním z hlavních předmětů ochrany v Krkonošském národním parku je specifické složení místní flóry a fauny. Původ těchto specifíků sahá až do dob opakovaného čtvrtohorního zalednění evropského kontinentu, kdy se masivní skandinávský ledovec posunul až k severnímu úpatí Krkonoš. Hřebeny tohoto malého pohoří zůstaly sice ledovcem nepřekryty, ale obrovské množství ledu způsobilo výrazné ochlazení podnebí v předpolí samotného ledovce.

Tato zásadní změna klimatu ovlivnila vývoj reliéfu hor³, ale i formování přírody jak místní, tak i téměř celé nezaledněné Evropy. V dobách tohoto zalednění pronikala při jižním okraji ledovcového štítu do střední Evropy severská tundra. K podobnému procesu pouze v opačném směru docházelo v této době také vlivem rozšíření alpských ledovců, a tak z hřebenových partií evropských velehor sestupovala do nižších poloh i alpská vegetace. Tento jev vedl ke sblížení alpské a severské přírody na území, do kterého patří i Krkonoše (Štursa 1999).

Přibližně před dvaceti tisíci lety začínají hlavní evropské ledovce postupně ztrácet na mohutnosti a jejich plocha se zmenšuje, rozsáhlé nížiny a pahorkatiny střední Evropy začínají zvolna zaplňovat lesy, které byly v době vrcholného glaciálu zatlačeny daleko na jihovýchod. Touto cestou se z krkonošských hřebenů stal ostrůvek arko-alpské tundry, který díky specifickým stanovištním podmínkám poskytl útočiště „utečencům“ severské a alpské přírody. Tyto organismy se dnes označují jako tzv. glaciální relikty. S touto vegetací se lze nejčastěji v Krkonoších setkat na hřebenových rašeliništích, alpských vrcholech (nad 1300 m n. m.) a v ledovcových karech (Štursa 1999).

Právě specifické morfologické podmínky Krkonoš poskytují pestrou škálu nejrůznějších stanovišť. Reliéf samotný totiž výrazně ovlivňuje i mikroklimatické podmínky v různých partiích hor. Kupříkladu západovýchodně orientovaná údolí řek Mumlavy a Bílého Labe fungují jako sběrná koryta pro převládající západní větry, které jsou přiváděny na náhorní pláně a k hřebenovým lučním částem v ustáleném soustředěném proudu. Travnaté planiny Kotle, Pančické a Bílé louky jsou z východu ohraničeny prudkými svahy Labské, Kotelní a Úpské jámy. Oproti stabilně vyfoukávaným trávníkům zmíněných lučních částí poskytují prostory jam a kotlin naprosto odlišné životní podmínky. Po přechodu hran těchto převážně východně orientovaných jam nabývá větrné proudění turbulentního charakteru. *„Důsledkem mechanické turbulence nad závětrnými svahy v krkonošských jamách je zvýšené ukládání eolických sedimentů (...) v létě se usazuje v závětrných polohách minerální prach i organický detritus a v zimě ze stejného důvodu se hromadí v mohutných závějích sních (...).“* (Jeník 1961). Sníh následně ovlivňuje prostory jam zimními sesuvy lavin a v létě dlouho ležícím sněhem.

Výsledným efektem mikroklimatické rozličnosti je existence nejrůznějších stanovišť, která poskytla mimo jiné prostor i pro zmíněnou arko-alpskou vegetaci, která je pozůstatkem dob ledových. Příkladem může být ostružník moruška (*Rubus*

³ Více v kapitole 3.1.3.5. Dotvoření reliéfu Krkonoš ve čtvrtohorách.

chamaemorus) na Pančické louce, lomikámen sněžní (*Saxifraga nivalis*) v Malé Sněžné jámě (Jeník 1961). Dále například: rašeliník Lindbergův (*Sphagnum lindbergii*), rostoucí na okraji rašelinných jezírek náhorních ploch, nebo všivec sudetský (*Pendicularis sudetica*), který je zajímavý zejména tím, že byl poprvé objeven právě v Krkonoších a nikoliv v oblasti svého původního výskytu na severu Eurasie. Mezi krkonošské glaciální relikty dále patří vrba laponská (*Salix lapponum*), zimolez severní (*Lonicera* sp.) a ostřice zaplavovaná (*Carex* sp.) (Štursa 1999).

Dlouhodobá izolace krkonošské flóry vedla i ke vzniku některých nových druhů rostlin, dnes známých pouze z oblasti Krkonoš. Jsou to tzv. krkonošské endemity. Velikou skupinou rostlin, kterou lze nalézt pouze v této oblasti, jsou jestřábníky (*Hieracium* sp.). Jedná se o téměř patnáct druhů tohoto rodu (Gerža 2009). Dalším příkladem je lomikámen čedičový (*Saxifraga moschata* subsp. *basaltica*) a zvonek český (*Campanula bohemica*). Nejznámějším krkonošským endemitem je ale jeřáb krkonošský (*Sorbus sudetica*). Kříženec jeřábu muku (*Sorbus aria*) a jeřábu mišpulky (*Sorbus chamaemespilus*) své předky v Krkonoších sice již dávno ztratil, ale sám se vyskytuje na lavinových svazích ledovcových karů v počtu asi sto padesáti jedinců a je jednou z největších rostlinných zajímavostí Krkonošského národního parku (Štursa 1999).

Je souhrou mnoha přírodních vlivů, že živá příroda na svazích hor je uspořádána do tzv. vegetačních stupňů. Vlivem množství srážek, proudění větru, sněhové pokrývky, lavinové aktivity a v závislosti na nadmořské výšce, zeměpisné šířce, orientaci vůči světovým stranám a sklonu svahu vznikají jako prstence na svazích hor specifická společenstva živých organismů. Přejechy vegetačních stupňů nemají ve skutečnosti vodorovný průběh, ale kolísají podle výše uvedených podmínek (Jeník 1961).

V Krkonoších vznikly čtyři z celkových šesti výškových vegetačních stupňů (Štursa 1999). Stupeň označovaný jako submontánní (podhorský) se rozkládá v podhůří a na úpatí hor v rozsahu nadmořských výšek od 400 m do 800 m. Tento vegetační stupeň představuje zhruba 50 % z celkové plochy parku a před příchodem člověka do oblasti pohraničních hvozdů byl tvořen převážně smíšenými horskými pralesy. Převládaly zde dřeviny jako jeřáb, jasan, javor, buk a velice hojně zde rostla i jedle. Většina těchto lesů však padla za oběť kolonizaci a byla postupně nahrazena monokulturou smrku, nebo se z nich staly louky, pole a pastviny. Ale

pozůstatky těchto smíšených lesů se zachovaly v údolních polohách jako lemy hlavních krkonošských řek⁴.

Následuje stupeň montánní (horský), který převažuje v polohách od 800 m do 1200 m n. m. Dříve byl v těchto polohách typický smíšený a smrkový horský les⁵. Tyto lesní partie byly v minulosti také pozměněny vlivem člověka, a to zejména sklářstvím a důlní činností, pro které byla vysoká spotřeba dřeva typická. Vliv měl i rozvoj budního hospodářství a s ním spojený vznik trvale osídlených enkláv většinou reprezentovaných květnatými horskými loukami, nejčastěji svazem *Polygono-Trisetion* s dominantním trojštětem žlutavým (Chytrý et al 2001).

Velká část těchto oblastí byla s ústupem pastvy v lesích KRNAP opětovně zalesněna, avšak místo původních smíšených a smrkových horských lesů převládla opět smrková monokultura (Vacek et al 2005). Tyto dva převážně lesnaté vegetační stupně zaujímají společně 90 % z celkové plochy Krkonošského národního parku a je tedy zřejmé, že jejich vliv na celkový charakter parku i na vodní režim povodí hlavních krkonošských toků je značný⁶.

Již podstatně menší plochu zabírají poslední dva krkonošské vegetační stupně. Stupeň subalpínský představuje 9,3 %, alpínský pak zabírá pouze 0,7 % z plochy KRNAP (Štursa 1999). I přes jejich relativně malou plochu jsou právě tyto oblasti z botanického hlediska asi nejzajímavějšími lokalitami z celých Krkonoš. Oba stupně spadají svým rozsahem nad alpínskou hranici lesa, tzn. nad 1200 - 1300 m n. m. Avšak pouze nejvyšší partie hřebenů náleží k alpínskému vegetačnímu stupni, jsou to Sněžka, Studniční a Luční hora, Vysoké kolo a Kotel. Ze všech sudetských pohoří se alpínský vegetační stupeň vytvořil pouze v Krkonoších (tamtéž).

Zatímco pro subalpínský stupeň v Krkonoších jsou typické klečové porosty, přirozené i druhotné smilkové louky a subarktická rašeliniště, pro krkonošský stupeň alpínský to jsou pouze nejodolnější druhy rostlin. Jak uvádí Štursa (1999) jde např. o keříčky vlochyně (*Vaccinium uliginosum*), vřesu (*Calluna vulgarit*) a šichy oboupohlavné (*Empetrum nigrum*). Z travin a bylin je to hlavně sítina trojklaná (*Juncus trifidus*), kostřava nízká (*Festuca supina*), bika klasnatá (*Luzula spicata*), rozrazil chudobkovitý (*Veronica bellidoides*) a prvosenka nejmenší (*Primula minima*). Většina ze zmíněných krkonošských endemitů nalézá útočiště na těchto dvou vegetačních stupních nebo na specifických plochách lavinových polí. Pusté kamenité plochy a sutě jsou samozřejmě osídleny velkou škálou mechorostů a

⁴ Více v kapitole 4.2.3 Charakteristika břehové vegetace.

⁵ Tématikou druhové skladby vysoce položených krkonošských lesů se zabývá např. Vacek (2006).

⁶ Více v kapitole 3.1.4 Hydrologie KRNAP.

lišejníků, jako je dutohlávka (*Cladonia* sp.), terčovka (*Hypogymnia* sp.), puklěčka (*Cetraria* sp.), pevnokmínek (*Stereocaulon* sp.) a další.

3.1.3 Geomorfologie Krkonoš

Charakter živé přírody je zásadním způsobem ovlivněn neživou přírodou, a proto i Krkonoše vděčí za své specifické složení flóry a fauny zejména množství geomorfologických procesů, které v historii toto pohoří postupně modelovaly.

3.1.3.1 Prehistorie Krkonoš

Krkonoše patří k velice starým pohořím. Pradávné pohoří, předchůdce Krkonoš se začalo vyzdvihovat z hlubokomořské pánve již v mladších starohorách při kadomském vrásnění (Pilous 2001). Sedimenty a vyvřeliny ze dna pramoře byly při těchto procesech vystavovány obrovským tlakům a teplotám, což vedlo ke vzniku nejstarších krkonošských hornin, které jsou dnes souborně označovány jako krystalické břidlice. Jsou to hlavně svory, ortoruly, zelené břidlice, krystalické vápence, amfibolity a kvarcity. Nejčastějším zástupcem těchto metamorfovaných hornin jsou svory, výrazně břidličnaté, s množstvím šupinek muskovitu. Velice časté jsou také ortoruly, které vzhledem připomínají žulu, avšak jsou na rozdíl od ní velice břidličnaté a usměrněné (tamtéž).

3.1.3.2 Období prvohor a druhohor

Jak popisuje Pilous (2001), v prvohorách dochází v této oblasti postupně k velké změně. Pohoří vyzdvižené ve starohorách se na dlouhou dobu stává souší. S touto změnou přichází další geomorfologický činitel – eroze. Dochází k snižování a odnosu hornin, ale zároveň k pozvolnému stoupání hladiny moře, a tak „prakrkonoše“ znovu mizí pod hladinou a jsou opětovně překrývány sedimenty v podobě slepenců, pískovců, různých druhů břidlic a vápenců.

Před 320 - 280 miliony let však nastává další velké modelování masivu při hercynském vrásnění. Pohoří, při něm vzniklá, se nazývají hercynská (kromě Krkonoš k nim patří také například Vogézy a Swarzwald). Intenzita tohoto vrásnění není již tak mohutná jako vrásnění kadomského, a tak i teploty a tlaky při metamorfóze posledních sedimentů z druhé mořské záplavy jsou mírnější a

umožňují dokonce v oblasti Krkonoš zachování zkamenělin (Pilous 2001). Při této metamorfóze vznikají například fylity, které zaujímají i největší plochu. Toto vrásnění je však pro Krkonoše důležité zejména z hlediska budoucího charakteru pohoří. Na konci hercynského vrásnění totiž vystupuje po obrovské tektonické jizvě do již přeměněných krystalických břidlic žhavé magma a vytváří mohutný žulový masiv. Ten tvoří téměř celé Jizerské hory a asi pětinu Krkonoš.

Tento žulový magmatický blok utuhl v hloubce v komplexu břidlic a na povrch se dostal až mnohem později vlivem eroze. V Krkonoších tak vznikl systém rudných ložisek a došlo k horninovým změnám na styčných plochách žhavého magmatu a starších metamorfitů. Vystupující žhavé magma působilo vysokou teplotou, plyny a roztoky na okolní krystalické horniny. Tak vznikly nejtvrďší krkonošské horniny jako kontaktní rohovce a skvrnité a plodové břidlice. Pás těchto hornin se nazývá kontaktní dvůr a buduje nejvyšší hory a hřebeny Krkonoš, jako je Sněžka, Luční a Studniční hora, Kotel a Kozí hřbety. Celý tento soubor hornin, vzniklých výše popsanými procesy, označujeme jako krystalinikum (Pilous 2001). Horninová stavba byla tedy dána popsanými geologickými procesy, ale dnešní podoba Krkonoš je výsledkem působení ještě mnoha pozdějších vlivů.

V období konce druhohor a začátku třetihor se vyvinul tzv. starotřetihorní zarovnaný povrch. V tomto období totiž na našem území převládalo poměrně dlouho i tropické a subtropické podnebí, které vystavilo místní horniny ještě chemickému zvětrávání (Demek et al 1987). Erozí a odnosem byly postupně odhaleny hmoty žuly a jejího kontaktního dvora a vrcholy Krkonoš jen nevýrazně čněly nad plochy sedimentů v mělkých jezerech. Materiál takto unášený do pánevních jezer na úpatí hor v permokarbonu dnes tvoří pahorkatinu na jižním okraji pohoří (Pilous 2001).

3.1.3.3 Třetihory

Proces tvorby dnešních Krkonoš ale stále nebyl ukončen. Pro jejich současnou podobu je nejvýznamnější zejména období alpínského vrásnění, kterým není Český masiv sice přímo postižen, ale jeho bezprostřední blízkost ho významně ovlivnila. Česká vysočina byla silně zvlněna a v místech, kde byl pohyb ker omezen zlomy, došlo k velkým zdvihům. Největší byl zlom krušnohorský a sudetský. Oblast Čech tak byla tvarována zdviženými částmi, které se nazývají hrástě a částmi pokleslými, jimž říkáme prolomy (známý je například podkrušnohorský prolom).

Těmito pochody již vzniká velká česká kotlina, která je lemována hrástěmi (Demek et al 1987).

Toto období vrcholí asi před 35 miliony lety a došlo během něj k etapovitému zdvihu Krkonoš podle sudetského zlomu zhruba do dnešní výšky. Do vysokých vrcholových poloh se tak dostal plochý reliéf, který je pro takto vysoké hory z hlediska erozního vývoje netypický (Pilous 2001). Dochované fragmenty těchto zaoblených vrcholových oblastí dnes tvoří velkou část první zóny KRNP.

3.1.3.4 Vliv říční sítě na morfologii Krkonoš

Vyzdvižení pohoří mělo dalekosáhlý vliv na sklonové poměry horských toků. Dříve mírně tekoucí řeky a potoky dostaly při zlomovém okraji pohoří daleko vyšší energii a transportní schopnost. Vlivem zpětné eroze to vedlo k mohutnému zařezávání do podloží. Tato eroze pokračovala postupně od okraje hor údolními hlavními krkonošskými toků, a dále pak po trase menších přítoků řek, až postupně rozčlenila povrch pohoří do té podoby, jak jí známe dnes. Na charakteru rychlosti a nerovnoměrnosti se velice zřetelně podepsaly lokální geologické podmínky, zejména rozdílné tvrdosti různých krkonošských hornin, průběhy zlomů a směry břidličnatých usazenin, jak uvádí např. Pilous (2001).

Samozřejmě zde hrála roli i velikost a vodnatost jednotlivých povodí. Díky rozdílně tvrdým geologickým pásmům se zpětná eroze v některých úsecích toků výrazně zpomalila, což vedlo k zachování rovinnatých zaoblených partií starého třetihorního reliéfu ve vyšších polohách toků. Tato dvě torza vyzdvižených zarovnaných povrchů dnes tvoří cenné biotopy. Zajímavým projevem výše zmíněné zpětné eroze v Krkonoších je takzvané říční pirátství, při kterém dochází k propojení a odvodnění jednoho povodí povodím druhým (Pilous 2001).

Můžeme shrnout, že vývoj základní říční sítě byl ukončen na sklonku třetihor, kdy již byl erozní sníženinou podél pruhu měkčích hornin (hrubozrnné žuly) oddělen český a slezský hřeben. Úplné dotvoření reliéfu Krkonoš spadá však až do období čtvrtohor, kdy se na něm podepsalo střídání dob ledových (glaciálů) a meziledových (interglaciálů) (Pilous 2001).

3.1.3.5 Dotvoření reliéfu Krkonoš ve čtvrtohorách

Na podobu Krkonoš měly vliv i období zalednění. Ze čtyř největších známých zalednění lze v Krkonoších nalézt doklady o posledních dvou. Nazývají se riss a wurm a v oblasti Krkonoš vedly ke vzniku dlouhých údolních a svahových ledovců. Celkem bylo v Krkonoších třicet čtyři ledovců různých velikostí a typů. Dva největší z nich (úpský a labský) měřily v rissu až 4 km a jejich mocnost dosahovala až 100 m (Pilous 2001).

Projevy přítomnosti ledovce na území dnešního KRNAP lze rozdělit na tvary erozní a tvary akumulární. Tvary erozní jsou zejména trogy a kary. Kary jsou amfiteátrovitě tvarované údolní závěry, trogy představují ledovcem přemodelovaná údolí ve tvaru písmene U. Naše největší kary jsou Úpská jáma, Kotelní jámy a Labské jámy. Trogy lze hledat na místech někdejších dvou největších ledovců, tedy v Labském a Obřím dole. Zvláště v Obřím dole je patrný jeho příčný profil ve tvaru písmene U, který je typický pro ledovcem modelované údolí. Akumulárním tvarovým projevem krkonošských ledovců jsou koncové morény v Obřím a Labském dole, v Kotelních jamách a nad Dolními Mísečkami (Pilous 2001).

3.1.4 Hydrologie KRNAP

Většina vody v Krkonoších je srážkového původu. Krkonoše patří z hlediska srážkové činnosti k nejbohatším pohořím na území České republiky. Největší srážkové úhrny jsou na hřebenech a dlouhodobě se pohybují v rozmezí 1200 - 1400 mm za rok, při úpatí hor je však srážek méně, kolem 800 mm za rok (Štursa 2009). Tento výrazný rozdíl ve srážkových úhrnech na hřebenech hor a v nižších polohách je způsoben mimo jiné i přítomností takzvaných horizontálních srážek. Tyto srážky se vytváří kondenzací nebo rychlým mrznutím přechlazených kapek mlhy nebo mraku při styku s povrchem různých předmětů, jako jsou kameny, větve a podobně. Často pozorovatelným projevem horizontálních srážek na hřebenech hor je námraza, jíní, rosa a ledovka. Námraza vzniká v Krkonoších až sto dvacet dní v roce a má velký vliv na charakter přírody v těchto vyšších polohách (tamtéž).

Velkou vodní zásobárnou Krkonoš je také sníh. Odtávající sněhová pokrývka ovlivňuje vodní bilanci nižších poloh až do letních měsíců. Odtokové poměry krkonošských povodí jsou během roku nerovnoměrné a dlouhodobě největší měsíční průtoky jsou pozorovány z pravidla v dubnu a květnu, kdy právě taje

obrovské množství sněhu ležícího ve vrcholných částech hor. Naopak leden, únor a konec léta a začátek podzimu jsou období nízkých odtoků (Halásová et al 2006).

Kvůli převládajícímu severozápadnímu proudění není distribuce sněhové nadílky rovnoměrná po celé ploše Krkonoš. Z pozvolných návětrných svahů a náhorních planin je sníh po celou zimu odnášen na závětrnou stranu jam krkonošských ledovcových karů, kde tvoří mohutné převisy. Tyto masy sněhu pak často vedou ke vzniku různých druhů lavin. Krkonoše se i přes svou malou rozlohu vyznačují vysokou lavinovou aktivitou. Na české a polské straně hor existuje asi padesát lavinových svahů a například v březnu 1971 spadlo během dvou dnů jen na české straně Krkonoš dvacet devět lavin (Spusta, Vrba 1975).

Krkonoše nemají žádné významné zdroje podzemních vody a veškerá voda i pod povrchem pochází z atmosférických srážek (Štursa 2009). Při dopadání srážek na povrch dochází nejprve k syčení vegetace a až následně k zasakování do svrchních vrstev podloží. Voda zasakující do podloží poté zásobuje prameny a prameniště. Převážná část srážkové vody však stéká po povrchu. Z toho důvodu velice záleží na množství srážek, rychlosti tání sněhové pokrývky a vegetačním pokryvu svahů, zda bude distribuce vody do krkonošské říční sítě pozvolná nebo dojde na tocích k povodňovým událostem.

V tomto kontextu je dlouhodobě veden spor o retenční schopnosti lesních smrkových monokultur. V roce 1992 tvořil smrk ztepilý (*Picea Abies*) přibližně 87 % z celkové výměry lesů na území KRNAP. Přirozeně by měl ale tvořit maximálně 50 % (Schwarz 2010 in Schwarz 2010). Výzkumy zaměřené na schopnost horských lesů tlumit povodně však ukazují, že největší problém není v samotné monokultuře, ale spíše v nevhodně prováděném diferencovaném obhospodařování lesa vzhledem k plnění jeho vodohospodářských funkcí (Šach et al 2003 in ČLS 2003).

Podle klimaticko-hydrologické klasifikace patří krkonošské řeky k takzvanému oderskému typu. Tento typ řek se vyznačuje průtokovým maximem v období jarního tání sněhu a minimálním průtokem v letním období, kdy je výpar vody maximální. Krkonoše se vyznačují velkou rozkolísaností řek. Malá jímavost krkonošských hornin je sice kompenzována velkou lesnatostí povodí, ale i tak dochází k velkým povodním v období vydatných dešťů a k nízkým průtokům v období delšího sucha (Správa KRNAP 2010).

Právě náchylnost zejména některých krkonošských toků ke vzniku nebezpečných povodňových situací vedla naše předky k prvním úpravám toků, které měly za cíl zmírnit dopady povodní na obyvatelstvo a hmotné statky. Zejména

v období 1898 - 1913 bylo v Krkonoších vybudováno velké množství retenčních prahů a přehrázek a bylo zpevněno mnoho kilometrů břehů⁷.

Krkonošský Slezský hřeben netvoří pouze demografickou hranici, ale zároveň představuje rozvodí dvou úmoří. Toky severních svahů (i malá část českých toků) tečou do Baltského moře, toky svahů jižních pak do moře Severního. Českou stranu Krkonoš odvodňuje přes sto čtyřicet vodních toků, které se postupně slévají do třech hlavních krkonošských řek – Jizery, Labe a Úpy. Přibližně třetina všech toků tvoří přítoky evropského veletoku Labe (Černý 2008).

Krkonošská říční síť má svůj původ již v třetihorách, jak bylo popsáno v předchozí kapitole. Jak popisuje Štursa (2009), po tektonickém zdvihu si říční síť zachovala své víceméně původní rozložení, avšak vlivem navýšení spádu při okraji pohoří se toky zařezávaly do stále hlubšího podloží. Začala se vytvářet takzvaná epigenetická neboli mřížová říční síť, jejímž výsledkem jsou hluboce zaříznutá údolí hlavních místních řek, které přetínají geologické struktury napříč. K nim se v pravém úhlu připojují jejich menší přítoky, které rozrušují geologické pásy naopak podélně.

3.2 Vodní tok jako ekosystém

Na vodní tok nelze nahlížet pouze jako na hydrologický krajinný systém. Vodní toky v krajině plní spolu se svými vegetačními doprovody funkci základního migračního systému a kostry ekologické stability území. Vodní tok z ekosystémového pohledu zahrnuje kromě složky vodního prostředí, tedy koryta a vodního prostoru, i složku terestrickou, kterou tvoří doprovodné porosty toku a navazující niva (Zuna 2008).

Kvalita takového ekosystému je ovlivněna mnoha faktory. „*Na skutečnost, zda bude koryto potoka či řeky vhodným biotopem pro živočichy a na to, které druhy to nakonec budou, má zcela zásadní vliv mnoho faktorů, počínaje kvalitou vody a konče charakterem širšího okolí toku (...) samotný počet druhů vždy neodráží ekologické, popř. ochranné hodnoty toku – mnohem důležitější je, o které druhy se jedná, zda do toku daných parametrů a v dané oblasti patří (...)*“ (Just 2005).

Důležitým faktorem je také skutečnost, zda má tok možnost se příčně i podélně vyvíjet, což je jeho přirozená vlastnost. Tomu je dnes často s ohledem na lidské zájmy bráněno, a proto dochází k destrukci či narušení nejen přirozeného tvaru koryta, ale i přilehlé nivy. Přirozená pobřežní vegetace je přizpůsobena

⁷ Více v kapitole 3.4.1 Příčiny a historie úprav toků.

určitému režimu toku a to i s jevy, jako je povodňové vybřežování či sedimentace splavenin.

Přirozený průběh dna potočního koryta nemá ani zdaleka homogenní charakter. Typické je střídání výmolů a brodů a to v podélném i příčném směru. Základním prvkem morfologie potočního dna je šterkový brod nebo balvanitá peřej, která způsobí vzduť vody v trati nad ní a rušné proudění vody pod ní. Dynamické účinky proudící vody vytváří pod peřejnatým úsekem tůň s prouděním klidnějším. Samotné proudění přináší provzdušnění vody, což má pro biotu toku velký význam. Morfologická členitost koryta se vyvíjí podle přírodních podmínek daného povodí (Zuna 2008).

„Pestrost vodních společenstev (biocenóz) záleží na pestrosti stanovišť (biotopů). Čím bude koryto vodního toku tvarově i prouděním vody rozmanitější, tedy čím lepší budou hydromorfologické podmínky, tím bude také biocenóza pestřejší. Výzkumy ve světě i u nás dokonce ukazují, že vodní organismy jsou schopné tolerovat suboptimální kvalitu vody, pokud jsou v toku dobré hydromorfologické poměry, a naopak, že ani v tocích s dobrou jakostí vody nemohou žít ekologicky cenná společenstva, pokud jsou zde nevhodné hydromorfologické parametry.“ (Duras 2010)

Velice důležitou složkou biotopu vodního toku je právě ponořená část koryta s různým charakterem a tloušťkou dnové vrstvy splavenin oživených bentickými organismy (Zuna 2008). V korytech tekoucích vod žije široké spektrum vodních organismů, které tvoří i značnou biomasu. Všechny tyto organizmy jsou vzájemně provázané hustou sítí vztahů. Některé z nich dále strukturují vodní prostředí, jiné žijí na dně koryta či ve vodním sloupci, další vytváří biofilm na povrchu omývaných kamenů či dřeva (Duras 2010).

Je třeba zdůraznit také význam tzv. podříčního dna neboli hyporeálu, jakožto nedílné součásti zdravého říčního ekosystému. Hyporeál je oblast, která v podmínkách našich toků může dosahovat mocnosti přes jeden metr pod viditelné dno a až desítky metrů podél řeky. *„Tento biotop je osídlen podobně širokým spektrem organismů jako říční dno, přičemž ale biomasa organismů žijících v hyporeálu bývá až několikanásobně vyšší oproti říčnímu dnu. Hyporeál je útočištěm organismů při extrémních říčních stavech (povodeň, vyschnutí), je jejich rezervoárem pro obnovení v případě narušení společenstva a má tedy zásadní stabilizující roli.“ (Duras 2010)* Pestrá druhová skladba mikroorganismů má pak nezměrný dopad na samočisticí schopnost řeky.

Podle přírodních podmínek (resp. podle tvaru koryta) rozdělujeme potoky na bystřiny, horské potoky, podhorské potoky, potoky pahorkatin a potoky nížin (Just podle Zuna 2005).

Bystřiny mají nepravidelnou trasu s četnými změnami a velmi proměnlivý sklon. Podélný profil je neustálený a dochází k častým změnám. Probíhá intenzivní transport splavenin všech velikostí. Dno je kamenité až balvanité se štěrkovými a písčity ostrůvky. Niveleta dna je stupňovitá a břehy jsou nepravidelné, tvořené balvany či kameny s četnými hlinitými vložkami. Koryto bývá velice členité s množstvím úkrytů a proudových stínů. Migrační spojitost v korytě bystřin s velkou stupňovitostí je často vázána na větší průtoky a některé pasáže mohou být přirozeně neprůchodné.

Horské potoky, jejichž trasa je také nepravidelná, se od bystřin liší přítomností meandrů v úsecích nespojitě štěrkové nivy. Četné jsou štěrkové akumulace, proměnlivý sklon a neustálený podélný profil s četnými změnami. I u horských potoků je často migrační prostupnost vázána na vyšší průtoky. Horské potoky mají značně členitá koryta s četnými nátržemi.

Podhorské potoky vynikají spojitou aluviální štěrkovou nivou proměnlivé šířky. Sklon toku je již ustálený a mají vyrovnaný podélný profil. Potoky pahorkatin jsou základním charakterem koryta velice podobné potokům horským. Ve splaveninách se však již mnohem častěji objevují kromě písku a štěrku také hlinité částice. Ty mají také vliv na celkový charakter dna těchto toků, která bývají hlinitá až bahnitá v tůních a mají časté štěrkové brody. Písek se usazuje i v proudných místech. Břehy takového toku jsou také hlinité se štěrkovými vložkami (Just 2005). Na území KRNAP můžeme tedy nalézt hydromorfologické typy potoků od bystřin až po potoky pahorkatin.

3.3 Obecná charakteristika zájmových toků

3.3.1 Povodí Jizery

Řeka Jizera pramení v Jizerských horách na polských svazích hory Smrk v nadmořské výšce 919 m. Z počátku teče 1,4 km polským územím a následně tvoří v délce asi sedmnácti kilometrů česko-polskou státní hranici (Povodí Labe s. p. 2004). Po soutoku s řekou Mumlavou protéká hluboce zaříznutým údolím s množstvím skalních soutěsek. Plocha povodí je 2193,4 km², z toho je v KRNAP 193 km² (podle GIS analýzy autora). Jizera se svými přítoky tak odvodňuje velkou část Krkonoš. Na měrném profilu v Jablonci nad Jizerou je průměrný průtok (Q_a) 5,7 m³/s a stoletá voda (Q_{100}) dosáhla průtoku 362 m³/s⁸. Řeka Jizera je také významnou zásobárnou pitné vody pro Prahu a to zejména v profilech Benátky nad Jizerou a Sojovice⁹. Řeka Jizera též tvoří od Jablonce nad Jizerou až po soutok s Jizerkou v Horní Sytové západní hranici KRNAP.

Geologické složení tohoto údolí je velice pestré. Horní část v oblasti soutoku s Mumlavou je tvořena zejména porfyrickou středně zrnitou žulou. Dále po proudu až po obec Vilémov převládají zelenošedé či šedé albitické svory až fylity, sericitické kvarcity a porfyroidy. U obce Vilémov se začínají objevovat v údolí Jizery čočky a vločky krystalických vápenců až dolomitů¹⁰.

3.3.2 Povodí Labe

Pramen Labe se nachází na Labské louce v Krkonoších v nadmořské výšce 1386 m (Povodí Labe s. p. 2004). Jeho tok následně padá v mohutném vodopádu do Labského dolu, jehož údolím protéká až po soutok s Malým Labem nad Špindlerovým Mlýnem. Všechna sledovaná povodí (krom Labe i Jizera a Úpa) patří v širším měřítku k povodí Horního a středního Labe, jeho celková plocha je 14 735 km². V Krkonošském národním parku, jehož řeky lze rozdělit do povodí Jizery, Labe a Úpy, zabírá labské povodí plochu přibližně 200 km² (podle GIS analýzy autora). V Krkonoších je povodí Labe rozděleno do dvou menších povodí. Jedno je povodí samotného Labe, druhým je Malé Labe se svými přítoky. Obě řeky se stékají v Hostinném. Největším městem na toku Labe v Krkonoších je Špindlerův Mlýn. Na

⁸ Zdroj: Hydrologická data Libereckého kraje.

⁹ Tamtéž.

¹⁰ Podle Mapový server Krkonošského národního parku.

měrném profilu ve Špindlerově Mlýně je nejvyšší zaznamenaný průtok 168 m³/s. Tento průtok odpovídá stoleté vodě a byl naměřen při letní povodni v roce 2006¹¹.

Geologické podloží povodí tvoří krom středně zrnité drobnozrné biotitické žuly, také šedé a zelenošedé albitické svory až fylity, chlorit-sericitické břidlice a deluviální až fluviodeluviální sedimenty polygenetického charakteru. Opět se zde nacházejí i vložky krystalických vápenců a dolomitů, které se v současnosti těží například v katastru obce Lánov¹².

3.3.3 Povodí Úpy

Řeka Úpa pramení na Bílé louce severně od Studniční hory v nadmořské výšce 1 432 m (Povodí Labe s. p. 2004). Po překonání Horního a Dolního Úpského vodopádu pokračuje tok Obřím dolem do obce Pec pod Sněžkou, kde se stéká s Malou Úpou. Měrný profil v Horním Maršově níže po proudu zaznamenal největší průtok 171 m³/s. Celková plocha úpského povodí je 512 km², z čehož je 18 km² na území Polska (Povodí Labe s. p. 2004). Do oblasti KRNAP spadá z celkové výměry povodí 158 km² (podle GIS analýzy autora), což je nejméně ze všech třech sledovaných povodí.

Geologické poměry v povodí v podstatě odpovídají povodí Labe. V nižších polohách a mimo území KRNAP se nacházejí i uhelné sloje, jako například v okolí Žacléře¹³.

¹¹ Podle Stavů a průtoků na vodních tocích v povodí Labe.

¹² Podle Mapový server Krkonošského národního parku.

¹³ Podle Mapový server Krkonošského národního parku.

3.4 Stavebně technické úpravy toků na území KRNAP

3.4.1 Příčiny a historie úprav toků

Počátky úprav toků na území dnešního Krkonošského národního parku nejsou fenoménem posledních let, ale sahají daleko do minulosti. Člověk si toky přizpůsoboval z různých příčin. V existující literatuře z 16. století se již objevují zmínky o budování klauz na řece Úpě (Bartoš 2003). Klauzy byly záchytné vodní nádrže budované v horních polohách toků za účelem okamžitého zvyšování průtoku při plavení dřeva. Krkonošské hvozdy podle záznamů již tehdy zásobily svým dřevem kutnohorské stříbrné doly (Vacek et al 2005).

Podobným způsobem byly využívány i ostatní krkonošské toky. Je také zřejmé, že vody horských potoků a říček od pradávna poháněly kola vodních mlýnů, pil a hamrů. To je dobře patrné z map II. vojenského mapování z let 1836 až 1852 (podle Laboratoř geoinformatiky UJEP). Daleko větší vodní díla jsou pak budována od druhé poloviny 19. století v souvislosti s rozvojem textilního a papírenského průmyslu a s ním spojeným budováním rozsáhlých továrních areálů.

Samostatnou, ale velkou část pak tvoří úpravy na tocích prováděné za účelem zmírnění dopadů povodní a eroze. I některá tato díla jsou na horních tocích krkonošských řek již přes sto let. Podnětem pro organizovanou výstavbu vodních děl v Krkonoších se stala série katastrofálních povodní, které zasáhly Dolní a Horní Rakousko na sklonku 19. století a vyžádaly si nejen obrovské majetkové škody, ale i značné ztráty na životech. Nejtragičtěji se projevíly právě v oblasti Krkonoš, kde ve večerních hodinách 29. července 1897 po deštích, které trvaly bezmála čtrnáct dní, vznikla nevídaná průtrž mračen. Během několika hodin spadlo až 342 mm srážek (Zuna 2008). Zajímavé je, že ničivá voda, která byla v úzkých krkonošských údolích následně označena za tisíciletou, nebyla níže po proudu tolik pocítěna a v Železném Brodě představovala již „pouze“ vodu padesátiletou (Kozák J. T. et al 2007). Krkonošské bystřiny unášely nejen balvany, štěrky a písek, ale i vyvrácené stromy. Tato směs násobila již tak obrovskou ničivou sílu vody. Jen na české straně hor zahynulo sto dvacet osob a materiální škody byly následně vyčísleny na čtrnáct milionů korun (Štursa 2009).

Neblaze se v dřívějších dobách při povodních projevovale přítomnost pil v bezprostřední blízkosti horských bystřin. Dřevo v zimě svážené bylo nahromaděno u vodou poháněných pil a připraveno na pořez. Jarní povodně pak často toto množství dřeva sebraly a unášely do obcí ležících níže po proudu, kde kmeny

zafungovaly jako beranidla. K podobnému efektu došlo při protržení přehradu na Bílé Desné v roce 1916, kdy rozběsněnému živlu stála v cestě panská pila (Nevrlý 1980).

Velké krkonošské povodně byly doprovázeny také sesuvy půdy. K mohutným zemním lavinám došlo např. při zmíněné povodni v Obřím dole (Pilous 1978). Dále na Zeleném potoce v Peci pod Sněžkou, kde sesuv do koryta Zeleného potoka vedl k vytvoření přehradu a následná průlomová vlna smetla Braunův mlýn i s obyvateli (Zuna 2008).

Obrovské škody a ztráty na životech vedly k prvním rozsáhlým úpravám horních částí krkonošských toků. Tyto stavební práce byly prováděny v souladu s již existujícím říšským zákonem č. 117, o opatřeních k neškodnému svádění horských vod, ze dne 30. června 1884 a nařízením ministerstva o úpravě a předkládání povšechných projektů podniků k neškodnému svádění horských vod č. 2/1886 ř. z., ze dne 18. prosince 1885 (Zuna 2008). Podle těchto zákonů, které platily v českých zemích až do roku 1955, postupně vznikly pod ministerstvem orby sekce hrazení bystřin. Sekce původně umístěná do Těšína byla postupně přemístěna do Lanškrouna a do Prahy a vznikla také nová sekce pro Moravu v Brně.

Rakouští a čeští odborníci na hrazení bystřin se věnovali výstavbám nejen v Krkonoších a v povodí Morávky, ale i v alpských zemích (Zuna 2008). Příkladem velké dovednosti tehdejších inženýrů, ale zejména kameníků při realizaci těchto staveb jsou hrazenářská díla na Čertově strouze na Malém Labi. Kámen byl těžen i opracován přímo na místě a zdění bylo prováděno bez pojiva, neboli na sucho. Tyto stavby jsou dodnes vzorem při rekonstrukci a výstavbě hrazenářských děl v oblasti Krkonoš (Novotný 2010).

V Krkonoších jsou nejčastější dva typy povodní. Letní povodně, které vznikají po krátkodobých přivalových deštích či po vydatných regionálních deštích, jako v případě povodně v roce 1897, a povodně zimní (nebo jarní), způsobené táním sněhu nebo pohybem ledové masy v toku (Kender et al 2004). Nebezpečné povodňové události nejsou v Krkonoších samozřejmě ojedinělým jevem. K jejich opakování dochází pravidelně a kromě rozsáhlých povodní jsou v Krkonoších běžné i lokální bleskové povodně (Čamrová et al 2006).

Hrazení bystřin a úpravy toků obecně jsou proto středem zájmu vodohospodářů a inženýrů po celé 20. století i dnes a instituce zaměřené na plánování a realizaci těchto staveb nacházely uplatnění za všech politických režimů. Od roku 1948 proto byla služba hrazení bystřin začleněna do lesních oddělení

krajských národních výborů a od roku 1952 se oddělila jako Závod lesotechnických meliorací s působištěm v každém kraji. Rokem 1962 byla činnost hrazení bystřin svěřena krajským podnikům Státních lesů. Po roce 1992 byla převedena investorská složka a složka správy vodních toků k podniku Lesy České republiky, s. p. (Zuna 2008).

Obecně lze příčiny a smysl úprav horských toků popsat podle docenta Zuny (2008) takto: *„obor hrazení bystřin se zabývá úpravou koryt horských potoků a bystřin, usiluje o zlepšení odtokových poměrů jednotlivých povodí (...) základním cílem je protipovodňová ochrana a stabilizace vodopisné sítě povodí“*. Škody působené bystřinnou erozí v horských povodích mohou být skutečně značné a jsou často doprovázené svahovými sesuvy a tvorbou erozních rýh. Dochází k vymílání koryt, jsou ohroženy lesní i zemědělské pozemky, sídla, komunikace a jiné objekty. Zejména eroze je v povodí bystřin ve srovnání s potoky nížin a pahorkatin extrémní a projevuje se nejen v korytě, ale i pobřežním pásu (Zuna 2008).

Obor hrazení bystřin nespočívá pouze v technických úpravách koryt bystřinných toků, ale zejména v komplexních biotechnických úpravách horních částí povodí. Technické zásahy v samotném korytě toku by měly být doprovázeny promyšleným systémem vegetačních prací v povodí (Zuna 2008). Pro předmět této práce jsou však nejdůležitější stavebně technické zásahy na tocích, budu se jimi tedy podrobněji věnovat v následujících kapitolách.

3.4.2 Druhy úprav toků

Úpravy toků na území Krkonošského národního parku lze rozdělit na úpravy prováděné za účelem protipovodňové a protierozní ochrany a na úpravy, které slouží k využití vodní energie k průmyslovým a vodárenským potřebám. Jejich situování na tocích v Krkonoších je různé a rozdílné jsou i jejich dopady na říční ekosystém. Protipovodňové úpravy jsou dále dělitelné na úpravy trasy a příčného profilu koryta a na hrazenářské úpravy. Hrazenářské práce ve smyslu umístování příčných objektů se uplatňují zejména ve vyšších částech povodí, úpravy příčného profilu a trasy toku jsou pak využívány po celé délce toku dle potřeby.

3.4.2.1 Úpravy trasy a příčného profilu toku

Půdorysný průběh koryta horského toku závisí na hydrickém charakteru toku a také na terénních a geologických poměrech. Přirozená trasa je nepravidelná a je plně přizpůsobena morfologickým poměrům. Její průběh je však víceméně přímý, protože nemůže docházet ke vzniku významnějších oblouků. Půdorysně rozvinutější trasy toku lze hledat pouze v úsecích rozšíření úvalu a ve výustních tratích navazujících na údolní recipient (Zuna 2008). Prudké změny trasy toku jsou pak často místem vzniku břehových nátrží, či zde vzniká zcela nové koryto. Tyto jevy často vedou k destrukci staveb či porušení obhospodařovaných pozemků. Z těchto důvodů člověk přistoupil ke korekci trasy některých částí toku, která měla zvýšit stabilitu dna i břehů. K těmto změnám trasy docházelo v minulosti zejména v intravilánech obcí, kde bylo ohrožení staveb největší. Účelová úprava trasy koryta byla provedena například ve Špindlerově mlýně. Tato změna je dobře patrná z map II. vojenského mapování a pozemkových map stabilního katastru z let 1826 - 1843 při srovnání se současným stavem¹⁴.

Dalším druhem úprav je změna příčného profilu koryta (Zuna 2008). Tato úprava je uplatňována jak při změnách trasy toku, tak při zkapacitnění koryta v původní trase. Hlavním cílem takového stavebně technického zásahu je bezpečné převedení povodňových průtoků například v obcích a v blízkosti různé infrastruktury. Při úpravě jsou pozvolné břehy zaměněny opevňovací konstrukcí. Nový břeh je pak často daleko vyšší a hlavně strmější, což má bránit vybřežování za vyšších průtoků.

Jiným požadavkem je, aby za zvýšených průtoků nedocházelo k odnášení materiálu dna a břehů a ani k ukládání většího množství splavenin transportovaných z výše položených částí toku, to platí opět hlavně pro intravilány obcí (Zuna 2008). Tomuto požadavku lze vyhovět dvěma základními způsoby. Buď je možné snížit energii vodního proudu metodou snížení sklonu nivelety toku, nebo opevnit koryto stavebními či biotechnickými prvky (tamtéž). Ale „(...) pokud je upravované koryto příliš sklonité nebo v zastavěném území a v souběhu s komunikacemi, kdy nelze při úpravě využít metodu stabilního sklonu, je nutné navrhnout opevnění koryta (...)“ (tamtéž).

Tento zásah však býval v minulosti často nesprávně proveden a jeho protipovodňový efekt byl velice diskutabilní, protože pokud se při úpravě použije hladkých opevňovacích prvků, odpor proudění se proti původnímu stavu výrazně

¹⁴ Srov. II. Vojenského mapování (podle Laboratoř geoinformatiky, Univerzita J. E. Purkyně), stabilní katastr (podle Map Server – Císařské otisky) a současných map území (podle Google maps).

sníží. Tím se zvýší rychlost vodního proudu a úměrně kvadrátu přírůstku rychlosti i jeho kinetická energie (Zuna 2008). Opevněné koryto je sice stabilní a netrpí odnosem ani usazováním splavenin, ale zvýšená energie se přenesla do nižších částí toku, kde může napáchat velké škody a ohrozit stabilitu koryta.

Podle Zuny spočívá hydrotechnicky správný způsob stabilizace koryta zejména v tlumení energie vodního proudu. Toho lze docílit pouze umístováním hydraulicky účinných spádových objektů nebo vytvořením drsného povrchu dna a svahů. Drsného povrchu při úpravě dna a pat svahů se může dosáhnout například použitím hrubých kamenných pohozů a záhozů (viz níže). Hrubá úprava má za následek zpomalení vodního proudu a zvýšení hladiny, čímž stoupne velikost omočeného obvodu a drsný povrch odebere vodnímu proudu větší část energie (Zuna 2008).

V některých úsecích při velkém sklonu toku je použití hladší a odolnější úpravy nezbytné, pak je zároveň často přistoupeno i ke stavbě spádových objektů, které mají za úkol tlumit energii vodního proudu. Příkladem hladce upraveného odolného koryta se spádovým objektem je v obci Černý důl¹⁵. K hladkému opevnění břehů je přistupováno například i při souběhu toku s důležitými objekty. V minulosti bylo však hladkého opevnění využíváno i v místech, kde to nebylo z hlediska protierozní ochrany nutné.

¹⁵ Viz. Obrázek č. 1.



Obrázek č. 1 - Hladce opevněné upravené koryto se spádovým objektem pro tlumení energie vodního proudu v obci Černý důl (Čistá). Foto: autor.

Při popisu opevnění dna a břehů toku je rozlišováno opevnění poddajné a opevnění nepoddajné (Zuna 2008). Nepoddajné opevnění je nejčastěji stavěno za použití pojiva, jsou to nejrůznější dlažby z kamenů a betonu. Velkou nevýhodou těchto staveb je, že se prakticky nepřizpůsobují místním transformacím koryta. To má za následek, že i drobná porucha následně způsobí lavinovité rozšíření škod. Koryto má také obvykle prizmatický tvar velice vzdálený lokálním přírodním podmínkám. Z ekologického hlediska má nepříznivý vliv zejména opevnění dna koryta, které znemožňuje vznik oživené dnové vrstvy¹⁶. Nepoddajné koryto se nemůže vyvíjet v příčném ani podélném profilu a „je zdůvodnitelné pouze v intravilánech obcí a v souběhu s důležitými objekty“ (Zuna 2008)¹⁷. Realizace nepoddajného koryta je také značně nákladná. Zuna k použití nepoddajného koryta říká: „používání kamenné dlažby v delších úsecích úpravy je většinou neekonomické a pro ekologickou závadnost je třeba vždy jeho užití pečlivě uvážit.“ (Zuna 2008)

¹⁶ Více v kapitole 3.4.3 Ekologické důsledky úprav toků.

¹⁷ Viz. Obrázek č. 1.

Oproti tomu poddajné opevnění poskytuje prostor pro následné transformace příčného i podélného profilu. Je proto z ekologického hlediska mnohem vhodnější, než opevnění nepoddajné. Mechanické poruchy poddajného opevnění se omezují na kratší úseky, kde namáhání přesáhne jeho odolnost, a po opadnutí velké vody často dojde k samovolné stabilizaci poškozených částí vlivem sedimentace či nárůstu vegetace (Zuna 2008).

Při stavbě poddajného opevnění se jako opevňující prvky používají plůtky z tyčoviny, kamenné pohozy a záhozy a kamenná rovnanina. Tyto prvky značně zvyšují drsnost koryta a tím účinně tlumí energii vodního proudu. Kamenný pohoz je vrstva kameniva o velikosti 70 až 150 mm. Nejčastěji je užíván ke stabilizaci dna a svahů se sklonem 1:2 a plošším. Pata svahu musí být při použití pohozu zajištěna vhodnou konstrukcí, například plůtkem nebo kamennou rovnaninou. Kamenný zához se používá ke stabilizaci dna a pat svahů buď v delších úsecích, nebo v souvislosti s příčnými objekty v korytě. Velikost kameniva při stavbě záhozu se volí až 450 mm a větší. Často je záhozu použito při stabilizaci břehových nátrží při odstraňování povodňových škod. Kamenná rovnanina je prvek tvořený nasucho kladenými kameny, které jsou dostatečně dobře zalícované. Těchto konstrukcí se zpravidla užívá k zajištění břehových nátrží a pat svahů nebo celých břehů, například při přemostění toku v lesních tratích. Stavba takovéto konstrukce je již značně náročnější než stavba pohozů a záhozů. Při zakládání stavby je nutné věnovat dostatečnou pozornost stabilitě podloží (Zuna 2008).

Dalším druhem staveb, které zasahují do příčného profilu toku, jsou opěrné zdi (Zuna 2008). Opěrné zdi slouží k zajištění stability břehů v úsecích, kde je třeba použít co nejužší příčný profil koryta. Jsou to zejména zastavěná území, okolí různých objektů uvnitř bystřinného koryta a souběhy s komunikacemi. Opěrné zdi jsou stavěny na celou výšku břehu, nebo pouze na jeho dolní část. Opěrné zdi se staví většinou z lomového kamene za použití cementové malty, nebo je použito na celou stavbu vodostavební beton. Prostor za zdí musí být odvodněn.

3.4.2.2 Úpravy podélného profilu toku

Při stabilizaci bystřinného koryta zahrazováním je cílem zmenšení jeho podélného sklonu. Touto úpravou se snižuje energie proudící vody a opevnění koryta pak není potřeba buď vůbec, nebo pouze v omezené míře. Lze potom vystačit s jednodušší, méně rozsáhlou a ekonomicky přijatelnější stabilizací dna a břehů koryta (Zuna 2008). V následující části budou popsány základní druhy protipovodňových a protierozních úprav podélného profilu toků, tedy příčné stavebně technické objekty.

Nejčastěji se ze spádových objektů uplatňují prahy do výšky 0,3 m, stupně obvykle do výšky 2 m a skluzy. Prahy slouží k úpravě podélného sklonu a zajištění nivelety dna koryt proti hloubkové erozi. Jsou zřizovány většinou na delších úsecích a budovány v soustavách. Vzájemná vzdálenost je pak dána zejména sklonem nivelety a jejich spádovou výškou. Výška se pohybuje od 0,2 do 0,3 m.

Velký důraz musí být při stavbě prahu kladen na zajištění jeho konstrukce. Přepadem vody přes práh se zvyšuje turbulence proudění. Boční erozí na přepadu by mohlo dojít k rozšíření koryta, obnažení kotvící konstrukce prahu a k následné destrukci objektu. Práh musí být schopen utlumit energii dopadající vody, jinak by bylo snížení sklonu nivelety hydraulicky neúčinné. Toho lze dosáhnout vysokou drsností dopadiště, kupříkladu použitím hrubého kamenného záhozu. Z tohoto důvodu je nevhodné použít prahy v úsecích, kde je jako zpevňující prvek použita dlažba.

Při užití prahu je také nutné zajistit stabilitu břehů v úseku alespoň 1,0 m nad přelivem prahu a 3,0 m pod ním. Při současných úpravách bystřin v mírném sklonu s pohybem drobných splavenin se jako těleso prahu často používají dřevěné kulatiny průměru 200 až 300 mm (Zuna 2008)¹⁸. Kamenné prahy se zřizují v úsecích, kde je s ohledem na účel úpravy nutné zajistit dlouhou životnost konstrukcí. Užití betonového prahu je zejména kvůli jeho negativnímu krajínovornému účinku nevhodné (tamtéž).

¹⁸ Příklad dřevěného prahu s opevněním břehů je na obrázku č. 2.



Obrázek č. 2 - Příklad použití dřevěné kulatiny při stavbě prahu (Malá Úpa). Foto: autor.

Ke stabilizaci podélného profilu koryta jsou budovány stupně. Hlavní částí konstrukce je těleso stupně. Těleso samotné se skládá z přelivové sekce, která je uprostřed, a z křídel. Křídla musí být řádně zavázána do břehů. Těleso stupně je založeno v nezámrzné hloubce na základním pásu a budováno z kamenného zdiva nebo betonu. Prostor nad tělesem stupně je odvodňován otvory ve zdivu. Přelivná část stupně je budována ve tvaru, který odpovídá příčnému profilu koryta nad stupněm. Pokud je těleso stupně z betonu, je kvůli riziku obrusu nutné zřídit přelivnou hranu z kamene.

Další nezbytnou částí stupně je podjezí, které slouží k utlumení energie přepadající vody a brání poškození tělesa stupně zpětnou erozí. Pokud je stupeň budován na toku s říčním prouděním, je tlumící účinek stupně podpořen prohloubeným vývarem v podjezí. Pokud je režim proudění bystřinný, je dopadiště zbudováno bez vývaru a opevněno kamenným záhozem. Dolní konec podjezí je

opatřen předprahem. Pro zajištění stability stupně je nutné dostatečné opevnění boků podjezí, to většinou zajišťuje kamenná dlažba (Zuna 2008)¹⁹.



Obrázek č. 3 - Stupeň na řece Labe (Špindlerův Mlýn). Foto: autor.

Z příčných objektů se přírodním útvarům ve dně bystřin a potoků nejvíce podobají skluzy. Úkolem skluzu je, tak jako u výše popsaných staveb, snížit energii vodního proudu a omezit jeho erozní účinky. Skluz se skládá z nakloněné skluzové plochy a podjezí. Skluzová plocha se opevňuje buď kamennou dlažbou za použití cementové malty, nebo jsou budovány skluzy balvanité, kdy se jako opevnění použije kamenná rovnanina z velkých kamenů dobře klínovaná menšími kameny. Pokud je to možné, je vhodné použít k opevnění místní materiály. Koryto nad skluzem je nutno opevnit nejméně v délce trojnásobku šířky koryta a je také nezbytné zřídit opevněné podjezí nebo v případě potřeby zbudovat prohloubený vývar. Při stavbě balvanitého skluzu z rovnaniny je pro zajištění stability nutno oddělovat zmíněné tři části (koryto nad skluzem, skluz a podjezí) zajišťujícími zděnými pásy (Zuna 2008).

¹⁹Příklad využití stupně k tlumení energie vody na řece Labe je na obrázku č. 3.

Charakteristickými stavbami zahrazovacích úprav jsou přehrážky (Zuna 2008). Přehrážky jsou dalším druhem příčného spádového objektu a používají se jako konsolidační objekty pro stabilizaci narušené potoční tratě nebo jako retenční objekty k zpomalení či zastavení chodu splavenin a jejich akumulaci v určitém prostoru. Přehrážka má oba tyto účinky. Retenčního účinku přehrážek je dosaženo zúžením průtočného profilu přepouštěcími otvory v tělese přehrážky. Vlivem přítomnosti přepouštěcích otvorů dochází od konce vzdutí k sedimentaci splavenin. Retenční přehrážky mají zachycovat hrubozrnné splaveniny přinášené proudem vody z vyšších poloh toku při vyšších než desetiletých průtocích. Tyto splaveniny by se jinak ukládaly v nižších částech toku v úsecích s nižší unášecí schopností vody. Zde by pak mohlo docházet k zaplnění koryta a následným rozlivům vody se všemi negativními důsledky na sídla, komunikace a pozemky. *„Úkolem konsolidačních přehrážek je zvýšit erozi prohloubené dno a zajistit podélný profil potoční tratě.“* (Zuna 2008)

K zvýšení nivelety dna dojde postupným ukládáním splavenin. Rychlost obnovy narušeného koryta je tedy závislá na splaveninovém režimu konkrétního povodí. Je vhodné, aby docházelo částečně i k sedimentaci štěrku a písku. Těleso přehrážky je opatřeno otvory pro převádění normálních průtoků. Pokud by byla průtočná kapacita otvorů malá nebo pokud by došlo k jejich zatarasení splaveninami, začal by se retenční prostor zaplňovat jemnými i hrubými splaveninami. V takovém případě se podle Zuna (2008) zaplní retenční prostor velice rychle, řádově v období několika let. Pokud otvory fungují normálně a dochází k usazování hrubších splavenin, je to období mnohem delší, až několik desetiletí. Je tedy velice důležité podle splaveninového režimu a podle druhu splavenin, které chceme zachycovat, zvolit vhodný druh a uspořádání přehrážky.

Volba druhu přehrážky tedy závisí na konkrétní situaci, ale v základním stavebním uspořádání se jednotlivé druhy neliší. Střední část tělesa přehrážky je tvořena přelivnou sekci. Ta v bocích přechází do bočních křídel, kterými je přehrážka zakotvena do svahů údolí vodního toku. Průtočný profil přelivné sekce je většinou lichoběžníkového tvaru. Přehrážka je často opatřena několika převáděcími otvory situovanými pod přelivnou hranou. Jejich rozměry jsou nejčastěji v rozmezí 0,2 x 0,3 m až 0,3 x 0,4 m (Zuna 2008). V oblasti Krkonoš jsou budovány převážně přehrážky zděné z lomového kamene s použitím cementové malty²⁰.

²⁰ Příklad přehrážky umístěné na horním toku Labe nad Špindlerovým Mlýnem a v korytě řeky Malá Úpa je na obrázku č. 4 a č. 5.



Obrázek č. 4 - Zděná přehrážka v korytě Labe (Špindlerův Mlýn). Foto: autor.



Obrázek č. 5 - Přehrážka na řece Malá Úpa (obec Horní Malá Úpa). Foto: autor.

3.4.2.3 Vzduvací objekty

Zcela jiným druhem staveb než příčné objekty hrazenářských prací jsou vzduvací objekty neboli jezy. Hlavním smyslem budování jezů na řekách v minulosti bylo a i nyní je vzednutí hladiny toku nad objektem a vytvoření zdrže. Jezové vzduvací stavby se budují za nejrůznějším účelem. Nejčastějším cílem je zajištění dostatečné hloubky v místě odběru vody pro různé využití nebo dosažení co největšího rozdílu hladin nad a pod jezem pro využití vodní energie (Broža et al 1998).

Podle způsobu konstrukce se rozlišují jezy pevné a jezy pohyblivé. Jezy pevné se budují stále méně. Pevným jezem nelze ovládat průběh hladiny vody nad jezem, jako materiál je nejčastěji používán beton. U jezů pohyblivých je hradící konstrukce navrhována jako pohyblivá a lze do jisté míry regulovat výšku vzeduté hladiny. Hlavním konstrukčním materiálem pro pohyblivé jezy je u spodní konstrukce beton, u pohyblivé pak ocel (tamtéž)²¹.

²¹ Příklad pohyblivého vzduvacího objektu je na obrázku č. 6.



Obrázek č. 6 – Vzdouvací objekt s pohyblivou hradící konstrukcí v obci Lánov (Malé Labe). Foto: autor.

3.4.3 Ekologické důsledky úprav toků

Vodohospodářské úpravy koryt toků se provádějí již staletí. Z počátku se jednalo zejména o stavby budované za účelem využití vodní energie. Hamry, pily a mlýny postupně hradily toky jezy a odváděly jejich vodu náhony na svá kola. Rozsahy úprav se stávaly postupně velmi časté a významné a krajinu v okolí našich toků nenávratně pozměnily. „Většina z nich ale nepůsobila tvarovou degradací koryt toků a naopak mohla obohacovat údolí o biotopy, vznikající v náhonech a odpadních strouhách. Mlýnské jezy ovšem byly prvními významnými umělými překážkami v migraci vodních živočichů a řada z nich tak působí dodnes. Již u starých mlýnů také docházelo k nadměrnému odběru vody z hlavních koryt, které tak bylo poškozováno rybářsky i všeobecně ekologicky.“ (Just 2005)

Při plavení dřeva po horských tocích se objevují první podélné úpravy toků. Proti dnešním i minulým úpravám byly tyto zásahy skromné. Odstranění překážejících skalek a kamenů v korytě však již nastartovalo proces ochuzení naší krajiny, který lze nazvat ztrátou geodiverzity (Just podle Cílek 2005). Asi největší

rozvoj vodohospodářských úprav přichází po velké „zemské“ povodni v roce 1890. „Tyto úpravy vycházely z doktríny souvislého zkapacitnění sítě vodních toků za účelem rychlého odvádění vody. Na protipovodňové regulace navázaly zemědělské úpravy drobných vodních toků, umožňující funkci plošných odvodňovacích soustav. Z krajiny se začaly ztrácet potoky a říčky a jejich místo zaujímaly upravené vodní toky, svodnice a kanály.“ (Just 2005)

Negativní dopady nevhodně provedených technických zásahů na vodní a zvodněné prostředí rozděljuje Just (2005) na aspekty vodohospodářské a na aspekty ekologické. Samotná poškození dělí na ztrátu rozsahu, členitosti a stability. Příklady poškození vodního a zvodněného prostředí nevhodnými technickými úpravami popisuje tabulka č. 1.

Tabulka č. 1 - Příklady poškození vodního a zvodněného prostředí nevhodnými technickými úpravami (Zdroj: Just 2005)

Druh poškození	v aspektu vodohospodářském	v aspektu ekologickém
ZTRÁTA ROZSAHU	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zmenšení množství vody v korytech ➤ zbytečné odvádění zásob mělkých podzemních vod ➤ zúžení potočních a říčních pásů ➤ redukce ploch pro přirozený rozliv povodní 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ likvidace biotopů koryta a jeho okolí ➤ zmenšení aktivního omočeného povrchu koryta
ZTRÁTA ČLENITOSTI	<ul style="list-style-type: none"> ➤ zmenšení drsnosti koryta a zkrácení tras - zrychlení odtoku ➤ zmenšení členitosti hloubek a rychlosti proudění 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ztráta stanovišť a úkrytů vodních živočichů ➤ ztráta biodiverzity
ZTRÁTA STABILITY	<ul style="list-style-type: none"> ➤ oslabení schopnosti niv zmírňovat nedostatky a přebytky vody ➤ odvodnění půd - jejich následná mineralizace - zhoršení vodohospodářských vlastností půd ➤ destabilizace koryt narušením přirozeného vývoje podélného profilu a příčných průřezů toku (uměle vytvořená místa rychlého proudění jako iniciační body hloubkové eroze) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Destabilizace společenstev vodních živočichů omezením možností pro migrace (překážky v korytech)

Návrh potočního koryta při úpravách vychází z návrhového průtoku velké vody. *„Průtokové poměry v upraveném korytě a splaveninový režim toku pak vyhovují stavu, který reálně trvá za celou dobu životnosti stavby, což je obvykle 30 až 60 let, jen několik desítek hodin. Přitom limitují životní podmínky v toku a jsou z hlediska ekologických požadavků nevhodné.“* (Zuna 2008) Jedním ze způsobů úprav potočních koryt je změna trasy, jež se vyrovnává a zkracuje. Zvětšením podélného sklonu se následně zrychluje proudění vody. Již to má negativní vliv na potoční biotop i na vodohospodářskou bilanci povodí.

Při úpravě se přistupuje též k vyrovnání koryta v podélném i příčném směru, mizí tůň a přirozené výmoly. Nový profil koryta se stabilizuje opevněním, které zamezí dalšímu přirozenému vývoji. Zvětšení průtočné kapacity je realizováno úplnou přestavbou koryta na prizmatický průtočný profil s minimální členitostí. Opevnění břehů i dna vnáší do koryta nepřirozený materiál, který nahradí oživenou dnovou vrstvu přirozených splavenin (tamtéž).

3.4.3.1 Samočisticí schopnost toku

Uvedené stavebně technické zásahy ovlivní nejen bohatost biodiverzity vodních ekosystémů fatální změnou prostředí různých druhů živočichů, ale skrze ně například i samočisticí schopnost konkrétního toku. *„Samočištění, tedy přirozené procesy odstraňující z vod znečišťující látky, jsou zásadním způsobem závislé na biologických procesech. V potocích a řekách samočištění závisí zejména na složení a biomase biocenózy, na rychlosti proudění a na hloubce vody. Tedy: pestré společenstvo s vysokou biomasou zajišťuje v podmínkách nepříliš rychlého proudění a nízkého vodního sloupce nejvyšší účinnost samočisticích procesů (...) vysoká biomasa pestrého společenstva je podmíněna existencí hyporeálu, do něhož se může infiltrovat co největší podíl protékající vody.“* (Duras 2010)

Z tohoto pohledu znamená kupříkladu napřímení koryta (a tedy i zvýšení rychlosti proudění, zkrácení délky toku a unifikace koryta) omezení pestrosti biotopů, stability biocenóz a objemu biomasy. Silně se naruší komunikace povrchové a mělké podzemní vody a tím i infiltrace do hyporeálu. Zahloubení koryta snižuje možnost infiltrace vody do říční nivy a také nedochází ke každoročním rozlivům, čímž odpadá možnost zachycení unášených materiálů říční nivou. K absolutní eliminaci hyporeálu vede opevnění koryta (tamtéž). Jak uvádí

Komínková (2007), opevněná urbanizovaná koryta způsobují také nárůst teploty vody a zvýšený výskyt toxických řas.

Hodnota samočisticích schopností toku je přitom nedocenitelná. I přes rapidní zlepšení kvality odpadních vod je i nadále obrovským problémem eutrofizace, tedy obohacování vod živinami. Především fosfor svou přítomností ve vodě umožňuje masový rozvoj sinic se všemi negativními důsledky pro vodárenské zdroje i rekreační vody. Druhým problémem v čistotě vod je zatížení zbytky pesticidů, léčiv a chemikálií používaných v domácnosti. Tyto látky procházejí ať již více nebo méně přes čistírny odpadních vod, vstupují do potravních řetězců a mají negativní dopad na celé biocenózy (Duras 2010). *„Obecně platí, že každou látku lze rozložit, pokud máme k dispozici patřičné mikroorganismy a čas. Dostatečně pestré společenstvo organismů o vhodné biomase může zajistit pouze vodní tok s dobrou hydromorfologií, kde není odtok vody nijak zrychlován a kde podíl vody vyměňované s okolní nivou je vysoký a hyporeál je dobře vytvořen.“* (tamtéž)

3.4.3.2 Migrační prostupnost

Rozsáhlým a také mnohem známějším problémem úprav vodních toků je, jak bylo zmíněno výše, omezení migrační prostupnosti, přičemž se v našich podmínkách nejedná zdaleka jen o ryby. Jak vysvětluje Zuna (2008), přírodní ekosystém vázaný na vodní tok spoluvytváří celá řada dalších živočichů a schopnost většiny vodní fauny pohybovat se ve vodním toku, zejména proti proudu vody, je velice omezena. Migrace jsou ale jedním z jejich základních životních projevů. Z nižších živočichů mohou kupříkladu ploštěnky lézt i plavat po proudu a migrační překážky mohou prolézat nebo přelézat po nakloněné rovině. Larvy vodního hmyzu využívají při pohybu proti proudu drsné šikmé plochy a průchody v proudových stínech, ale nejsou schopné překonat ani nízké překážky. Plži mohou přecházet přes šikmou plochu s mírným proudem nebo po mokré šikmé ploše mimo prostor vody. Mlži nepřekonají žádnou migrační bariéru. Raci jsou schopni překonat překážku jen do výšky 0,3 m a jsou schopni průchodu drsným otvorem s mírným proudem (Zuna 2008).

Hanel a Lusk (2005) pak podle účelu migrace vymezují tři základní skupiny ryb. Druhy, které prožijí většinu života v mořích a do sladkých vod migrují za účelem rozmnožování, se nazývají druhy anadromní. Z našich zástupců je to kupříkladu mořská forma pstruha obecného (*Salmo trutta* m. *trutta*) nebo losos obecný (*Salmo salar*). Druhy s opačným životním cyklem, tzn. ty, které se rozmnožují v moři a

většinu života stráví ve sladkých vodách, označujeme jako katadromní. Do této skupiny náleží např. úhoř říční (*Anguilla anguilla*). Třetí skupinou jsou druhy potamodromní. Potamodromní druhy ryb podstupují pouze lokální migraci různé délky. Tyto druhy ryb jsou u nás zdaleka nejčetnější a patří k nim pstruh obecný formy potoční (*Salmo trutta* m. *faio*), parma obecná (*Barbus barbus*), podoustev říční (*Vimba vimba*), mník jednovousý (*Lota lota*) a další.

Důvody pro migraci jsou různé, konkrétně lze vymezit důvody třecí, potravní, sezónní a kompenzační (Hanel, Lusk 2005). Třecí migrace znamená hledání vhodného substrátu a fyzikálních a chemických vlastností vody pro uložení a vývoj jiker. Při potravní a sezónní migraci mění ryby své stanoviště v souvislosti s různě příhodnými podmínkami v průběhu roku v různých částech toku. Důvodem může být hledání potravy (potravní migrace) nebo třeba míst s vyšším obsahem kyslíku. Málo známá, ale velice důležitá je migrace kompenzační. Kompenzační migrace přichází nejčastěji po extrémních průtocích, které vyplaví velkou část rybí obsádky z výše položených partií toku. Po návratu stavu vody do normálu dojde podle možností k opětovnému rozmístění po délce toku (tamtéž). Na tuto problematiku byl zaměřen například výzkum v povodí řeky Odry prováděný v souvislosti s povodněmi v červenci 1997. Výsledky ukazovaly, že již měsíc po zvýšených průtocích byly stavy tamní ichtyocenózy v podstatě v normálu (Lojkásek et al 2005). Velmi ovšem záleží na skutečnosti, jaké jsou migrační podmínky na daném povodí.

Migrační prostupnost je důležitá především pro méně početné druhy ryb. Ty jsou dnes izolovány do mikropopulací a nejsou schopné dlouhodobé samostatné existence (Just 2005). Takovéto populace jsou bez možnosti vzájemného styku náchylné k zániku. Důvodů je několik, jednak jsou malé populace mnohem náchylnější k vyhynutí už ze samostatné podstaty jejich malé početnosti, dále zde také při dlouhodobém znemožnění vzájemné komunikace populací dochází k příbuzenskému křížení a následné inbreedingové depresi. Inbreedingová deprese vede mimo jiné k celkovému poklesu zdatnosti jedinců v populaci (Flegr 2009).

Jednotlivé druhy ryb se ve schopnosti překonávat překážky v toku navzájem liší. Tato schopnost odpovídá prostředí, v němž ryby žijí a kterému jsou evolučně přizpůsobeny. Překážky ryby překonávají buď proplutím, nebo skokem (Just 2005). „Je možné říci, že většina našich rybích druhů s výjimkou pstruha a lososa (větší jedinci pstruha potočního mohou zdolat výškový rozdíl až 1 m, pro většinu pstruhů je však nepřekonatelný již stupeň o výšce 0,7 m) zdolává překážky především proplouváním, některé druhy vyloženě nejsou skoku schopny.“ (Just 2005) Bariéry

pro pohyb ryb a ostatních živočichů v toku představují hlavně příčné stavby a vzdouvací objekty, ale také místa s nedostatečnou hloubkou vodního sloupce.

4 Analytická část

4.1 Metodika diplomové práce

4.1.1 Metodika sběru dat

Diplomová práce je založena na terénním průzkumu vodních toků ležících na území Krkonošského národního parku. Terénní průzkum jsem prováděl formou pochůzky po celé délce vybraných toků v období od června do listopadu 2010.

Pro průzkum byly vybrány toky podle dvou kritérií. Prvním kritériem výběru byla velikost toků, konkrétně jejich zařazení do 3. či vyššího řádu podle Strahlerova hierarchického uspořádání říční sítě. Toky třetího a vyššího řádu postihují dostatečně velkou část povodí. Druhé kritérium bylo umístění řek na území Krkonošského národního parku. Do konečného výběru se dostaly hlavní toky a přítoky třech nejvýznamnějších krkonošských řek, konkrétně Jizery, Labe a Úpy²².

- **Povodí Jizery** – Cedron, Františkovský potok, Huťský potok, Jizera, Jizerka, Kozelský potok, Mumlava, Roudnický potok, Rýžovištní potok, Vejpálický potok;
- **Povodí Labe** – Bělá, Bílé Labe, Bílý potok, Bolkovský potok, Čistá, Husí potok, Kotelský potok, Labe, Malé Labe., Pekelský potok, Sovinka, Svatopeterský potok, Vápenický potok, Zrcadlový potok;
- **Povodí Úpy** – Alběřický potok, Babský potok, Janský potok, Javoří potok, Jelení potok, Kalná, Lysečinský potok, Malá Úpa, Sněžný potok, Úpa, Zelený potok, Zlatý potok.

Celková délka vybraných toků je 271 km²³. Na tocích byl zaznamenáván charakter toku včetně stupně úpravy koryta, dále na nich byla evidována poloha a stav příčných objektů. Pro popis jednotlivých toků byla využita část převzaté metodiky, vytvořené nevládní organizací Daphne, za účelem monitoringu toků s potenciálním výskytem vranky obecné (*Cottus gobio*) a mihule potoční (*Lampetra planeri*). Tato metodika je založena na Šindlarově zjednodušené metodice určené k podpoře činnosti AOPK v oblasti hodnocení zásahů do vodních toků a údolních niv.

²² Viz mapa č. 1.

²³ Celková délka toků v KRNAP je 749 km (podle GIS analýz autora).

Na zvolených tocích byly sledovány a zaznamenávány následující charakteristiky a ukazatele:

- 1) úprava koryta
- 2) okolí toku
- 3) pobřežní vegetace
- 4) příčné objekty

4.1.1.1 Úprava koryta

Parametr úpravy koryta byl rozdělen do třech kategorií:

- bez úprav (hodnota 0)
- částečné omezení úkrytové kapacity (hodnota 1)
- destrukce úkrytové kapacity (hodnota 2)

Parametr úprava koryta je podstatný z hlediska ekologických vlastností konkrétního úseku toku. **Hodnotou 0** je označován pouze úsek bez viditelných technických zásahů nebo úsek kvalitně revitalizovaný. Takový úsek nejeví známky stavebně technických úprav koryta. Koryto je blízké přirozenému stavu²⁴ s velkou heterogenitou břehů i dna, vodní proud je v různých částech koryta rozdílný a koryto se může tvarově vyvíjet.

Kategorie 1 a 2 jsou používány v případě viditelných technických zásahů. **Hodnota 1** je úseku přiřazována kupříkladu při úpravě jedné strany koryta, typicky v souběhu s komunikacemi či zástavbou. Substrát dna je přirozený a dno není opevněné nepoddajnou úpravou (či taková úprava je pouze pomístní), takže se může do jisté míry vyvíjet. Nicméně například proudové poměry a kapacita úkrytů pro biotu je již ovlivněna.

Hodnotou 2 je úsek ohodnocen například při zkapacitnění koryta toku za účelem převedení povodňových průtoků do nižších tratí. Opevnění je provedeno nepoddajnou dlažbou na dně koryta i jeho březích, či je úsek kanalizován za použití betonových prefabrikátů, nebo dokonce zatrubněn. V úseku takto upraveném je absolutní absence úkrytových kapacit, není vytvořena oživená dnová vrstva, proud je homogenní v celé šířce koryta a za nižších vodních stavů může tento úsek nízkým vodním sloupcem představovat migračně neprostupnou překážku.

²⁴ Viz kapitola 3.2 Vodní tok jako ekosystém.

4.1.1.2 Okolí toku a pobřežní vegetace

Protože vodní tok v ekosystému krajiny neznamena pouze samotnou hydrologickou síť, ale i pobřežní vegetaci břehových porostů a přilehlou nivu, byly sledovány i ukazatele okolí toku a břehová vegetace. Parametr okolí toku dělí části toku podle charakteru krajiny v jeho blízkost do čtyř kategorií:

- úseky s hustou okolní zástavbou (hodnota 0)
- úseky s roztroušenou zástavbou (hodnota 1)
- úseky pouze s doprovodnou infrastrukturou (hodnota 2)
- volná krajina v okolí toku (hodnota 3)

Takový soubor informací je vhodný nejen pro rozšíření charakteristiky ekologického stavu toku, ale i proto, že jsou jiné nároky na údržbu koryt vzhledem ke způsobu využití jeho blízkého okolí. V kombinaci těchto informací a informací o úpravách koryta lze vybrat místa, kde je možné usilovat alespoň o minimální zlepšení ekologického stavu. V husté zástavbě měst a obcí je prioritou ochrana před povodněmi. Ale v situacích, kdy zástavba není příliš hustá a obytné ploch nepřisedají přímo k toku, je možné v mnoha případech řešit koryta intravilánů lépe. Je zde určitý prostor pro poskytnutí členitosti, nezbytné pro uchování či obnovení základních ekologických funkcí a lepšího vzhledu (Just 2005)

Pobřežní vegetace byla určována pouze v bezprostřední blízkosti toku, kde ovlivňuje například i stabilitu břehů a zastínění toku. Byly určeny následující kategorie břehové vegetace v úsecích:

- traviny, byliny
- les
- zapojený doprovodný porost dřevin
- zapojená linie dřevin
- dřeviny řídkce
- kompaktní antropogenní úprava

Základem mapování je určení homogenních profilů popsaných výše uvedenými parametry. Takto charakterizované homogenní profily byly vymezeny pomocí přístroje GPS a vyfotografovány.

4.1.1.3 Příčné objekty

Terénní mapování příčných objektů bylo prováděno podle stejné metodiky, u příčných bariér byly sledovány následující charakteristiky:

- výška příčného antropogenního objektu (výška je zaznamenávána s přesností zhruba na 0,1 m, v případě soustavy prahů s malými rozestupy byla zaznamenána výška nejvyššího prahu)
- technický stav objektu, který je charakterizován hodnotami 0, 1 a 2 (hodnota 0 označuje objekt zničený, hodnota 1 poškozený a hodnotou 2 jsou označeny stavby bez viditelného poškození)
- opatření objektu rybím přechodem (přítomnost rybiho přechodu symbolizuje hodnota 1, jeho nepřítomnost pak hodnota 0)

Poloha příčného objektu byla vždy zaznamenána pomocí GPS přístroje a konkrétní objekt byl vyfotografován.

4.1.2 Metodika zpracování dat

Tímto způsobem určené homogenní profily byly v programu ArcGIS 9.3 přeneseny do liniové vrstvy toků třetího řádu. Terénní záznamy charakteristik úseků byly přepsány do atributových tabulek jednotlivých úseků²⁵ liniové vrstvy a tím připraveny pro další analýzy. Každý z parametrů má v atributové tabulce podle potřeby přidělen jeden nebo více řádků. Při převodu dat do atributových tabulek liniové vrstvy v programu ArcGIS byl pro jednotlivé parametry záznam prováděn způsobem, který popisují v následujících odstavcích.

Konkrétní záznam je převeden na číselnou stupnici, a to buď binární, tzn. pravda/nepravda (1/0), nebo vícestupňovou (1, 2, nebo 3 atd.).

Parametr úpravy koryta má v atributové tabulce přidělen jeden řádek, který nabývá hodnot 0, 1, nebo 2 podle výše popsaného kódování.

Úsekový parametr okolí toku je v atributové tabulce úseku zanesen také jako jeden řádek, ten může být obsazen hodnotou 1, 2, 3, nebo 4, jak je vysvětleno výše.

²⁵ Úseky byly vytvořeny podle terénních záznamů z přístroje GPS

Parametr pobřežní vegetace má přidělen šest řádků atributové tabulky. Každý z nich nabývá však pouze hodnot 1/0 podle absence či přítomnosti daného typu vegetace v bezprostřední blízkosti koryta.

Ukazatel okolí toku nabývá v jednom řádku atributové tabulky hodnot 1, 2, nebo 3.

U jednotlivých příčných objektů byla jejich pozice zaznamenaná pomocí GPS přístroje přenesena do programu ArcGIS 9.3 jako bodová vrstva ve formátu shapefile. Zaznamenané parametry byly opět přepsány do atributových tabulek jednotlivých bodů stejným způsobem jako parametry profilů toku v atributových tabulkách liniové vrstvy.

4.2 Výsledky

4.2.1 Charakteristika úprav toků v oblasti KRNP

4.2.1.1 Úpravy příčného profilu koryta

Charakter příčného profilu toků byl evidován pomocí parametru **úpravy koryta**. Na sledovaných tocích o celkové délce 271 km bylo zaznamenáno 87,2 km úseků s viditelně upraveným korytem²⁶. Z toho bylo 78,1 km toku ohodnoceno jako částečně upravené z hlediska úkrytových kapacit (částečné omezení úkrytové kapacity), což je téměř 29 % z celkové délky sledovaných toků, a 9,1 km, tedy 3,4 %, jako úseky s destrukcí úkrytové kapacity²⁷.

Rozdílný charakter úseků označených jako „omezení úkrytů“ a „destrukce úkrytů“ spočívá v intenzitě či rozdílném provedení stavebně technických úprav. Části toků hodnocené jako úseky s destrukcí úkrytové kapacity byly nejčastěji upraveny na koryta neměnného prizmatického tvaru se stabilizací břehů i dna provedenou hladkým nepoddajným opevněním a u menších toků také koryta kanalizovaná za pomoci betonových prefabrikátů. Příčný profil je homogenní v dlouhých úsecích, koryto postrádá členitost a proudové stíny. Tyto druhy úprav se ve velké většině případů nacházejí v intravilánech obcí²⁸, při průtoku nějakým průmyslovým areálem, nebo v tratích toku přilehlých ke vzdouvacím objektům. Taková úprava má většinou chránit konkrétní úsek toku před dopady povodňových situací.

Extrémními případy jsou zatrubněná koryta. Tato z ekologického hlediska velice nevhodná úprava je často použita při budování dojezdové části sjezdovek a parkovišť přilehlých ke skiareálům, různým rekreačním objektům a v centrálních částech obcí.

Mnohem větší část úseků (29 %) je ohodnocena jako omezení úkrytové kapacity. Tyto úseky byly nejčastěji doprovázeny komunikací a opěrná zeď spadající až do koryta tvořila jeden z břehů toku²⁹. Dalším případem jsou opěrné zdi a opevnění erodovaných břehů. V některých případech byl za úsek s částečným omezením úkrytové kapacity označen takový, u kterého došlo postupem času k převážné destrukci opevnění, náletu dřevin a sedimentaci splavenin.

²⁶ Zaokrouhlováno na stovky metrů.

²⁷ Bilance úprav na jednotlivých povodích je v tabulce č. 2, úpravy koryt jednotlivých sledovaných toků jsou zaznamenány v tabulce č. 3 v přílohách a na mapě č. 2.

²⁸ Příklad úseku s destrukcí úkrytové kapacity v obci Černý Důl je na obrázku č. 7.

²⁹ Příklad úseku s částečným omezením úkrytové kapacity opěrnou zdí silnice je na obrázku č. 8.



Obrázek č. 7 - Příklad úseku s destrukcí úkrytové kapacity v obci Černý Důl (Čistá).

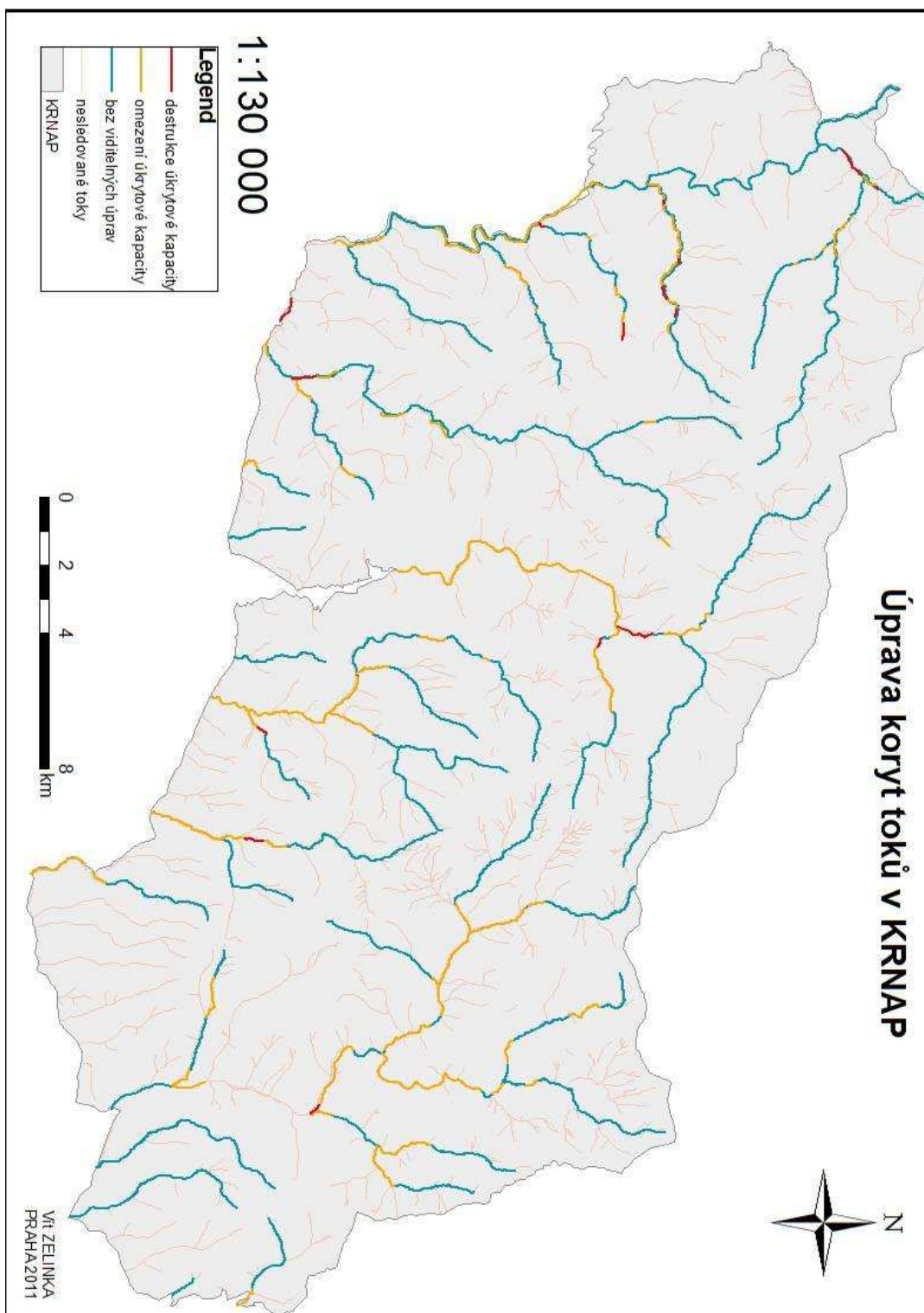
Foto: autor.

Tabulka č. 2 - Přehled úprav (omezení úkrytových kapacit) na jednotlivých povodích

povodí	délka (km)	úpravy koryta			
		úseky s omezením úkrytové kapacity		úseky s destrukcí úkrytové kapacity	
		Km	%	Km	%
Jizera	98,1	21,9	22,4	4,3	4,4
Labe	94,6	30,6	32,4	2,4	2,5
Úpa	78,2	25,5	32,6	0,4	0,5

Jistý vliv na celkový charakter úseku má také kromě opevnění koryta materiál dna. V některých případech i při nepoddajném opevnění dna byl vlivem velké energie vodního proudu tok zanesen splaveninami o různé hrubosti, až do velikosti 45 cm. Tyto nánosy částečně zlepšují ekologické vlastnosti úseku ale jejich mobilita je příliš velká a oživená dnová vrstva se prakticky nevytváří. V některých úsecích je také usazování splavenin z pohledu ochrany proti povodním nežádoucí a úsek je občas čištěn. To platí opět zejména pro intravilány obcí.

Mapa č. 2 – Úpravy koryt monitorovaných toků





Obrázek č. 8 - Omezení úkrytové kapacity opěrnou zdí silnice (Labe). Foto: autor.

4.2.1.2 Příčné objekty

Při monitoringu toků byla zaznamenána poloha 237 příčných objektů. Jejich konkrétní poloha na jednotlivých tocích je zanesena v mapě č. 3 v přílohách. V tabulce č. 4 je zaznamenán počet pozorovaných příčných objektů v jednotlivých sledovaných povodích.

Tabulka č. 4 - Příčné bariéry na jednotlivých povodích

Povodí	délka (km)	příčné bariéry podle výšky		
		do 0,6 m	do 1 m	nad 1 m
Jizera	98,1	14	11	25
Labe	94,6	1	27	113
Úpa	78,2	8	10	28

Příčné bariéry jsou v tabulce rozděleny do třech skupin podle výšky. První skupinou jsou překážky do výšky 0,6 m. Překážky této výšky může za určitých okolností překonat pstruh potoční průměrné velikosti. Překážky vyšší než 0,6 m a do výšky maximálně 1 m jsou druhou skupinou. Překážky o dané výšce jsou schopni překonat z našich ryb pouze větší jedinci pstruha potočního, pomineme-li lososa, který se na těchto tocích nevyskytuje³⁰. Třetí skupinu tvoří překážky nad 1 m, ty lze hodnotit jako nepřekonatelné za běžných okolností. Z tabulky je patrné, že většina příčných překážek je ve druhé a třetí skupině. Z tohoto pohledu se tedy jeví krkonošské toky jako velice migračně nespojitě a neprůchodné pro valnou část zástupců naší ichtyofauny.

Zaměříme-li se na vybavenost objektů rybími přechody, zjistíme, že z celkového počtu 166 objektů, které lze ohodnotit jako neprůchodné, je rybím přechodem opatřeno pouze pět z nich. Čtyři objekty, které mají zbudovaný rybí přechod, se nacházejí na řece Jizeře a jeden na řece Jizerce (povodí Jizery). Jejich funkčnost je ale různá. Rybí přechody na vzdouvacích objektech v Horní Sytové, Poniklé a Jablonci nad Jizerou byly v době monitoringu nefunkční.

Z mapy č. 3 je dobře vidět, že intenzita úprav, při kterých byly zbudovány příčné objekty, je na jednotlivých sledovaných povodích různá. Nejvíce objektů se nachází v povodí řeky Labe (konkrétně 141). V povodí Jizery a Úpy bylo zaznamenáno podobné množství objektů (50 a 46). Výrazně větší zastoupení v povodí Labe je způsobeno intenzivními protipovodňovými úpravami. Povodí Labe v Krkonoších je velice náchylné ke vzniku povodňových situací a s protipovodňovými úpravami toků se zde započalo již na sklonku 19. století. Nejmhutnější z labských protipovodňových staveb je vodní nádrž Labská, která byla dokončena roku 1914 a je vysoká přibližně 40 m (Štursa 1983).

Velká část labských příčných objektů se nachází přímo v intravilánu obce Špindlerův Mlýn jako součást hladce opevněného koryta³¹. Jedná se o typickou kombinaci hladce zpevněného koryta doplněného o stupně a prahy. Smyslem hladce upravených a zahloubených koryt je neškodné převedení povodňových průtoků a zabránění odnosu a usazování splavenin. Hrubá úprava proti vodnímu proudu zpomaluje a mohlo by dojít k rozlivu mimo koryto, proto se intravilánech obcí většinou přistupuje k realizaci koryta s hladkým opevněním. Energie vodního proudu se ale v takovém úseku zvyšuje³² a v nižších částech toku může způsobit

³⁰ Viz kapitola 3.4.3.2 Migrační prostupnost.

³¹ Hladce opevněné koryto s prahy v intravilánu obce Špindlerův Mlýn je na obrázku č. 9.

³² Viz kapitola 3.4.2.1 Úpravy trasy a příčného profilu toku.

nebezpečné jevy, proto je nutné hladce opevněná koryta doplňovat příčnými objekty, které energii vody tlumí. Tento druh úpravy je v různé intenzitě proveden ve velké většině krkonošských obcí, kde hustá zástavba přiléhá přímo k toku³³. Příkladem může být Rokytnice nad Jizerou, Černý Důl či Pec pod Sněžkou.



Obrázek č. 9 - Hladce opevněné koryto s prahy v intravilánu obce Špindlerův Mlýn (Labe). Foto: autor.

Rozsáhlé soustavy příčných protipovodňových objektů jsou již od konce 19. století provedeny v nejvyšších částech Bílého Labe nad Špindlerovým Mlýnem. Jsou to hlavně kamenné stupně o výšce 2 – 3 m budované, podobně jako hrazení na Čertově strouze³⁴, z nasucho kladených kamenů³⁵.

Hrazenářské práce v takto vysokých polohách jsou prováděny na tocích, u kterých vzhledem k místním krajinným podmínkám vznikají rychlé povodně ohrožující obce níže po proudu. Prameniště těchto potoků se nachází v nejvyšších partiích pohoří, kde je pokrytí vegetací velice malé, převládá bezlesí, klečové

³³ Viz obrázek č. 1.

³⁴ Podrobněji v kapitole 3.4.1 Příčiny a historie úprav toků.

³⁵ Příkladem je kamenný stupeň v korytě Bílého Labe na obrázku č. 10.

porosty a retenční schopnost půd je zde mizivá. Trasa toku je často přímá s velice vysokým sklonem a koryto je hluboce zařízlé v údolí ve tvaru písmene V. Podobné přírodní podmínky a stejný druh úprav (příčné objekty v nejvyšších částech toku) lze hledat ještě na Svatopeterském potoce, Malém Labi a Kotelském potoce nad obcí Dolní Dvůr. Zcela jiné podmínky panují například na Labi a Úpě. Oba tyto toky sice také pramení v nejvyšších částech hor, ale již na vodopádech Obřího a Labského dolu ztrácejí velkou část energie a charakter ledovcového údolí s přítomnou rozsáhlou nivou umožňuje tlumivé rozlivy ještě nad zastavěným územím Špindlerova Mlýna a Pece pod Sněžkou. Proto, jak je patrné z mapy č. 3, nebylo v nejvyšších částech Labe a Úpy nutné tak rozsáhlé budování příčných tlumících objektů.

Je třeba konstatovat, že technické příčné stavby v takto vysoko položených částech toku (Bílé Labe, horní část Malého Labe a Kotelský potok) mají mnohem menší dopad na migrační prostupnost toku než podobné stavby v nižších částech povodí nebo technické vzdouvací objekty. V korytech horských potoků těchto oblastí je totiž obvyklá vysoká stupňovitost a tyto úseky jsou často přirozeně neprůchodné. S ohledem na způsob provedení (na sucho kladené kameny z místních zdrojů) není ani negativní krajinnotvorný efekt příliš velký.

Jako největší problém v migrační prostupnosti krkonošských toků se jeví vzdouvací objekty nejrůznějších průmyslových areálů. Stavby tohoto druhu jsou totiž budovány většinou v nižších částech větších řek, jejich průchodnost je často vyloučena a tím způsobují „odříznutí“ velkých úseků daných toků. Nicméně i spádové objekty protipovodňových soustav ve středních částech povodí mohou být problematické například při kompenzační migraci po extrémních průtocích³⁶.

Jedním ze sledovaných parametrů příčných objektů byl i jejich technický stav. Pro potřebu sledování technického stavu byla, jak bylo popsáno v metodické části práce, stanovena třístupňová škála. Zničený příčný objekt byl znamená pouze jeden, a to na Kotelském potoce v povodí Malého Labe. Jednalo se o protržený stupeň budovaný z dřevěné tyčoviny. Poškozených objektů bylo zaznamenáno celkem 21. Z toho třináct ve sledovaném povodí řeky Jizery, sedm na tocích náležících k povodí Labe a pouze jedno poškozené dílo v povodí Úpy. Lze tedy shrnout, že příčné spádové objekty v povodích krkonošských toků jsou v dobrém technickém stavu a pečlivě udržovány.

³⁶ Viz kapitola 3.4.3.2 Migrační prostupnost.



Obrázek č. 10 - Kamenný stupeň v korytě Bílého Labe. Foto: autor

4.2.2 Charakter okolí sledovaných toků

První ze čtyř vymezených způsobů využití okolí toku je hustá zástavba, která přiléhá k samotnému toku a průběh koryta je okolnímu prostředí plně podřízen. Prioritou je zde ochrana před nepříznivými dopady povodňových událostí. Takto je využito 4,6 % přilehlého okolí v povodí řeky Jizery, 9,1 % v povodí Labe a 5,6 % z celkové délky toků náležících k Úpě.

Roztroušená zástavba obklopuje u těchto povodí 40 % u Labe, 43,1 % u Jizery a 45,4 % u Úpy. Pokud sečteme úseky obklopené hustou a roztroušenou zástavbou, tvoří tento způsob využití okolí kolem 50 % z celkové délky každého ze třech sledovaných povodí.

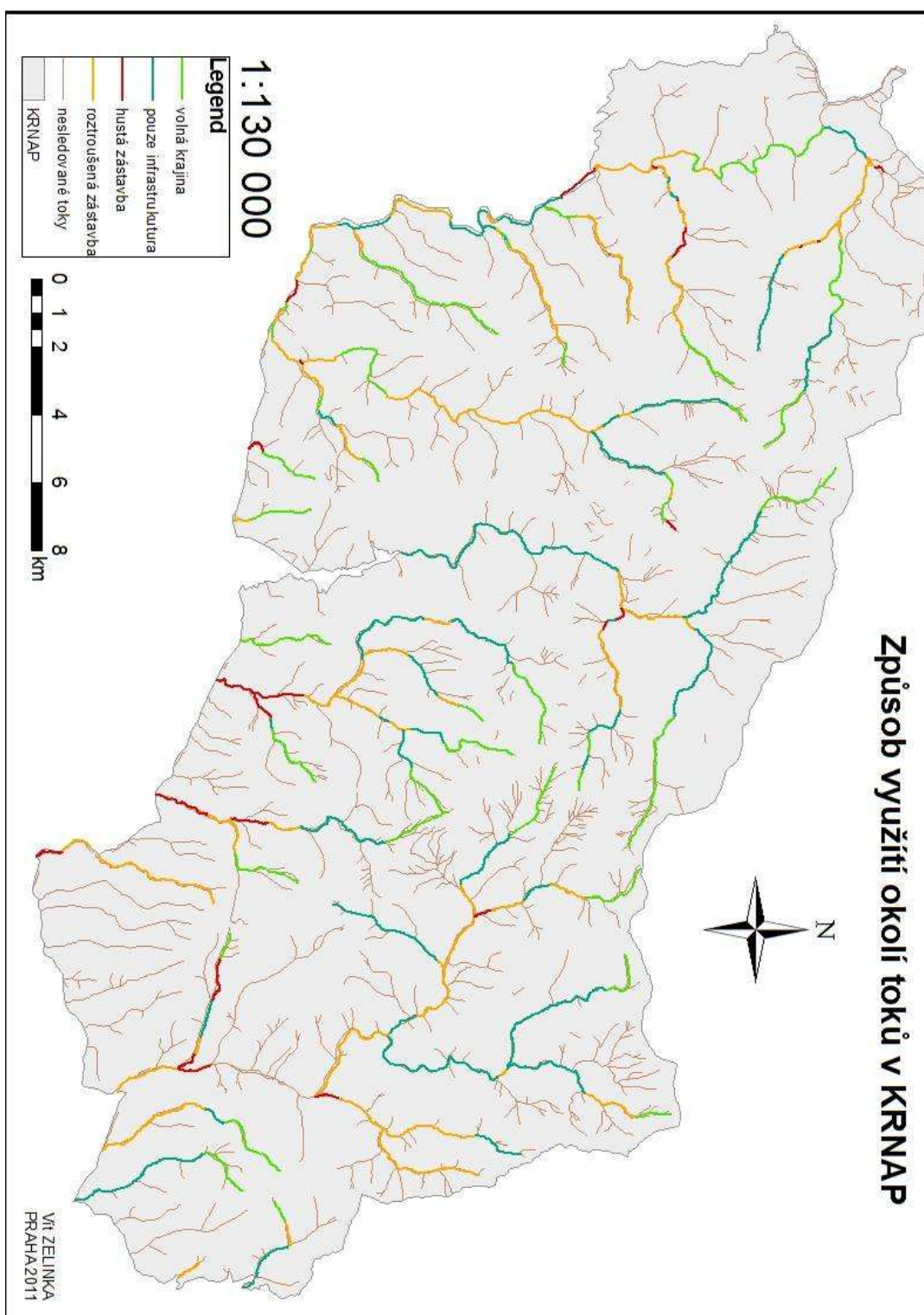
Úseky doprovázené infrastrukturou tvoří 18,8 % z celkové délky povodí Labe, 23,9 % z délky povodí Jizery a 31,6 % z délky toků náležících k povodí Úpy. Tyto úseky jsou často charakteristické jednostranným stavebním zásahem do toku. Jsou to buď přímo opěrné zdi dopravní stavby, nebo protierozní úpravy na svazích pod komunikací.

Volná krajina jako okolí toku je nejméně zastoupena v povodí řeky Úpy, kde činí pouze 17,4 %. Navzájem podobně jsou na tom v tomto ohledu řeky v povodí Labe a Jizery. Zde doprovází volná krajina 32,1 % a 28,4 % délky povodí. Výsledky monitoringu okolí sledovaných toků jednotlivých povodí jsou shrnuty v tabulce č. 5. Grafické znázornění částí toků s různým druhem okolí je na mapě č. 4.

Tabulka č. 5 – Výsledky monitoringu okolí toků

povodí	délka (km)	okolí toku (km)			
		hustá zástavba	roztrošená zástavba	pouze infrastruktura	volná krajina
Jizera	98,1	4,5	42,3	23,4	27,9
Labe	94,6	8,6	37,8	17,8	30,4
Úpa	78,2	4,4	35,5	24,7	13,6

Mapa č. 4 – Okolí toků v KRNAP



4.2.3 Charakteristika břehové vegetace

Doprovodná břehová vegetace je v diplomové práci popsána dvěma způsoby. Na sledovaných úsecích byl jednak zaznamenáván charakter doprovodné vegetace jako jedna z vymezených skupin vegetačního doprovodu, a za druhé je zde uveden celkový soupis pozorovaných druhů a druhů příslušných svazů podle Chytrého (2001). Zastoupení vymezených druhů doprovodné vegetace na tocích jednotlivých povodí je rozepsáno v tabulce č. 6. Grafické rozdělení břehové vegetace jednotlivých toků je pak patrné z mapy č. 5. Taxonomický soupis příslušných dřevin a bylin je v tabulce č. 7 a 8 v přílohách.

Kategorie **zapojený porost dřevin** v břehových partiích toků představuje nivní enklávy a husté remízky. Jedná se například o porosty typu horských olšin s olší šedou, či údolní jasano-olšové luhy. Zastoupení tohoto druhu vegetačního doprovodu je u povodí Jizery a Labe podobné, což je patrné z tabulky č. 7. Více se nachází v povodí Úpy, kde tvoří více než 23 %. Kategorie **dřeviny řídkce** má obsáhnout úseky s roztroušeným porostem dřevin kolem toku. To je, společně s kategorií linie dřevin, časté například v zemědělské krajině nebo naopak v nejvyšších bezlesých částech pohoří. V této kategorii je výrazně méně zastoupeno povodí Jizery (8,1 km), kde převládá les a jsou zde i poměrně dlouhé úseky kompaktní antropogenní úpravy.

Linie dřevin jako doprovod toku je častější v povodí Úpy (16 km), kde tvoří 20 %. Jak již bylo popsáno výše, je tento druh doprovodné vegetace nejčastější v zemědělské krajině. Ale i v úsecích s okolní zástavbou je linie dřevin doprovázející tok poměrně častá. **Les** je nejběžnějším vegetačním doprovodem v povodí Jizery (více jak 50 % z celkové délky povodí). Na ostatních povodích převládá v kategorii les, les smrkový či les smíšený. Na horním toku Jizery v okolí Vilémova však přetrvávají krom zmíněných dvou i suťové listnaté lesy³⁷ s *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra* a *Fagus sylvatica*. Běžnější říční lemy ve formě smíšených lesů jsou často pozůstatkem původních smíšených lesů, které sahaly před příchodem člověka do mnohem vyšších poloh.

Antropogenní úprava přilehlého okolí toku byla nejrozšířenější na sledovaných tocích náležících do povodí Jizery. Zde zejména Huťský potok vyniká silnou úpravou břehových částí, protože protéká hustou zástavbou města Rokytnice nad Jizerou. Jak již bylo uvedeno u ostatních antropogenních zásahů, je i úprava přilehlých pobřežních částí nejčastější v intravilánu obcí a u průmyslových areálů.

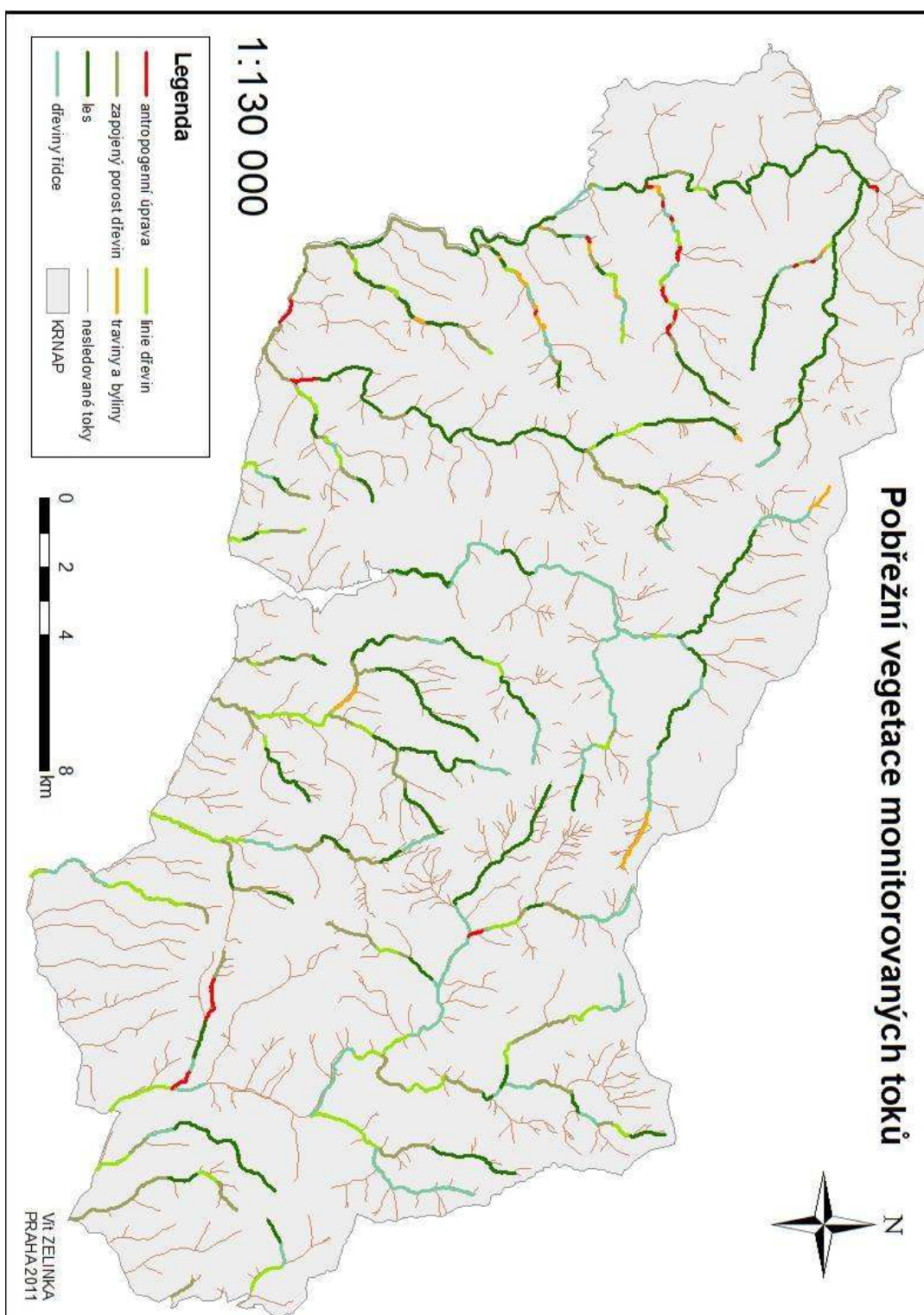
³⁷ Viz mapa č. 6.

Traviny a byliny jsou běžné v zemědělských oblastech, ale tvoří vegetační doprovod i nejvyšších pramenných částí Labe a Bílého Labe.

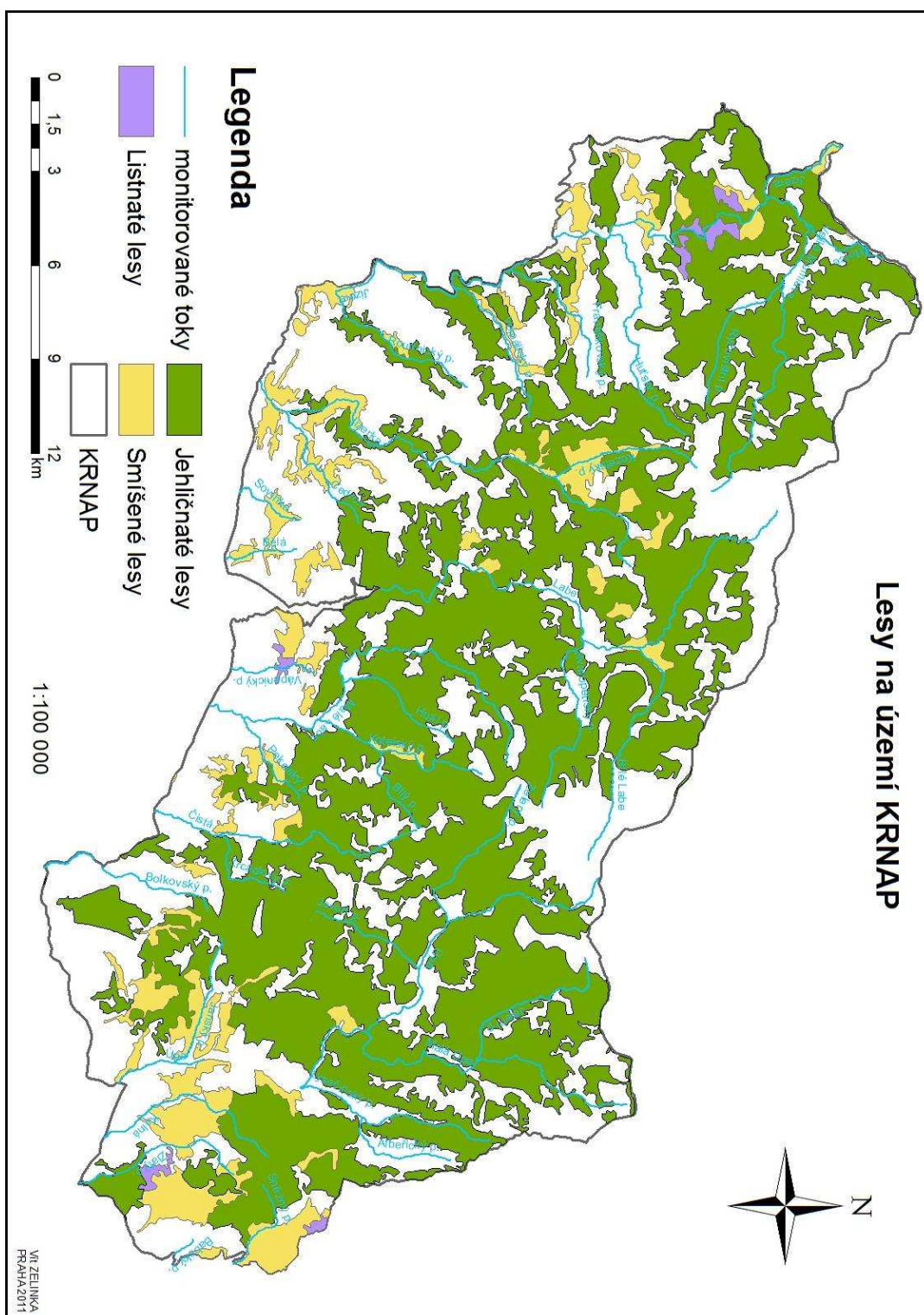
Tabulka č. 6 – Břehová vegetace sledovaných toků

Převládající druh břehové vegetace	km z povodí		
	Jizera	Labe	Úpa
zapojený porost dřevin	17,4	15	18,5
dřeviny řídké	8,1	29,8	24
linie dřevin	9,5	6,7	16
Les	52,7	38,3	17,2
antropogenní úprava	4,2	0	2,5
traviny byliny	6,2	4,8	0
celková délka povodí	98,1 km	94,6 km	78,2 km

Mapa č. 5 – Pobřežní vegetace monitorovaných toků



Mapa č. 6 - Lesy na území KRNAP



5 Diskuze

5.1 Způsoby úprav toků

Vodohospodářské úpravy horských potočných koryt se provádí již velmi dlouho. Častým důvodem korekce je ochrana proti účinkům povodňových vod. Protipovodňová úprava toků je v mnoha ohledech nezbytná, neboť povodňové průtoky mají často za následek nedozírné škody na majetku a často dochází v jejich důsledku i ke ztrátám lidských životů. Na druhou stranu je stále více zřejmé, že samotný zásah nemusí být vždy proveden formou nekompromisní kanalizace koryta dimenzovaného pouze na vypočtené povodňové průtoky, jak tomu často bývá. Ukazuje se, že toky lze přizpůsobit protipovodňovým požadavkům a zároveň zachovat alespoň základní ekologické funkce. Ochranné vodohospodářské stavby totiž plní svou funkci za dobu ze své životnosti fakticky jen několik desítek hodin, život v toku však limitují v řádech desetiletí. Tím spíše se tento požadavek zdá být nutností.

Velice důležitá je diferenciací protipovodňové ochrany podle hodnoty ohroženého území (Langhammer in Just 2005). V obcích je prvořadá ochrana životů a majetku a kapacitní koryta jsou zde na místě. Práce českých odborníků (např. Just 2005) i výsledky revitalizací v zahraničí³⁸ však ukazují, že i drobné úpravy mohou znamenat zlepšení základních ekologických funkcí toku. Pokud je například koryto intravilánu dostatečně široké, lze kynetu pro běžné průtoky trasovat dnem vlnitě a ostatní plochu dna využít k realizaci sníženin zaplavených nebo zamokřených vodou. Opevnění břehů je možné provést kamenným záhozem nebo gabionovou konstrukcí a nikoli betonovým prefabrikátem. Větší drsnost dna je však třeba kompenzovat zvětšením průtočného profilu (Just 2005). Je ale nutné říci, že mnohá z koryt krkonošských intravilánů neposkytují dostatečný prostor pro kompenzaci vyšší drsnosti koryta zvýšením jeho průtočného profilu.

Při nezbytné úpravě koryt intravilánů je také vhodné vyzdvihnout estetickou stránku toku, což následně přináší kromě zlepšení stavu toku jako prvku ekologické stability také pozitivní dopady sociální. Příkladem celkové degradace dlouhého úseku toku zatrubněním mohou být Janské Lázně. Janský potok je pod prostorem kolonády sveden do betonových skruží. Taková úprava jednak kompletně ekologicky znehodnocuje zatrubněný úsek a část toku nad zásahem, ale zároveň ochuzuje areál lázní o další zajímavý estetický přírodní prvek.

³⁸ Např. úpravy potoků v Bavorsku (podle Just 2005).

Z přírodovědeckého pohledu je také vážným ohrožením kontinuity života v toku existence umělých příčných objektů³⁹. Ať se jedná o technické vzdouvací objekty nebo spádová protipovodňová opatření, platí, že pokud je takový objekt vyšší než 1 m, je prakticky pro ryby na našem území nepřekonatelný. Realizace takových vodohospodářských staveb je však mnohdy v zájmu ekonomického rozvoje či ochrany zdraví a majetku žádoucí. Je však nezbytné každý záměr hodnotit v širších souvislostech a při jeho budování pak maximálně dbát na minimalizaci negativních dopadů na biotu toku. Fenoménem posledních let se u nás stávají rybí přechody, jejichž přítomností bývá povolení stavby podmíněno. Zajištění kvalitního a funkčního rybího přechodu je ale finančně i technicky velice náročné a je třeba si přiznat, že ani nejlépe zbudovaný bypass nezajistí plnou prostupnost překážky. I přes to, že efektivnost rybích přechodů je předmětem studia našich i zahraničních odborníků⁴⁰, není stále zcela jasné, jaké podmínky rybám v prostoru přechodů vyhovují a jak účinnost těchto staveb stimulovat.

5.2 Monitorované parametry úprav

Dne 22. prosince 2000 vstoupila v platnost „Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady“, známá jako „Vodní rámcová směrnice“. Cílem tohoto dokumentu je sjednocení přístupů při ochraně vod a vodních ekosystémů v rámci Evropy. Vodní rámcová směrnice byla transponována do legislativního systému České republiky v zákoně o vodách (zákon č. 254/2001 Sb.). Jedním ze základních nástrojů naplňování požadavků Rámcové směrnice bylo zpracování plánů oblastí povodí. Plán oblasti povodí Horního a středního Labe vypracovaný Povodím Labe s. p. byl dokončen v roce 2004. Součástí dokumentu je i posouzení dopadů lidské činnosti na stav povrchových a podzemních vod (Povodí Labe s. p. 2004). V rámci této části plánu byly sledovány plošné a bodové zdroje znečištění, odběry vody, regulace odtoku vody a významné morfologické úpravy na tocích. Právě při monitoringu významných morfologických úprav v povodí byla použita velice podobná metodika, jaká byla uplatněna v této práci.

Při evidenci morfologických změn na tocích bylo mimo jiné sledováno zakrytí nebo zatrubnění úseku vodního toku, délka a způsob zpevnění říčního břehu a technické úpravy průtočného profilu, urbanizace okolí a také příčné překážky nad 1 m. Byly tedy sledovány téměř totožné aspekty úprav jako v této práci.

³⁹ Viz Östergren (2006).

⁴⁰ Např. Aarestrup et al (2003).

Výsledkem posouzení dopadů lidské činnosti v dokumentu Plán povodí Horního a středního Labe je rozdělení povrchových vod na přírodní a silně ovlivněné vodní útvary. Jako silně ovlivněné vodní útvary jsou z oblasti KRNAP označeny v plánu tyto řeky a povodí: Mumlava pod Harrachovem, povodí Labe (nikoliv Malé Labe) a Čistá. Je patrné, že v mnohých ohledech se výsledky shodují se závěry této studie. Je ale také zřejmé, že některé úseky řek jsou v této práci ohodnoceny spíše negativně, zatímco plán povodí je neohodnotil jako silně ovlivněné. Důvodů může být více. V této práci byly monitorovány pouze úseky toků spadající do oblasti KRNAP, zatímco plán hodnotil delší úseky i mimo oblast KRNAP, dále při hodnocení v oblasti KRNAP v této studii bylo přihlíženo pouze k morfologickým změnám na povodí, zatímco Povodí Labe s. p. hodnotilo i jiné ukazatele, jako je kvalita vody a její odběry. Jednotlivým sledovaným parametrům pak byla při hodnocení přiřazena různá váha a výsledné hodnocení úseků je součtem těchto parametrů s různou váhou.

5.3 Limity metodiky

Limity metodiky diplomové práce lze nalézt v několika oblastech. Jedná se zejména o limity metodiky výběru toků, které byly předmětem pozorování a analýzy, limity pozorování příčných objektů a vliv vnějších faktorů, jako je aktuální počasí a roční doba, ve které byl monitoring prováděn.

Diskuzi vyvolává již samotná metodika výběru toku. Pro monitoring byly zvoleny toky třetího a vyššího řádu podle Strahlerova uspořádání. Toto řazení je založeno na počtech soutoků, ale nevypovídá vždy o velikosti toku. Některé větší potoky tak byly z monitoringu předem vyloučeny. Z hlediska prostorového rozložení toků však byla metodika navržena vhodně a síť sledovaných toků je dostatečně hustá v celé oblasti KRNAP.

Problematický je z určitého pohledu také způsob určování výšek příčných objektů. Výška pozorovaných objektů byla určována odhadem, protože přesné měření nebylo možné vzhledem k rozsahu zájmového území a náročnosti terénu v místech příčných bariér. V tomto ohledu je ale pro relevantnost výsledku důležité, že monitoring prováděla jedna osoba. Výsledky odhadu výšky se tedy navzájem nemohou tolik lišit.

Limity této práce lze spatřovat také v proměnlivosti toku vlivem počasí, u monitoringu pobřežních vegetačních doprovodů, pak v neobsazení například jarního aspektu vegetace. V době zvýšených průtoků mohlo dojít k přehlédnutí nižších

příčných objektů a nezaznamenání méně upravených úseků z důvodů vysokého vodního stavu a zakalení vody. K takovým situacím však došlo pouze několik dní v průběhu srpna a po většinu monitorovacího období byly podmínky pro průzkum toků vhodné. O úplnosti soupisu břehové vegetace však lze polemizovat. Je nepochybné, že vegetace v přilehlém okolí toku se v průběhu roku dynamicky vyvíjí a zaznamenané rostliny jsou pouze ty, které v daném období v okolí převládaly. Trochu jiná situace je u soupisu dřevin, které jsou dobře pozorovatelné ve všech obdobích.

6 Závěr

Diplomová práce se zaměřuje na monitoring a analýzu vybraných krkonošských toků o celkové délce 271 km ležících na území Krkonošského národního parku. Při terénním monitoringu byly zaznamenávány úpravy dna a břehů koryt jednotlivých úseků toků, využití přilehlého okolí toku z hlediska lidské činnosti a doprovodná břehová vegetace včetně soupisu pozorovaných bylin a dřevin. Dalším druhem úprav, na které byl monitoring zaměřen, byly příčné objekty. U nich byla kromě polohy zaznamenána také výška a technický stav.

Diplomová práce je rozdělena na dvě základní části – teoretickou a analytickou. Teoretická část se věnuje charakteristice zájmového území a jsou zde shrnuty základní informace o způsobech, příčinách a vývoji úprav horských toků. Teoretická část se zaměřuje také na vodní toky jako významné prvky ekologické stability krajiny. Analytická část je věnována praktickému terénnímu průzkumu, zpracování a analýze sebraných dat a interpretaci výsledků. Každý sledovaný parametr byl zaznamenán v tabulkách jednotlivých toků nebo povodí a graficky znázorněn v přiložené mapě sledovaných toků.

Z technických příčných objektů bylo na vybraných tocích zaznamenáno 237 staveb. Valná většina z nich byly protipovodňové spádové objekty ve formě stupňů, prahů a retenčních přehrážek. Zbývající skupinu tvořily technické vzdouvací objekty. Technický stav zaznamenaných objektů byl dobrý a pouze 21 z nich bylo nějakým způsobem poškozeno a jen jediný zaznamenaný objekt byl zničený. Důležitým sledovaným parametrem příčných objektů je z hlediska migrační prostupnosti toku jejich výška. Z celkového počtu bylo pouze 23 objektů nižších nežli 0,6 m, 48 nižších než 1 m a celkem 166 objektů má výšku přesahující 1 m. Pouze 5 objektů s výškou nad 1 m bylo opatřeno rybím přechodem a i jejich funkčnost byla značně nejistá. Z tohoto pohledu lze toky KRNAP ohodnotit jako migračně značně nespojitě.

Úpravy koryt potočních tratí na území KRNAP jsou v práci rozděleny do třech kategorií podle intenzity zásahu. Jako úseky s destrukcí úkrytové kapacity bylo ohodnoceno celkem 7,1 km toků. V těchto úsecích se jednalo o v podstatě prizmatická koryta. Částečně upravené úseky s mírnější protierozní a protipovodňovou úpravou tvořily celkem 78 km. Poměrně častým zásahem, který způsobuje částečné omezení úkrytové kapacity, byla na sledovaných tocích opěrná zeď komunikací, která limituje koryto toku většinou pouze z jedné strany.

Ve způsobu využití části krajiny přilehlé k toku převládala na sledovaných povodích roztroušená zástavba, která z celkové délky 271 km obklopovala celkem

115,6 km. Volná krajina doprovázela podle pozorování 71,9 km toků a 65,9 km má ve své blízkosti infrastrukturu. Pouze 17,5 km toků protékalo hustou zástavbou měst a obcí. V okolní doprovodné vegetaci bylo zaznamenáno v bylinném patře celkem 106 druhů rostlin. V patře dřevin a keřů pak 24 druhů.

Cílem práce bylo zmapování a celkové zhodnocení úprav toků a jejich přilehlého okolí v oblasti Krkonošského národního parku. Tyto informace jsou důležité pro posouzení ekologického stavu toku jakožto prvku ekologické stability krajiny. Dlouhodobě prováděné technické úpravy potoků a řek se začínají projevovat nejen na kvalitě vody, v celkovém snížení biologické hodnoty toků a estetickém ochuzení naší krajiny, ale stále častěji vychází také najevo, že některé tyto zásahy jsou do jisté míry nepříznivé i z hlediska vodního hospodářství. Například kapacitní koryto má sice v daném místě ochranný účinek, ale zároveň koncentruje průběh povodňové vlny a urychluje její postup do nižších částí povodí (Just 2005). Proto se stále častěji začíná uvažovat o revitalizačních zásazích na tocích v kontextu protipovodňové ochrany a zvýšení samočisticích schopností degradovaných toků.

Soubor informací zaznamenaný v této práci může posloužit například jako jeden z podkladů při rozhodování o revitalizaci, při repatriačních programech ryb nebo při hodnocení přírodních charakteristik oblastí. Také lze tato data využít jako jakési rozšíření charakteristiky morfologických úprav v povodí Labe. V Plánu povodí Horního a středního Labe jsou totiž morfologické úpravy a příčné překážky evidovány pouze na tocích 4. a vyššího řádu podle Strahlera, což znamená, že v dokumentu vypracovaném Povodím Labe s. p. není velká část krkonošských toků vůbec obsažena. Informace o ekologickém stavu těchto toků jsou však velice důležité už jen proto, že tvoří velkou část povodí Krkonošského národního parku.

7 Seznam použité literatury

- **AARESTRUP K., LUCAS M. C., HANSEN J. A., 2003:** Efficiency of a natural-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecology of Freshwater Fish* 12/2003: 160-168.
- **BARTOŠ M., 2003:** Cesta za klauzami. Krkonoše – Jizerské hory, září 2003, online:
http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=8257&Itemid=5, cit. 9. 2. 2011.
- **BROŽA V., ČIHÁK F., SATRAPA L., 1998:** Hydrotechnické stavby. ČKAIT, Praha
- **ČAMROVÁ L., JÍLKOVÁ J., ROCH I., DOLEŽALOVÁ L., KUVÁNKOVÁ-ORAVSKÁ T., MORAVEC J., HROMÁDKA P., POTULKA O., 2006:** Povodně v území, Institucionální a ekonomické souvislosti. EUROLEX BOHEMIA, Praha.
- **ČERNÝ M., 2008:** Hydrologická ročenka České republiky 2008, Mapa 1 – Hydrologické pořadí hlavních toků. online:
<http://voda.chmi.cz/rocenka/rocenka.dll?MU=CZ&LANG=CS-CZ&MAP=98>, cit. 13. 4. 2011.
- **DEMEK J. et al, 1987:** Zeměpisný lexikon ČSR. ACADEMIA, Praha.
- **DURAS J., 2010:** Hydromorfologie a biota vodních toků. Seminář Přírodě blízká povodňová ochrana: Prostor pro vodní toky a zapojení ekosystémů. Sborník příspěvků, Senát parlamentu ČR, 23. listopadu 2010, s. 5-8.
- **FLEGR J., 2009:** Evoluční biologie. ACADEMIA, Praha.
- **GERŽA M., 2009:** Endemismus v České republice. *Ochrana přírody* 2/ 2009: 12-15.
- **Google maps:** <http://maps.google.cz/maps?hl=cs&tab=wj>, cit. 17. 3. 2011.
- **HALÁSOVÁ O., HANČAROVÁ E., VAŠKOVÁ I., 2006:** Časová a prostorová variabilita vybraných klimatologických a hydrologických prvků Krkonoš za období 1961 – 2000. *Opera Corcontica* 44/1: 171-178.
- **HANEL L., LUSK S., 2005:** Ryby a mihule České republiky. ČSOP, Vlašim.
- **Hydrologická data Libereckého Kraje:** Základní hydrologické údaje na hlavních vodních tocích. online: <http://maps.kraj-lbc.cz/mapserv/dpp/dokumenty/hydrologie.htm>, cit. 14. 4. 2011.

- **CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M. (eds.), 2001:** Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha, online: <http://www.sci.muni.cz/botany/chytry/Katalog.pdf>, cit. 12. 1. 2011.
- **JENÍK J., 1961:** Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. NAKLADATELSTVÍ ČESKOSLOVENSKÉ AKADEMIE VĚD, Praha.
- **JUST T., MATOUŠEK V., DUŠEK M., FISCHER D., KARLÍK P., 2005:** Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. ARTEDIT, s.r.o.
- **KENDER J. (eds.), 2004:** Voda v krajině, Kniha o krajinnotvorných programech. CONSULT, Praha.
- **KOMÍNKOVÁ D., 2007:** Směrnice EU a hodnocení městského odvodnění. ČVUT, Praha.
- **KOZÁK J. T., STÁTNÍKOVÁ P., MUNZAR J., JANATA J., HANČIL V., 2007:** Povodně v českých zemích. PROFESSIONAL PUBLISHING, Praha.
- **Laboratoř geoinformatiky, Univerzita J. E. Purkyně:** II. vojenské mapování – Františkovo. online: http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?z_height=330&lang=cs&z_width=700&z_newwin=1&map_root=2vm, cit. 4. 3. 2011.
- **LOJKÁSEK B., LUSK S., HALAČKA K., LUSKOVÁ V., DROZD P., 2005:** The impact of the extreme floods in July 1997 on the ichtyocenosis of the Oder Catchment area. Hydrobiologia 2005: 11–22.
- **Map Server – Císařské otisky:** Stabilní katastr z let 1826 – 1843. online: http://archivnimapy.cuzk.cz/cio/data/cio/7756-1/7756-1-014_index.html, cit. 17. 3. 2011.
- **Mapový server Krkonošského národního parku.** Online: <http://mapserv.krnep.cz/mapserv/php/maps.php>, cit. 18. 3. 2011.
- **NEVRLÝ M., 1980:** Kniha o Jizerských horách. VESTRI, Liberec.
- **NOVOTNÝ R., 2010:** Péče o vodní toky na území Krkonošského národního parku. EnviWeb, online: <http://www.enviweb.cz/clanek/ochrana/84164/pece-o-vodni-toky-na-uzemi-krkonosskeho-narodniho-parku>, cit. 10. 3. 2011.
- **ÖSTERGREN J., 2006:** Migration and Genetic Structure of *Salmo salar* and *Salmo trutta* in Northern Swedish River, Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Science, Umeå.
- **PILOUS V., 1978:** Neklidné svahy. Krkonoše 1/78: 16-19.
- **PILOUS V., 2001:** Krkonoše skal a kamení. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí.

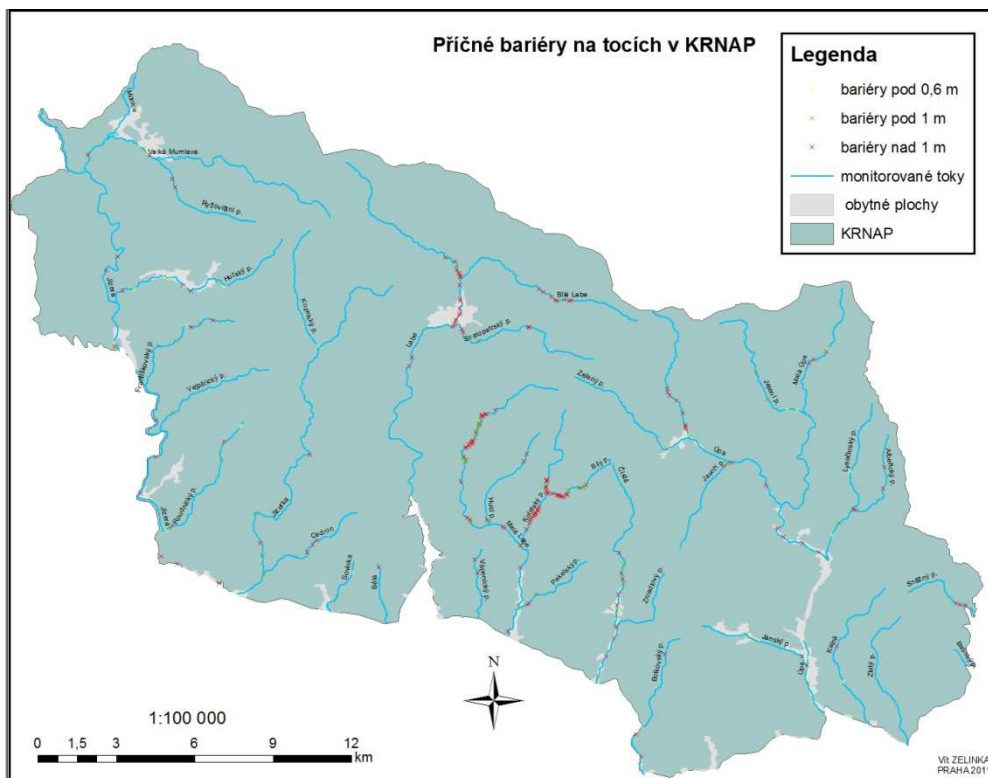
- **Povodí Labe s. p., 2004:** Plán oblasti povodí Horního a středního Labe – Zpráva I., Hradec Králové.
- **SCHWARZ O., 2010:** Vývoj přírodního prostředí pod vlivem člověka. In Schwarz O. (eds.): Plán péče 2010-2020. Část A – Rozbory. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí, s. 34-52, online: http://www.krnep.cz/data/File/legislativa/plan_pece_2010_2020/pp-krnap_cast-a_text-final.pdf, cit. 12. 1. 2011.
- **Správa KRNAP, 2010:** Hydrologie Krkonoš. online: <http://www.krnep.cz/hydrologie/>, cit. 5. 2. 2011.
- **SPUSTA V., VRBA M., 1975:** Lavinový katastr Krkonoš. Opera Corcontica 12/1975: 65-90.
- **Stavy a průtoky na vodních tocích v povodí Labe.** online: <http://www.pla.cz/portal/sap/cz/>, cit. 14. 4. 2011.
- **ŠACH F., ČERNOHOUS V., KANTOR P., 2003:** Horské lesy a jejich schopnosti tlumit povodně – výsledky měření v terénu. In Lesy a povodně. Česká lesnická společnost, Praha, s. 16-28.
- **ŠTURSA J. 1983:** Krkonoše. KRUH, Hradec králové.
- **ŠTURSA J. 1999:** Květy Krkonoš. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí.
- **ŠTURSA J. 2009:** Voda v Krkonoších. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí.
- **VACEK S., MIKESKA M., HEJCMAN M., PODRÁZSKÝ V., ŠTURSA J., 2005:** Změny struktury krajiny Krkonoš. Information and data systems. online: <http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/KrkonošeKrajina.pdf>, cit.12.4.2011
- **VACEK S., MIKESKA M., PODRÁZSKÝ V., SCHWARZ O., SIMON J., BOČEK M., MINX T., 2006:** Lesy a ekosystémy nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš. LESNICKÁ PRÁCE, Praha.
- **VANĚK J., SCHWARZ O., 2010:** Zřizovací právní předpis. In: Schwarz O. (eds.): Plán péče 2010-2020. Část A – Rozbory. Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí, online: http://www.krnep.cz/data/File/legislativa/plan_pece_2010_2020/pp-krnap_cast-a_text-final.pdf, cit. 12. 1. 2011.
- **VLČEK R., 2008:** Krkonošský národní park 1963 – 2008. Krkonoše – Jizerské hory, květen 2008, online:http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&iid=9937&Itemid=30, cit. 8. 1. 2011.

- **ZUNA J., 2008:** Hrazení bystřin. České vysoké učení technické v Praze, Praha.

8 Přílohy

8.1 *Mapy*

Mapa č. 3 - Poloha příčných objektů na tocích



8.2 Tabulky

Tabulka č. 3 - Úpravy koryt jednotlivých sledovaných toků

(% - zaokrouhlováno na celá procenta).

povodí	tok	délka (km)	úpravy koryta			
			úseky s omezením úkrytové kapacity		úseky s destrukcí úkrytové kapacity	
			km	%	km	%
Jizera	Cedron	4,99	1,49	30	-	-
	Františkovský p.	5,4	0,8	15	0,74	14
	Huťský p.	8,78	4,21	48	1	11
	Jizera	22,48	8,3	37	-	-
	Jizerka	21,2	3,27	15	1,54	7
	Kozelský p.	5,12	0,35	7	-	-
	Mínice	0,73	0,64	88	0,09	12
	Mumlava	12,61	1,36	11	0,93	7
	Roudnický p.	5,97	-	-	-	-
	Rýžovištní p.	5,21	0,33	6	-	-
	Vejpálický p.	5,56	1,17	21	-	-
Labe	Bělá	2,45	-	-	-	-
	Bílé Labe	8,3	-	-	-	-
	Bílý p.	3,19	-	-	-	-
	Bolkovský p.	6,1	2,38	39	-	-
	Čistá	9,87	3,88	39	0,56	6
	Husí p.	4,63	1,05	23	-	-
	Kotelský p.	6,27	1,48	24	-	-
	Labe	19,05	11,1	58	1,19	6
	Malé Labe	15	6,73	45	-	-
	Pekelský p.	3,56	0,57	16	0,36	10
	Sovinka	2,55	0,71	28	-	-
	Svatopeterský p.	7	2,74	39	0,3	4
	Vápenický p.	3,1	-	-	-	-
	Zrcadlový p.	3,55	-	-	-	-

Tabulka č. 3 pokračování - Úpravy koryt jednotlivých sledovaných toků

(% - zaokrouhlováno na celá procenta)

povodí	tok	délka (km)	úpravy koryta			
			úseky s omezením úkrytové kapacity		úseky s destrukcí úkrytové kapacity	
			km	%	km	%
Úpa	Alběřický p.	3,99	1,55	39	-	-
	Babský p.	0,84	-	-	-	-
	Janský p.	4,65	2,12	46	-	-
	Javoří p.	4,02	0,35	9	-	-
	Jelení p.	6,31	2	32	-	-
	Kalná	6,9	-	-	-	-
	Lysečinský p.	7,09	2,51	35	-	-
	Malá Úpa	11,26	5,33	47	-	-
	Sněžný p.	3,34	0,05	1	-	-
	Úpa	17,72	10,51	59	0,38	2
	Zelený p.	5,94	1,09	18	-	-
	Zlatý p.	6,1	-	-	-	-

Tabulka č. 7 – Soupis břehové vegetace – dřeviny.

stromové a keřové patro	
název česky	název latinsky
bez černý	<i>Sambucus nigra</i>
bříza bělokorá	<i>Betula pendula</i>
buk lesní	<i>Fagus sylvatica</i>
dub zimní	<i>Quercus petraea</i>
habr obecný	<i>Carpinus betulus</i>
jasan ztepilý	<i>Fraxinus excelsior</i>
javor klen	<i>Acer pseudoplatanus</i>
javor mleč	<i>Acer platanoides</i>
jedle bělokorá	<i>Abies alba</i>
jeřáb ptačí	<i>Sorbus aucuparia</i>
jilm horský	<i>Ulmus glabra</i>
lípa srdčitá	<i>Tilia cordata</i>
lípa velkolistá	<i>Tilia platyphyllos</i>
líška obecná	<i>Corylus avellana</i>
olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i>
olše šedá	<i>Alnus incana</i>
olše zelená	<i>Alnus viridis</i>
ostružník maliník	<i>Rubus idaeus</i>
smrk ztepilý	<i>Picea abies</i>
topol osika	<i>Populus tremula</i>
vrba bílá	<i>Salix alba</i>
vrba jíva	<i>Salix caprea</i>
vrba křehká	<i>Salix fragilis</i>
vrba popelavá	<i>Salix cinerea</i>
zimolez černý	<i>Lonicera nigra</i>

Tabulka č. 8 – Soupis břehové vegetace - byliny

bylinné patro	
název česky	název latinsky
oměj šalamounek	<i>Aconitum callibotryon</i>
bažanka vytrvalá	<i>Mercurialis perennis</i>
bezkoleneček modrý	<i>Molinia caerulea</i>
blatouch bahenní	<i>Caltha palustris</i>
bodlák lopuchovitý	<i>Carduus personata</i>
bolševník obecný	<i>Heracleum sphondylium</i>
Borůvka	<i>Vaccinium myrtillus</i>
bršlice kozí noha	<i>Aegopodium podagraria</i>
černýš luční	<i>Melampyrum pratense</i>
čistec lesní	<i>Stachys sylvatica</i>
děhel lesní	<i>Angelica sylvestris</i>
devětsil bílý	<i>Petasites albus</i>
devětsil lékařský	<i>Petasites hybridus</i>
havez česnáčková	<i>Adenostyles alliariae</i>
hluchavka bílá	<i>Lamium album</i>
hluchavka skvrnitá	<i>Lamium maculatum</i>
chrastice rákosovitá	<i>Phalaris arundinacea</i>
chrpa parukářka	<i>Centaurea phrygia</i>
jestřábník zední	<i>Hieracium murorum</i>
jetel luční	<i>Trifolium pratense</i>
jílek vytrvalý	<i>Lolium perenne</i>
kakost lesní	<i>Geranium sylvaticum</i>
kakost smrdutý	<i>Geranium robertianum</i>
kaprad' samec	<i>Dryopteris filix-mas</i>
Kontryhel	<i>Alchemilla</i> spp.
kopretina bílá	<i>Leucanthemum vulgare</i>
kopřiva dvoudomá	<i>Urtica dioica</i>
kopřiva žahavka	<i>Urtica urens</i>
kostival lékařský	<i>Symphytum officinale</i>
kostřava luční	<i>Festuca pratensis</i>
kostřava obrovská	<i>Festuca gigantea</i>
krabilice chlupatá	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>
krabilice zápašná	<i>Chaerophyllum aromaticum</i>
krtičník křídlatý	<i>Scrophularia umbrosa</i>

kuklík potoční	<i>Geum rivale</i>
kýchavice bílá Lobelova	<i>Veratrum album</i> subsp. <i>lobelianum</i>
kyprej vrbice	<i>Lythrum salicaria</i>
lipnice bahenní	<i>Poa palustris</i>
lipnice luční	<i>Poa pratensis</i>
lipnice obecná	<i>Poa trivialis</i>
metlice trsnatá	<i>Deschampsia cespitosa</i>
metlička křivolaká	<i>Avenella flexuosa</i>
mléčivec alpský	<i>Cicerbita alpina</i>
mochna husí	<i>Potentilla anserina</i>
mochna nátržník	<i>Potentilla erecta</i>
mokryš střídavolistý	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>
netýkavka nedůtklivá	<i>Impatiens noli-tangere</i>
odemka vodní	<i>Catabrosa aquatica</i>
oměj pestrý	<i>Aconitum variegatum</i>
oměj vlčí mor	<i>Aconitum lycoctonum</i>
ostřice lesní	<i>Carex sylvatica</i>
ostřice obecná	<i>Carex nigra</i>
ostřice převislá	<i>Carex pendula</i>
ovsík vyvýšený	<i>Potentilla alba</i>
Pampeliška	<i>Taraxacum</i>
paprátka samičí	<i>Athyrium filix-femina</i>
pcháč bahenní	<i>Cirsium palustre</i>
pcháč potoční	<i>Cirsium rivulare</i>
pcháč šedý	<i>Cirsium canum</i>
pomněnka bahenní	<i>Myosotis palustris</i>
pomněnka hajní	<i>Myosotis nemorosa</i>
potočnice lékařská	<i>Nasturtium officinale</i>
potočník vzpřímený	<i>Berula erecta</i>
pryskyřník	<i>Ranunculus</i> sp.
pryskyřník plazivý	<i>Ranunculus repens</i>
přeslička rolní	<i>Equisetum arvense</i>
psárka luční	<i>Alopecurus pratensis</i>
psíneček obecný	<i>Agrostis capillaris</i>
psíneček výběžkatý	<i>Agrostis stolonifera</i>
ptačinec hajní	<i>Stellaria nemorum</i>

pýrovník psí	<i>Elymus caninus</i>
rdesno blešník	<i>Persicaria lapathifolia</i>
rdesno hadí kořen	<i>Bistorta major</i>
rozrazil potoční	<i>Veronica beccabunga</i>
řebříček obecný	<i>Achillea millefolium</i>
řeřišnice hořká	<i>Cardamine amara</i>
samorostlík klasnatý	<i>Actaea spicata</i>
silenska nadmutá	<i>Silene vulgaris</i>
sítina člankovaná	<i>Juncus articulatis</i>
sítina rozkladitá	<i>Juncus effusus</i>
smilka tuhá	<i>Nardus stricta</i>
srha laločnatá	<i>Dactylis glomerata</i>
stračka vyvýšená	<i>Delphinium elatum</i>
sveřep měkký	<i>Bromus hordeaceus</i>
svízel bílý	<i>Galium album</i>
škarda bahenní	<i>Crepis paludosa</i>
škarda dvouletá	<i>Crepis biennis</i>
tomka vonná	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
třezalka skvrnitá	<i>Hypericum maculatum</i>
třtina pobřežní	<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>
tužebníkův jilmový	<i>Filipendula ulmaria</i>
udatna lesní	<i>Aruncus vulgaris</i>
upolín evropský	<i>Trollius altissimus</i>
válečka lesní	<i>Brachypodium sylvaticum</i>
vlaštovičník větší	<i>Chelidonium majus</i>
vraní oko čtyřlísté	<i>Paris quadrifolia</i>
vrbovka bahenní	<i>Epilobium palustre</i>
vrbovka chlupatá	<i>Epilobium hirsutum</i>
vrbovka malokvětá	<i>Epilobium parviflorum</i>
záraza devětsilová	<i>Orobanche flava</i>
zblochan hajní	<i>Glyceria nemoralis</i>
zblochan řasnatý	<i>Glyceria notata</i>
zblochan zoubkatý	<i>Glyceria declinata</i>
zlatobýl obecný	<i>Solidago virgaurea</i>
zvonek český	<i>Campanula bohemica</i>
zvonek rozkladitý	<i>Campanula patula</i>

Seznam tabulek

- **Tabulka č. 1** - Příklady poškození vodního a zvodněného prostředí nevhodnými technickými úpravami
- **Tabulka č. 2** - Přehled úprav na jednotlivých povodích
- **Tabulka č. 3** - Úpravy koryt jednotlivých sledovaných toků
- **Tabulka č. 4** - Příčné bariéry na jednotlivých povodích
- **Tabulka č. 5** – Výsledky monitoringu okolí toků
- **Tabulka č. 6** – Břehová vegetace sledovaných toků
- **Tabulka č. 7** – Soupis břehové vegetace – dřeviny
- **Tabulka č. 8** – Soupis břehové vegetace – byliny

Seznam obrázků

- **Obrázek č. 1** - Hladce opevněné upravené koryto se spádovým objektem pro tlumení energie vodního proudu v obci Černý důl (Čistá)
- **Obrázek č. 2** - Příklad použití dřevěné kulatiny při stavbě prahu (Malá Úpa)
- **Obrázek č. 3** - Stupeň na řece Labe (Špindlerův Mlýn)
- **Obrázek č. 4** - Zděná přehrážka v korytě Labe (Špindlerův Mlýn)
- **Obrázek č. 5** - Přehrážka na řece Malá Úpa (obec Horní Malá Úpa)
- **Obrázek č. 6** – Vzdouvací objekt s pohyblivou hradící konstrukcí v obci Lánov (Malé Labe)
- **Obrázek č. 7** - Příklad úseku s destrukcí úkrytové kapacity v obci Černý Důl (Čistá)
- **Obrázek č. 8** - Omezení úkrytové kapacity opěrnou zdí silnice (Labe)
- **Obrázek č. 9** - Hladce opevněné koryto s prahy v intravilánu obce Špindlerův Mlýn (Labe)
- **Obrázek č. 10** - Kamenný stupeň v korytě Bílého Labe

Seznam map

- **Mapa č. 1** – Monitorované toky
- **Mapa č. 2** – Úpravy koryt monitorovaných toků
- **Mapa č. 3** - Poloha příčných objektů na tocích
- **Mapa č. 4** – Okolí toků v KRNAP
- **Mapa č. 5** – Pobřežní vegetace monitorovaných toků
- **Mapa č. 6** - Lesy na území KRNAP