



## **Středoškolská technika 2013**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **SLEDOVÁNÍ ZMĚN pH VODY V KRKONOŠKÉM NÁRODNÍM PARKU**

**Martina Stehnová**

První soukromé jazykové gymnázium

Brandlova 875, Hradec Králové

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lady Kacálkové, Ph.D. a Ing. Jiřího Kovalčíka a veškerou použitou literaturu jsem uvedla v seznamu literatury. Postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V ..... dne ..... podpis: .....

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala mé konzultantce Mgr. Ladě Kacákové, Ph.D. za poskytování rad a připomínek při vypracovávání projektu. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Jiřímu Kovalčíkovi za konzultaci a poskytnutí jeho diplomové práce.

# PRVNÍ SOUKROMÉ JAZYKOVÉ GYMNÁZIUM V HRADCI KRÁLOVÉ

ABSTRAKT

## **Sledování změn pH vody v oblasti Krkonošského národního parku**

**Vedoucí týmu:** Martina Stehnová

**Konzultant:** Mgr. Lada Kacálková, Ph.D.

**Externí konzultant:** Ing. Jiří Kovalčík

**Kategorie:** II.

Cílem této práce je porovnat hodnoty pH sněhu, toků a námraz v Krkonošském národním parku z roku 1984 s naměřenými výsledky z let 2012 a 2013. Na základě studia literatury a konzultací s externím konzultantem Ing. Jiřím Kovalčíkem bylo předpokládáno, že vzhledem k odsíření blízkých uhelných elektráren již v Krkonošském národním parku nedochází ke vzniku kyselých dešťů a pH sněhových srážek, námraz a vodních toků se přiblíží z kyselých hodnot k neutrálním hodnotám. Jako doplňující ukazatel byla zvolena konduktivita, která byla vedle hodnot pH také zjišťována.

V dubnu 2012 byly odebrány vzorky sněhu z Labské louky a Medvědína, a vzorek vody z Bílého Labe. V prosinci 2012 a v lednu 2013 byly znovu odebrány vzorky sněhu a vody ze stejných stanovišť a námraza z tyčového značení tras u Vrbatovy boudy. Analýza vzorků byla prováděna v provozní laboratoři Severočeských vodovodů a kanalizací ve Špindlerově Mlýně.

Výsledkem byla zjištění, že:

- pH námraz se posunulo z kyselých hodnot do neutrálních o 2 hodnoty a konduktivita se téměř 4x snížila (pH je nyní průměrně 5,85 a konduktivita 34  $\mu\text{S/cm}$ )
- v Bílém Labi se pH posunulo z kyselých hodnot do neutrálních o 1 hodnotu a konduktivita je téměř na stejné úrovni (pH je nyní průměrně 6,39 a konduktivita 33  $\mu\text{S/cm}$ )
- na Medvědině se pH posunulo z kyselých hodnot do neutrálních o 1 hodnotu, ale konduktivita je na stejné úrovni (pH je nyní průměrně 6,43 a konduktivita 27  $\mu\text{S/cm}$ )
- na Labské louce se pH posunulo z kyselých hodnot do neutrálních o 1 hodnotu, ale konduktivita je na stejné úrovni (pH je nyní průměrně 6,34 a konduktivita 26  $\mu\text{S/cm}$ )

**Klíčová slova:** pH, konduktivita, Krkonošský národní park, srážky, odsíření uhelných elektráren

THE FIRST PRIVATE LANGUAGE GRAMMAR SCHOOL  
HRADEC KRÁLOVÉ

ABSTRACT

**Monitoring Changes in the pH of the Water in the  
Giant Mountains National Park**

**Leader of the team:** Martina Stehnová

**Consultant:** Mgr. Lada Kacálková, Ph.D.

**External consultant:** Ing. Jiří Kovalčík

**Category:** II.

The purpose of this study is to compare the pH of snow, rime and the River Bílé Labe in the Giant Mountains National Park in 1984 with the measured results in 2012 and 2013. Based on the literature and consultation with external consultant Ing. Jiří Kovalčík was assumed that due to the desulphurization of coal-fired power plants already near the Giant Mountains National Park is no acid rain and the pH of snow, rime and the River Bílé Labe approached values from acid to neutral values. As an additional indicator was chosen conductivity.

In April 2012 were taken snow samples from the Labská louka and Medvědí, and a sample of water from the River Bílé Labe. In December 2012 and in January 2013 were re-taken snow samples and water samples from the same habitats and rime from the marking of routes near the Vrbatova bouda. The analysis of the samples was measured in the laboratory of Severočeské vodovody a kanalizace in Špindlerův Mlýn.

The conclusions are:

- The pH of the rime is shifted from acidic to neutral values by 2 value, but conductivity decreased four times (pH average is now 5.85 and conductivity average is now 34  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- In the River Bílé Labe is pH shifted from acidic to neutral values by 1 value and conductivity is almost the same (pH average is now 6.39 and conductivity average is now 33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- On Medvědíň is pH shifted from acidic to neutral values by 1 value, but conductivity is almost the same (pH average is now 6.43 and conductivity average is now 27  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- On Labská louka is pH shifted from acidic to neutral values by 1 value, but conductivity is almost the same (pH average is now 6.34 and conductivity average is now 26  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

**Keywords:** pH, conductivity, the Giant Mountains National Park, precipitation, desulphurization of coal-fired power plants

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | Úvod .....   | 10 |
| 2       | Teoretická část.....                               | 11 |
| 2.1     | Krkonošský národní park .....                      | 11 |
| 2.1.1   | Historie .....                                     | 11 |
| 2.1.2   | Zóny KRNAP .....                                   | 11 |
| 2.1.3   | Geologie, geomorfologie a půda .....               | 11 |
| 2.1.4   | Vodopis .....                                      | 12 |
| 2.1.5   | Klima .....  | 12 |
| 2.1.6   | Flóra a vegetační stupě .....                      | 12 |
| 2.1.7   | Fauna .....  | 12 |
| 2.1.8   | Cestovní ruch.....                                 | 13 |
| 2.1.8.1 | Sněžka .....                                       | 13 |
| 2.2     | Znečištění Krkonoš.....                            | 13 |
| 2.2.1   | Znečištění Krkonoš.....                            | 13 |
| 2.2.1.1 | Monitorování znečištění ovzduší v Krkonoších ..... | 13 |
| 2.2.1.2 | Změna znečištění ovzduší.....                      | 14 |
| 2.3     | Uhelné elektrárny .....                            | 14 |
| 2.3.1   | Jak funguje uhelná elektrárna .....                | 14 |
| 2.3.2   | Odsíření uhelných elektráren.....                  | 14 |
| 2.3.2.1 | Elektrárna Poříčí.....                             | 15 |
| 2.3.2.2 | Polská elektrárna Turów.....                       | 15 |
| 2.3.2.3 | Německá elektrárna Boxberg .....                   | 15 |
| 2.4     | Kyselá dešť.....                                   | 16 |
| 2.4.1   | Vliv na sladkovodní ryby .....                     | 16 |
| 2.4.2   | Plyny způsobující kyselá dešť.....                 | 16 |
| 2.4.2.1 | Amoniak – NH <sub>3</sub> .....                    | 16 |
| 2.4.2.2 | Oxid siřičitý – SO <sub>2</sub> .....              | 16 |
| 2.4.2.3 | Oxidy dusíku – NO <sub>x</sub> .....               | 17 |
| 2.4.2.4 | Fluorovodík – HF .....                             | 17 |
| 2.4.2.5 | Chlorovodík – HCl .....                            | 17 |
| 2.5     | Sledované parametry vody .....                     | 17 |
| 2.5.1   | Konduktivita .....                                 | 17 |
| 2.5.2   | pH.....  | 18 |
| 3       | Praktická část.....                                | 19 |
| 3.1     | Hypotézy .....                                     | 19 |
| 3.2     | Metodika.....                                      | 20 |
| 3.2.1   | Teorie.....  | 20 |
| 3.2.2   | Odběry .....                                       | 20 |



|         |                           |    |
|---------|---------------------------|----|
| 3.2.3   | Odběrová místa.....       | 21 |
| 3.2.3.1 | Medvědín.....             | 21 |
| 3.2.3.2 | Labská louka.....         | 21 |
| 3.2.3.3 | Bílé Labe .....           | 21 |
| 3.2.3.4 | Zlaté návrší .....        | 21 |
| 3.2.4   | Měření pH.....            | 22 |
| 3.2.5   | Měření konduktivity ..... | 23 |
| 3.3     | Výsledky.....             | 25 |
| 3.3.1   | Sníh Medvědín .....       | 25 |
| 3.3.2   | Sníh Labská louka .....   | 27 |
| 3.3.3   | Voda Bílé Labe.....       | 29 |
| 3.3.4   | Námrazy .....             | 31 |
| 4       | Diskuze.....              | 33 |
| 5       | Závěr.....                | 35 |
| 6       | Citovaná literatura.....  | 36 |

## 1 Úvod

Projekt s názvem Sledování změn pH vody v oblasti Krkonošského národního parku (KRNAP) jsem si zvolila na základě nabídky Ing. Kovalčíka na pokračování jeho diplomové práce z roku 1984, která se zabývala sledováním vlivu kyselých srážek na oblast KRNAP. Jeho diplomová práce byla prováděna na požádání Správy Krkonošského národního parku.

Vzhledem k tomu, že se v minulosti z tepelných elektráren ve střední Evropě dostávalo do ovzduší velké množství emisních plynů, docházelo ke vzniku kyselých srážek. Zajímalo mě, jak se v průběhu skoro třiceti let situace v Krkonoších změnila.

Cílem této práce je porovnat hodnoty pH a konduktivity sněhu, toků a námraz v Krkonošském národním parku z roku 1984 s naměřenými výsledky z let 2012 a 2013 a dokázat, že přestože z médií neustále slycháváme o zhoršování kvality životního prostředí, tak konkrétně v Krkonoších došlo k jeho zlepšení.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Krkonošský národní park

Krkonošský národní park je chráněné území nejvyššího pohoří České republiky – Krkonoš. Leží v Libereckém a v Královéhradeckém kraji. Na severu sousedí s polským Karkonoskim Parkem Narodowym. Krkonošský národní park je nejstarším národním parkem u nás (Autorský kolektiv, 1984).

#### 2.1.1 Historie

Krkonoše začaly být osídlovány ve 13. a 14. století. Nejvýraznějšími lidskými činnostmi byly těžba dřeva a hornictví. V 18. století se začala rozvíjet turistika a Krkonoše byly představovány pro potřeby cestovního ruchu. Stavěly se boudy určené pouze pro turistický ruch a lanovky na vrcholky hor. Lesní porosty byly narušeny.

Devastace životního prostředí vyvolala snahy desítek lesníků a přírodovědců o ochranu Krkonoš formou národního parku. Jejich snaha byla završena až po téměř padesáti letech. 17. 5. 1963 byly Krkonoše prohlášeny národním parkem.

Od založení se odehrálo mnoho významných událostí. Roku 1978 se KRNAP stal členem Světové unie ochrany přírody, roku 1992 byl zařazen do sítě rezervací UNESCO a roku 2000 se účastnil programu Natura 2000, který byl nezbytný pro přípravu vstupu České republiky do Evropské unie (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

#### 2.1.2 Zóny KRNAP

Území Krkonošského národního parku je rozděleno na tři zóny, která mají rozdílný režim ochrany.

- 1. zóna – přísná přírodní – nachází se v nejvyšších částech KRNAPu
- 2. zóna – řízená přírodní – navazuje na 1. zónu
- 3. zóna – okrajová – v nižších polohách KRNAPu

V 1. a 2. zóně národního parku je zakázáno vstupovat mimo vyznačené trasy a sbírat lesní plody. Ve 3. zóně je možný pohyb volně mimo vyznačené trasy i po lukách a lesích.

Na 3. zónu navazuje ochranné pásmo, které slouží jako přechod do volné zóny. Ochranné pásmo není součástí KRNAPu (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

#### 2.1.3 Geologie, geomorfologie a půda

Krkonoše jsou geologicky velmi staré. Spolu s Jizerskými horami tvoří krkonošsko-jizerské krystalinikum, které se skládá z krystalické břidlice, křemence, vápence a čediče. Hraniční hřbet Krkonoš tvoří žulové těleso krkonošsko-jizerský pluton.

Krkonoše byly vyzdvihnuty koncem starších třetihor alpínským vrásněním, které vedlo k mohutné říční erozi a rozčlenění povrchu. Při střídání dob meziledových a ledových docházelo k přeměňování výše položených částí Krkonoš. Vznikala ledovcová údolí, morény, jezera a kary.

Kvalita půd je ovlivněna hlavně kyselým minerálně chudým podložím a chladným, vlhkým podnebím. Půdy v Krkonoších jsou převážně kyselé. V nižších oblastech se nejčastěji objevují hnědé lesní půdy (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

#### 2.1.4 Vodopis

Vodu z Krkonoš odvádí velké řeky Labe a Úpa včetně menších přítoků, dále menší říčky Mumlava a Jizerka. Voda je srážkového původu. Charakteristický je prudký spád a střídání úseků s menším a větším sklonem. Voda odtéká povodím Labe do Severního moře.

Známé jsou také krkonošské vodopády, např. Labský vodopád, a dvě polská ledovcová jezera – Wielki a Maly Staw (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

#### 2.1.5 Klima

Klima Krkonoš je díky větrnému proudění od Atlantiku chladné a drsné. Charakteristické je výrazné střídání ročních období a velmi silná proměnlivost počasí.

Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 0°C až 6°C, nejchladnějším místem je Sněžka. V podzimních a zimních měsících je častá teplotní inverze.

Ve vyšších oblastech převažují pevné formy srážek, sníh ale vytváří souvislou pokrývku až v listopadu. Ta může vydržet i více než 180 dní. Množství sněhové pokrývky je kvůli větrnému proudění nerovnoměrné. Největší mocnost sněhu byla změřena v Modrém dole, a to 15 m. Velmi častá je lavinová činnost (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

#### 2.1.6 Flóra a vegetační stupě

Submontánní stupeň (400 až 800 m n.m.) byl v minulosti charakteristický listnatými a smíšenými lesy, ty byly ale převážně vykáceny a nahrazeny smrkovými monokulturami. Mezi další nejznámější zástupce flóry patří česnek medvědí, sasanka hajní a lilie zlatohlavá.

V montánním stupni (800 až 1200 m n.m.) převládají kaprad'orosty a traviny. Na horských loukách se objevují krkonošské endemity, např. jeřáb krkonošský, zvonek krkonošský.

V subalpínském stupni (1200 až 1450 m n.m.) se nacházejí rašeliniště a porosty kleče. Častý je výskyt endemických druhů.

Alpínský stupeň (1450 až 1602 m n.m.) je známý tzv. krkonošskými botanickými zahrádkami, které jsou druhově velmi bohaté. Mezi zástupce patří nejčastěji jeřáby, hořce, kopyšníky, mechorosty a lišejníky (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

#### 2.1.7 Fauna

Složení krkonošské fauny je bohaté a počet druhů živočichů je obrovský. Mezi bezobratlé patří např. stěvlíci, sekáči a vážky. Žijí zde dva endemity, a to vřetenovka krkonošská a huňatec žlutopásný krkonošský. Z obratlovců jsou to především lesní savci, jako jeleni, srny, lišky a dále mnoho druhů ptáků, ryb, obojživelníků a plazů (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

## 2.1.8 Cestovní ruch

Krkonoše jsou nejvyšší a nejznámější pohoří České republiky, není proto divu že jsou i nejnavštěvovanější. Cestovní ruch se zde uplatňuje už od konce 18. století. Hlavními turistickými a sportovními středisky jsou Špindlerův Mlýn, Pec pod Sněžkou a Harrachov. Pro návštěvníky KRNAPu je připraveno přes 700 km turistických tras, naučné stezky, muzea a rekreační a sportovní zařízení. Nejčastějším turistickým cílem je Sněžka (Autorský kolektiv, 1984).

### 2.1.8.1 Sněžka

Sněžka je nejvyšší horou Krkonoš i celé České republiky. Měří 1602 m n.m.. Její název pochází z německého Schneekoppe (Sněhovka, Sněhkopa). Na vrcholu Sněžky na místě původní České boudy stojí od roku 2006 nová Česká pošta. Původní lanovka z roku 1949 z Pece pod Sněžkou na Sněžku je v současné době nahrazována novou (Autorský kolektiv, 2012).

## 2.2 Znečištění Krkonoš

### 2.2.1 Znečištění Krkonoš

Koncem sedmdesátých let se v oblasti Krkonošského národního parku začalo výrazně projevovat působení imisí. Imise pocházely převážně z tepelných elektráren v Polsku a bývalé NDR. Malý podíl přidaly i elektrárny v Česku. Na území Krkonoš se dostávaly hlavně západními větry. Postiženy byly také Jizerské hory. Kvůli vysoké koncentraci škodlivin v ovzduší se oblasti pohraničí těchto tří zemí přezdívalo „Černý trojúhelník“.

Významnými složkami znečištění ovzduší byly především oxidy síry a oxidy dusíku, které se vymývaly atmosférickými srážkami. Ty poté způsobovaly okyselení povrchových vod a půd.

Nejprokazatelnější je působení imisí na lesní porosty. Imise spolu s drsnými klimatickými podmínkami a malou odolností proti škůdcům byly příčinou devastace lesů. Do roku 1994 muselo být vykáceno 7000 ha lesního porostu (Kovalčík, 1984; Autorský kolektiv, 1984; Janouš, 2012).

#### 2.2.1.1 Monitorování znečištění ovzduší v Krkonoších

Už roku 1978 zahájila Správa Krkonošského národního parku dlouhodobý monitoring znečištění ovzduší v Krkonoších. KRNAP byl dokonce na shromáždění Světové unie ochrany přírody v Madridu zařazen mezi 12 nejohroženějších národních parků světa.

V letech 1992-2000 působila v KRNAP nizozemská nadace FACE, která obnovila více jak 5000 ha imisemi poškozených lesů. Proběhl také tříletý projekt záchrany biologické rozmanitosti Krkonoš, který byl financován Světovou bankou. V roce 2002 byl vytvořen Lesní hospodářský plán, který určoval péči o lesy na 10 let (Správa Krkonošského národního parku, 2010).

### 2.2.1.2 Změna znečištění ovzduší

V minulosti mnoho přírodovědců předpokládalo, že v důsledku imisní katastrofy v závěru 20. století dojde k zániku krkonošských lesů a vyrybnění toků. Zpochybňována byla také budoucnost cestovního ruchu v Krkonoších.

V 90. letech minulého století proběhl v Evropě ekologický program „vyčištění“ uhelných elektráren a imisní situace se rapidně zlepšuje (Autorský kolektiv, 1984).

## 2.3 Uhelné elektrárny

Uhelná elektrárna je tepelná elektrárna, která pro získání energie využívá spalování uhlí. Na našem území se nachází 17 uhelných elektráren. Ve většině českých elektráren se spaluje severočeské hnědé uhlí, v ostatních uhlí černé. Více než 44% světové spotřebované energie pochází z uhlí.

Všechny elektrárny v Evropské unii jsou v souladu s pravidly ochrany životního prostředí. V měřicích emisních stanicích pravidelně probíhá měření kvality ovzduší a je posuzován vliv uhelných elektráren na ovzduší. Měří se zejména emise oxidů dusíku a oxidů síry (Společnost ČEZ, 2012).

### 2.3.1 Jak funguje uhelná elektrárna

Uhelná elektrárna využívá spalování uhlí v kotli pro získání tepelné energie. Uhlí se do elektráren dopravuje pásovými dopravníky nebo vlaky. Uhlí se poté musí upravit na požadovanou velikost.

Tepelná energie, která vzniká spalováním uhlí, ohřívá chemicky upravenou vodu v trubkách uvnitř kotle a voda se mění v páru. Potom pára postupuje do turbíny, kde svou pohybovou energii roztáčí lopatky turbíny a generátor, který je s turbínou spojen. Roztáčením generátoru se přeměňuje mechanická energie na elektřinu. Po procesu se pára nechá zkondenzovat v kondenzátoru, je vedena trubkami zpět do kotle a celý cyklus začíná znovu.

Elektrárna je rozdělena na několik okruhů, tzv. výrobních bloků. Celá elektrárna má společné vodní hospodářství, uhelné hospodářství, komín a odsiřování. Samostatnou jednotkou je elektrárenský výrobní blok, který se skládá z kotle, turbíny a příslušenství, generátoru, odlučovače popílku, chladicí věže, blokového transformátoru a případně odsiřování.

Tepelné elektrárny se obvykle dělí na kondenzační elektrárny a na teplárny. V kondenzačních elektrárnách všechna pára po vykonání práce zkondenzuje v kondenzátoru, slouží pouze k výrobě elektřiny. Z tepláren je po výrobě elektřiny horká pára vedena potrubím do domácností, kde je využívána např. na vytápění (Společnost ČEZ, 2012; Autorský kolektiv, 2011).

### 2.3.2 Odsiřování uhelných elektráren

V letech 1992-1998 bylo v České republice provedeno „vyčištění“ uhelných elektráren tak, aby už dále nedocházelo k devastaci životního prostředí. Imise jsou dokonce trvale nižší, než určují předepsané limity. Program v hodnotě 110 miliard Kč provedla v České republice elektrárenská společnost ČEZ. Bylo nainstalováno 28 odsiřovacích jednotek, 7 fluidních kotlů a několik starých výrobních jednotek bylo odstaveno.

Podarilo se snížit emise oxidu siřičitého o 92%, pevných částic popílku o 95%, emise oxidů dusíku o 50% a oxidu uhelnatého o 77%.

Podle způsobu zachycování SO<sub>2</sub> se odsiřovací metody dělí na:

- a) regenerační
- b) neregenerační
- c) mokré
- d) polosuché
- e) suché.

V elektrárnách skupiny ČEZ je používána mokrá a polosuchá metoda. Při mokré metodě se SO<sub>2</sub> zachycuje v kapalině nebo ve vodní suspenzi aktivní látky. Při polosuché metodě se škodliviny absorbují na částicích vápenné suspenze, které jsou následně usušeny (Společnost ČEZ, 2012; Autorský kolektiv, 2011).

#### **2.3.2.1 Elektrárna Poříčí**

Nejbližší českou tepelnou elektrárnou u oblasti KRNAP je elektrárna Poříčí, která díky svému umístění sehraje důležitou roli při udržování dobrých napěťových poměrů v severovýchodních Čechách. Organizační jednotka ČEZu Elektrárny Poříčí sestává ze dvou provozů, a to z Elektrárny Poříčí II a Teplárny Dvůr Králové. Teplem zásobují celé město Trutnov, jeho okolí a město Dvůr Králové nad Labem. Od roku 1996 se musí řídit Zákonem o ochraně ovzduší.

Elektrárna Poříčí byla zprovozněna v roce 1957. Původně v ní bylo nainstalováno šest kotlů, ty ale nevyhovovaly předpisům a proto byly v rámci programu odsíření nahrazeny dvěma fluidními kotli. Dva původní dnes slouží jako havarijní rezerva.

Dřívější kotle měly výkon 125 tun páry/hodinu, současné fluidní mají výkon 250 tun páry za hodinu a spalují severočeské hnědé uhlí. Jejich instalace proběhla v říjnu 1996 a v září 1998 (Společnost ČEZ, 2012).

#### **2.3.2.2 Polská elektrárna Turów**

Elektrárna Turów se nachází v polském městě Bogatynia poblíž česko-německo-polského trojzemí. Je provozována společností Elektrownia Turów SA. Výstavba začala roku 1958 a do provozu byla uvedena roku 1962. Její instalovaný výkon byl 2106 MW.

V současné době elektrárna spaluje hnědé uhlí z velkolomu Turów s přidavkem rostlinné biomasy. V provozu je šest moderních fluidních kotlů a dva starší kotle s přidanou odsiřovací jednotkou. Emise jsou pravidelně kontrolovány a data jsou shromažďována na centrální stanici v oddělení ochrany životního prostředí Turów (Kovalčík, 1984; Brach Turów, 2010).

#### **2.3.2.3 Německá elektrárna Boxberg**

Boxberg je druhá největší uhelná elektrárna v Německu, nacházející se přibližně 60 km severně od českých hranic. Je provozována evropskou energetickou společností Vattenfall-Kraftwerke. Do provozu byla uvedena roku 1971. Její výkon byl 3520 MW. V elektrárně se spaluje hnědé uhlí z těžební oblasti Nochten Reichwalde.

Mezi lety 1992-1995 bylo provedeno odsíření elektrárny. Dvě jednotky byly dovybaveny moderními odsiřovacími jednotkami a některé staré bloky byly demontovány. V roce 2000 byla do provozu uvedena nová 900 MW jednotka (Autorský kolektiv, 2011).

## 2.4 Kyselé deště

Kyselý déšť, označován také jako kyselá atmosférická depozice, je množství srážek s pH nižším než 5,6. Patří mezi nejvýznamnější ekologické problémy. Tento jev byl poprvé popsán v 60. letech 20. století.

Příčiny kyselých dešťů jsou zejména spalování uhlí v elektrárnách a vysokoteplotní spalování benzínu v motorech automobilů. Z těchto procesů se do atmosféry dostávají imise oxidů dusíku a oxid siřičitý, které jsou atmosférickými srážkami vymývány v podobě kyselých dešťů na povrch Země.

Na povrchu dochází k okyselování a následnému ničení životního prostředí. Ve střední Evropě byly poškozeny desetitisíce hektarů lesa, půdy, řeky i jezera.

K okyselování docházelo i v Krkonoších. Toky v Krkonoších jsou kyselějšího charakteru z přirozených důvodů, a to díky rašelinným vodám a chudému minerálnímu podloží. Přesto bylo pH v minulosti ještě nižší vlivem kyselých srážek (Kovalčík, 1984; Hruška, 1999; Hruška a kol., 1996).

### 2.4.1 Vliv na sladkovodní ryby

Kvůli okyselování povrchových vod docházelo k častému úhynu sladkovodních ryb. Nejhorší situace byla v oblastech Krušných hor, Jizerských hor, Krkonoš, Šumavy, Orlických hor a Jeseníků.

V těchto zónách klesalo pH pod 5,5 a tak se začal z půd uvolňovat toxický hliník. Hliník se ve vodě rozpouštěl a srážel se na nerozpustnou formu na žábrách ryb. To zamezovalo dýchání a ryby se prakticky udusily.

V Krkonošském národním parku se nejvíce vyskytují tři druhy ryb, a to pstruh obecný, siven americký a pstruh americký duhový. Nejodolnější vůči nízkému pH je siven americký (až pH 3,5), zatímco ostatní dva druhy jsou na kyselém pH mnohem citlivější (pH 5) (Kovalčík, 1984; Hruška a kol., 1996; Hruška & Kopáček, 2005).

### 2.4.2 Plyny způsobující kyselé deště

#### 2.4.2.1 Amoniak – $NH_3$

Za normálních podmínek se amoniak vyskytuje jako bezbarvý plyn štiplavého zápachu. Je dobře rozpustný ve vodě, je žíravý a dráždivý. Pro vodní organismy je vysoce toxický. Amoniak se používá jako chladicí médium místo freonů, v průmyslu jako bělicí a čistící činidlo, při výrobě hnojiv, umělých hmot, výbušnin a farmaceutických výrobků. Do atmosféry je uvolňován rozkladem živočišných odpadů, používáním hnojiv a průmyslovými procesy. Je důležitý pro rostliny, protože z něj odebírají potřebný dusík (Autorský kolektiv, 2012; Mareček & Honza, 2005).

#### 2.4.2.2 Oxid siřičitý – $SO_2$

Oxid siřičitý je bezbarvý plyn štiplavého zápachu. Má silně redukční účinky, ale za specifických podmínek může vystupovat i jako oxidační činidlo. Je toxický, na člověka



působí dráždivě a podporuje záněty průdušek a astma. Využívá se při výrobě kyseliny sírové a celulózy. Do ovzduší se dostává především spalováním sirnatého uhlí v uhelných elektrárnách. Přírodním zdrojem  $\text{SO}_2$  na Zemi je sopečná činnost a oxidace sulfanu ( $\text{H}_2\text{S}$ ), vznikajícího při mikrobiálním rozkladu odumřelé biomasy v půdách a sedimentech. V ovzduší oxiduje s kyslíkem za přítomnosti vody na kyselinu sírovou, která zapříčiňuje kyselý dešť. V roce 2000 byla Česká republika 5. největším producentem  $\text{SO}_2$  v Evropské unii (Autorský kolektiv, 2012; Mareček & Honza, 2005; Hruška & Kopáček, 2005).

#### 2.4.2.3 Oxidy dusíku – $\text{NO}_x$

Skupina označovaná jako  $\text{NO}_x$  jsou oxidy dusíku, a to oxid dusný, oxid dusnatý, oxid dusičitý a oxid dusičný. Oxidy dusíku se podílejí na vzniku kyselých dešťů a globálního oteplování. Nejvíce je s tím spojen oxid dusičitý, který se vyskytuje jako hnědočervená plynná látka. Do ovzduší unikají při spalovacích procesech a z dopravy. Přírodně se do atmosféry dostávají jako produkt mikrobiálních pochodů v půdách, při lesních a stepních požárech a vznikají rovněž při elektrických výbojích v atmosféře. Jsou pro ně stanoveny emisní limity, ale na rozdíl od ostatních emisních látek se jejich koncentrace v průběhu několika let příliš nezměnila (Autorský kolektiv, 2012; Mareček & Honza, 2005; Hruška & Kopáček, 2005).

#### 2.4.2.4 Fluorovodík – $\text{HF}$

Fluorovodík je velmi reaktivní látka a také látka toxická, pro lidský organismus vysoce nebezpečná. Jeho emise mohou způsobit škody na rostlinách a na hospodářských zvířatech. Používá se primárně v průmyslových procesech k leptání skla, odstraňování rzi, nebo jako součást čisticích prostředků. Vzniká exotermickou reakcí vodíku s fluorem. Do ovzduší se dostává vysokoteplotními průmyslovými procesy (Autorský kolektiv, 2012; Mareček & Honza, 2005).

#### 2.4.2.5 Chlorovodík – $\text{HCl}$

Chlorovodík je bezbarvý plyn reagující silně kyselé. Je dobře rozpustný ve vodě. Do ovzduší je uvolňován spalováním nekvalitního uhlí v uhelných elektrárnách, chemickým průmyslem nebo vulkanickou činností. Plynný chlorovodík se ve vodě rozpustí za vzniku silné kyseliny, která je pro vodní živočichy toxická. Jsou pro něj stanoveny emisní limity pro ovzduší a imisní limity pro povrchové vody (Autorský kolektiv, 2012; Mareček & Honza, 2005).

## 2.5 Sledované parametry vody

### 2.5.1 Konduktivita

Konduktivita, označována také jako měrná vodivost, je kritériem pro míru koncentrace iontů ve vodě. Měrná elektrická vodivost (konduktivita), dále jen měrná vodivost roztoku, je definována jako převrácená hodnota měrného odporu (rezistivity) ( $r$ ), který je definován jako podíl intenzity elektrického pole a proudové hustoty. Mezinárodní jednotkou (SI) měrné vodivosti je siemens na metr ( $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ ); obvykle se měrná vodivost roztoku vyjadřuje v  $\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  nebo  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Konduktivita je značně závislá na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a na teplotě. Vzrůst nebo pokles teploty o  $1^\circ\text{C}$  může způsobit změnu vodivosti až o 2%. Proto se konduktivita vody přepočítává na teplotu  $25^\circ\text{C}$ . V analytické chemii slouží

především ke kontrole výsledků chemického rozboru (Brdlička & Dvořák, 1977; Horáková, 2003; Pitter, 1999).

### 2.5.2 pH

pH určuje míru kyselosti nebo zásaditosti vodných roztoků. Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem oxoniových iontů  $[H_3O^+]$  a zásaditost je způsobena nadbytkem hydroxidových iontů  $[OH^-]$ . pH je definováno jako záporná hodnota dekadického logaritmu aktivity oxoniových iontů, vyjádřené v molech na litr

$$pH = - \log [H_3O^+].$$

V neutrálním prostředí je  $pH=7$  tzn.  $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$  mol/l. V kyselém prostředí je  $pH < 7$  a v alkalickém  $pH > 7$ .

pH stupnice má logaritmický průběh. Změna o jednotku pH znamená v roztoku 10násobné zvýšení nebo snížení aktivity vodíkových iontů. To vysvětluje, proč se agresivita roztoku rapidně zvětšuje se zvyšujícím se odstupem od neutrálního bodu.

Hodnota pH má mimořádný význam, protože ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických, chemických a biochemických procesů probíhajících ve vodách. Stanovení hodnoty pH je nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody (Brdlička & Dvořák, 1977; Horáková, 2003; Pitter, 1999).

## 3 Praktická část

### 3.1 Hypotézy

Před vlastním výzkumem byly na základě studia literatury a konzultace s Ing. Jiřím Kovalčíkem stanoveny dvě hypotézy, které byly v průběhu zpracování projektu ověřovány:

- Předpokládáme, že vzhledem k odsíření blízkých uhelných elektráren již v Krkonošském národním parku nedochází ke vzniku kyselých dešťů.
- Předpokládáme, že pH sněhových srážek, námraz a vodních toků v Krkonošském národním parku se přiblížilo z kyselých hodnot k neutrálním hodnotám.

## 3.2 Metodika

### 3.2.1 Teorie

Praktické části předcházelo studium literatury a internetových stránek, které se zabývají Krkonošským národním parkem, emisemi, uhelnými elektrárnami a jejich odsířením, kyselým deštěm a sledovanými parametry vody.

### 3.2.2 Odběry

Vzorky sněhu byly odebírány vertikálně na dvou odběrových místech (Labská louka a Medvědíň) pomocí sondovací tyče o délce 1 m a průměru 5 cm. Odběry byly prováděny 28.4.2012, 31.12.2012 a 19.1.2013. Vedle celého profilu byly odebírány i vzorky sněhu z vrchních a spodních vrstev sněhové pokrývky. Každý vzorek sněhu byl ve vzorkovnici dopraven do provozní laboratoře Severočeských vodovodů a kanalizací ve Špindlerově Mlýně. Analýzy byly prováděny po pozvolném roztátí.



Obrázek 1: Odběr vzorku sněhu na Medvědíňě 31.12.2012

Vzorky námrazy byly odebírány z turistického tyčového značení tras poblíž Vrbatovy boudy. Odběry byly prováděny 31.12.2012 a 19.1.2013. Vzorky byly ve vzorkovnici dopraveny do laboratoře a po pozvolném roztátí byly prováděny analýzy.



Obrázek 2: Odběr vzorku námrazy na Zlatém návrší 31.12.2012

Voda z Bílého Labe byla odebírána do vzorkovnic a následně přepravena do laboratoře, kde byly prováděny analýzy. Odběry byly prováděny 28.4.2012, 31.12.2012 a 19.1.2013.

### **3.2.3 Odběrová místa**

#### **3.2.3.1 Medvědín**

Medvědín je hora, jejíž vrchol dosahuje nadmořské výšky 1235 m. Stanoviště je částečně chráněné proti větrům smrkovými porosty a nachází se přibližně 100 m od sjezdovky.

#### **3.2.3.2 Labská louka**

Labská louka je náhorní plošina ležící nedaleko Labské boudy v nadmořské výšce 1340 m. Stanoviště je silně větrné, nechráněné.

#### **3.2.3.3 Bílé Labe**

Bílé Labe pramení poblíž Studniční hory. Vzorky byly odebrány přibližně 2 km nad Dívčími lávkami, soutokem Bílého Labe s Labem.

#### **3.2.3.4 Zlaté návrší**

Zlaté návrší leží nedaleko Vrbatovy boudy v nadmořské výšce 1416 m. Stanoviště je silně větrné, nechráněné.

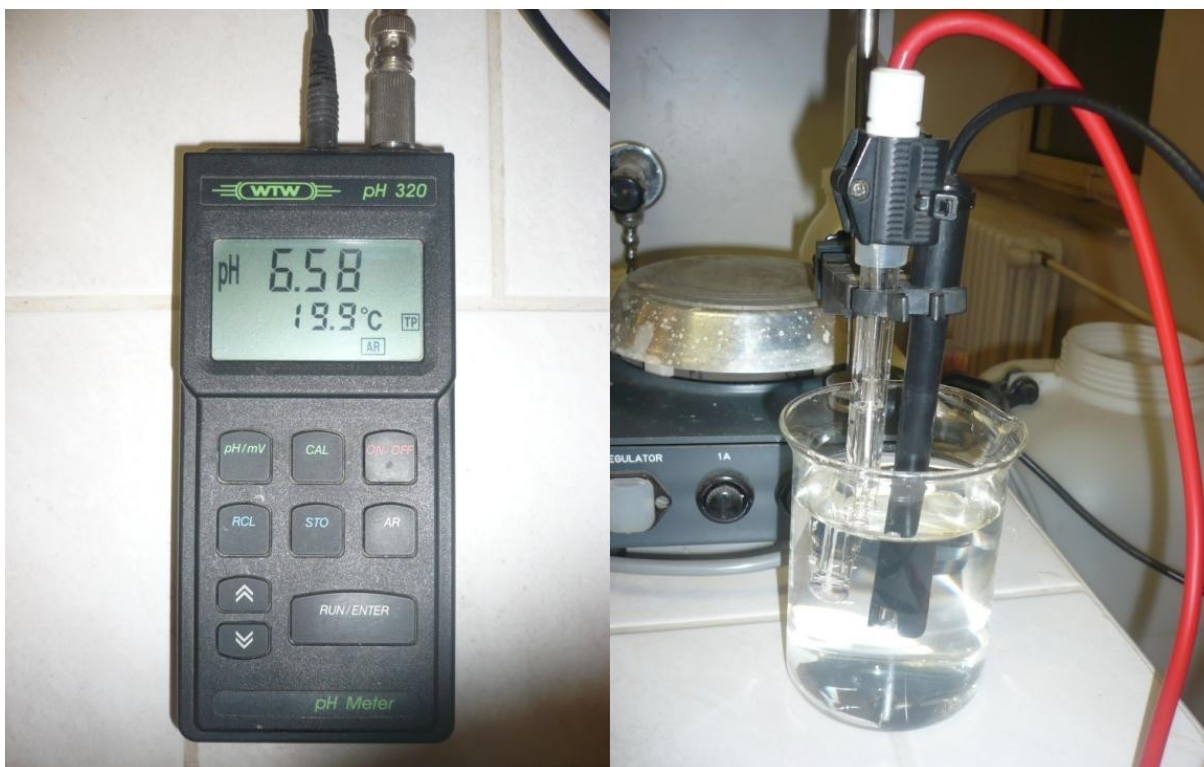




Obrázek 3: Mapa odběrových míst (měřítko 1:47 000)

### 3.2.4 Měření pH

Měření pH probíhalo v provozní laboratoři Severočeských vodovodů a kanalizací ve Špindlerově Mlýně. Při analýze byl použit mikroprocesorový digitální pH-metr typu 320 značky WTW GmbH Spolková republika Německo s elektrodou SenTix 97. Vzorky byly vytemperovány na 20°C.



Obrázek 4: pH metr

Postup měření:

- a) Před měřením jsem pH-metr nakalibrovala pomocí tří pufrů (pH 4 Hamilton Duracal Buffer č.1484101, pH 7 Hamilton Duracal Buffer č.1490947, pH 10 Hamilton Duracal Buffer č.1483373).
- b) Po kalibraci přístroje jsem elektrodu několikrát omyla destilovanou vodou, otřela do buničité vaty a ponořila do měřeného vzorku.
- c) Na pH-metru jsem stiskla tlačítko AR a RUN/ENTER. Na displeji se zobrazila hodnota pH a problikávalo označení AR.
- d) Po ustálení hodnoty se problikávání zastavilo a zobrazila se aktuální platná hodnota měření.
- e) Po ukončení měření jsem elektrodu očistila podle postupu v bodě b), osušila jsem ji a vložila do uchovávací nádoby s roztokem KCl.

### 3.2.5 Měření konduktivity

Měření konduktivity probíhalo v provozní laboratoři Severočeských vodovodů a kanalizací ve Špindlerově Mlýně. Při analýze byl použit vodotěsný přenosný konduktometr typu PCD650 značky Eutech Instruments. Vzorky byly vytemperovány na teplotu 25°C.



Obrázek 5: Konduktometr

Postup měření:

- a) Konduktometr jsem uvedla do chodu sejmutím ochranného krytu elektrody a zapnutím přístroje spínačem.
- b) Elektrodu jsem očistila, ponořila do měřeného vzorku a několik sekund jsem vzorek míchala.
- c) Po cca dvou minutách jsem odečetla na displeji hodnotu vodivosti měřeného vzorku.



### 3.3 Výsledky

#### 3.3.1 Sníh Medvědí

Tab. 1: Výsledky analýz vzorků sněhu z 28.4.2012

| Profil | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|--------|------|--|
| Vrchní | 6,82 | 21,42                                    |
| Spodní | 7,40 | 63,83                                    |
| Celý   | 7,16 | 65,60                                    |

Tab. 2: Výsledky analýz vzorků sněhu z 31.12.2012

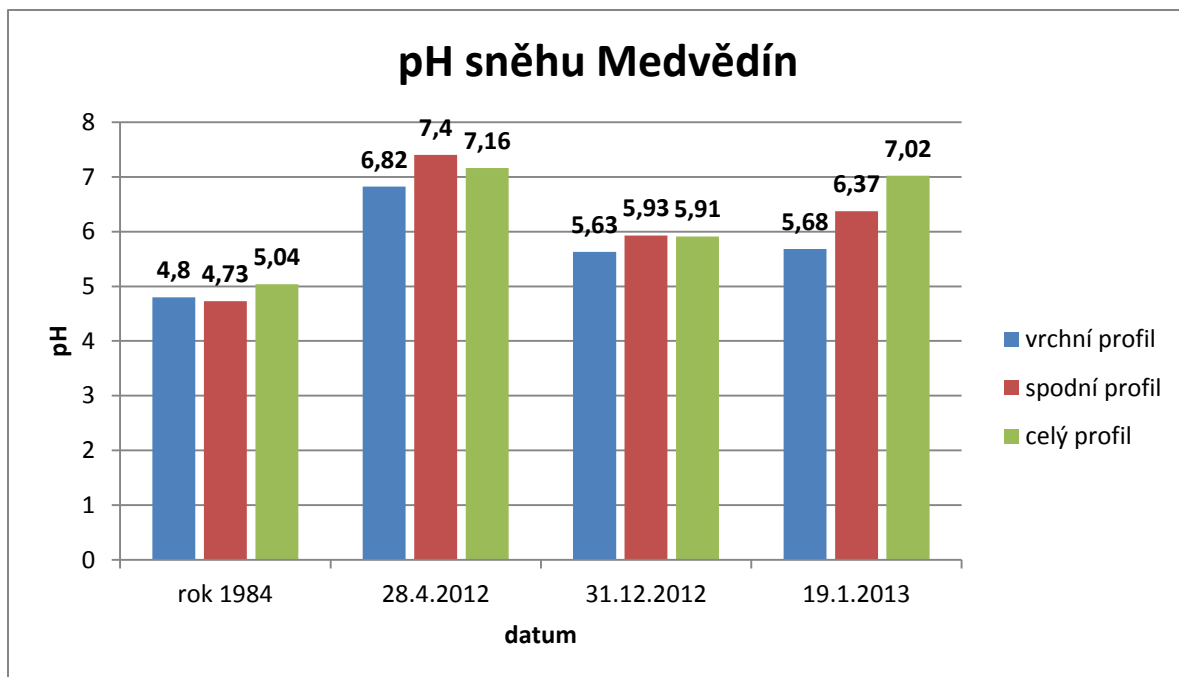
| Profil | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|--------|------|--|
| Vrchní | 5,63 | 20,91                                    |
| Spodní | 5,93 | 9,46                                     |
| Celý   | 5,91 | 13,06                                    |

Tab. 3: Výsledky analýz vzorků sněhu z 19.1.2013

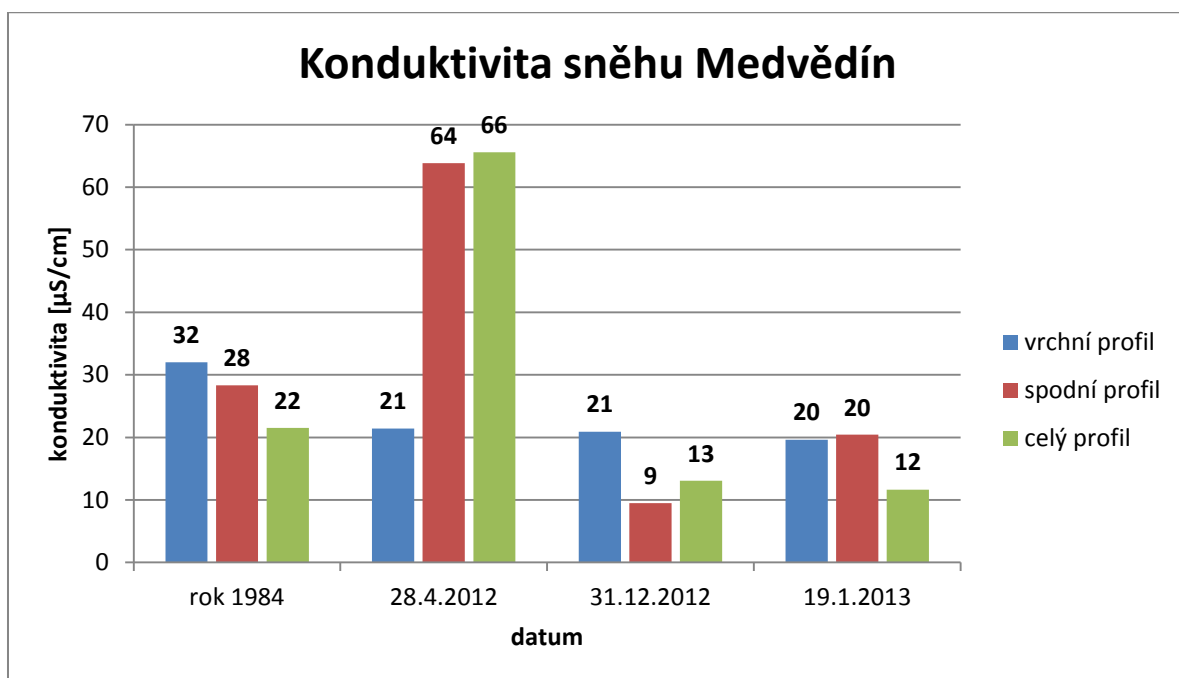
| Profil | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|--------|------|--|
| Vrchní | 5,68 | 19,64                                    |
| Spodní | 6,37 | 20,42                                    |
| Celý   | 7,02 | 11,65                                    |

Tab. 4: Průměrné výsledky analýz vzorků sněhu z roku 1984

| Profil | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|--------|------|--|
| Vrchní | 4,80 | 32,01                                    |
| Spodní | 4,73 | 28,32                                    |
| Celý   | 5,04 | 21,50                                    |



Graf 1: pH sněhu na Medvědině



Graf 2: Konduktivita sněhu [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] na Medvědině

Výsledky analýz sněhu z Medvědína ukazují, že:

- v roce 1984 bylo pH sněhu na Medvědině průměrně 4,85, v dubnu 2012 pH průměrně 7,13, v prosinci 2012 pH průměrně 5,82 a v lednu 2013 pH průměrně 6,35
- v roce 1984 byla konduktivita sněhu na Medvědině průměrně 27,28, v dubnu 2012 průměrně 50,28, v prosinci 2012 průměrně 14,48 a v lednu 2013 průměrně 17,24

### 3.3.2 Sníh Labská louka

Tab. 5: Výsledky analýz vzorků sněhu z 28.4.2012

| Profil        | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|---------------|------|--|
| <b>Vrchní</b> | 7,55 | 48,15                                    |
| <b>Spodní</b> | 7,48 | 34,91                                    |
| <b>Celý</b>   | 6,53 | 35,50                                    |

Tab. 6: Výsledky analýz vzorků sněhu z 31.12.2012

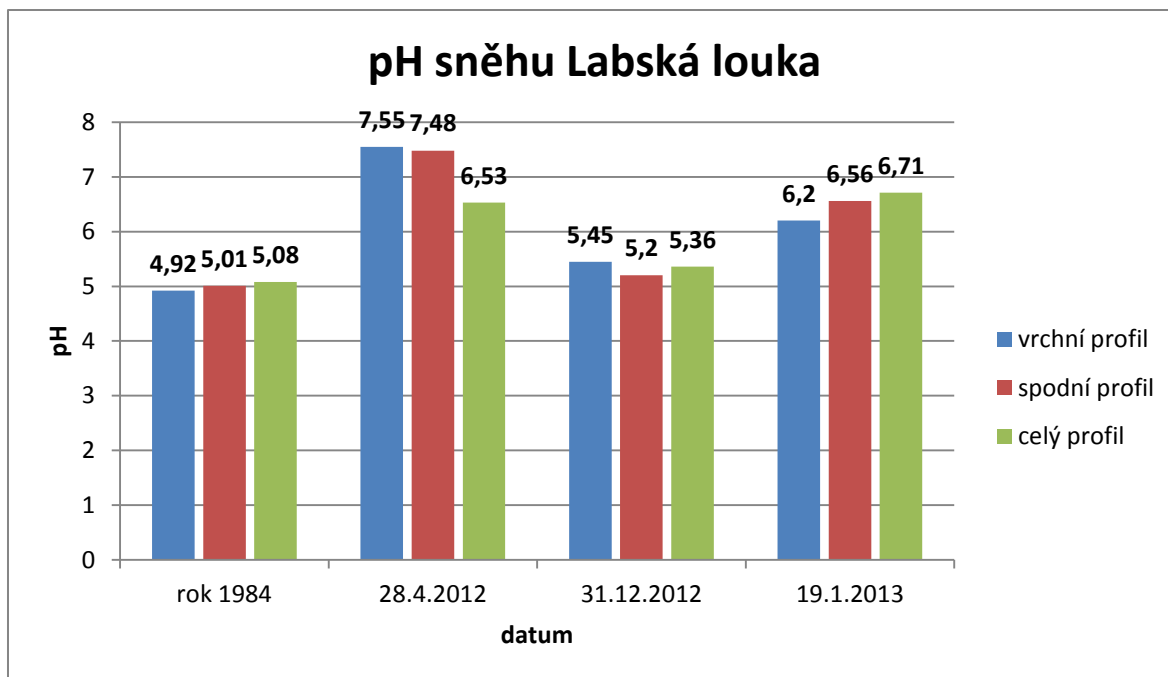
| Profil        | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|---------------|------|--|
| <b>Vrchní</b> | 5,45 | 29,87                                    |
| <b>Spodní</b> | 5,20 | 16,29                                    |
| <b>Celý</b>   | 5,36 | 20,11                                    |

Tab. 7: Výsledky analýz vzorků sněhu z 19.1.2013

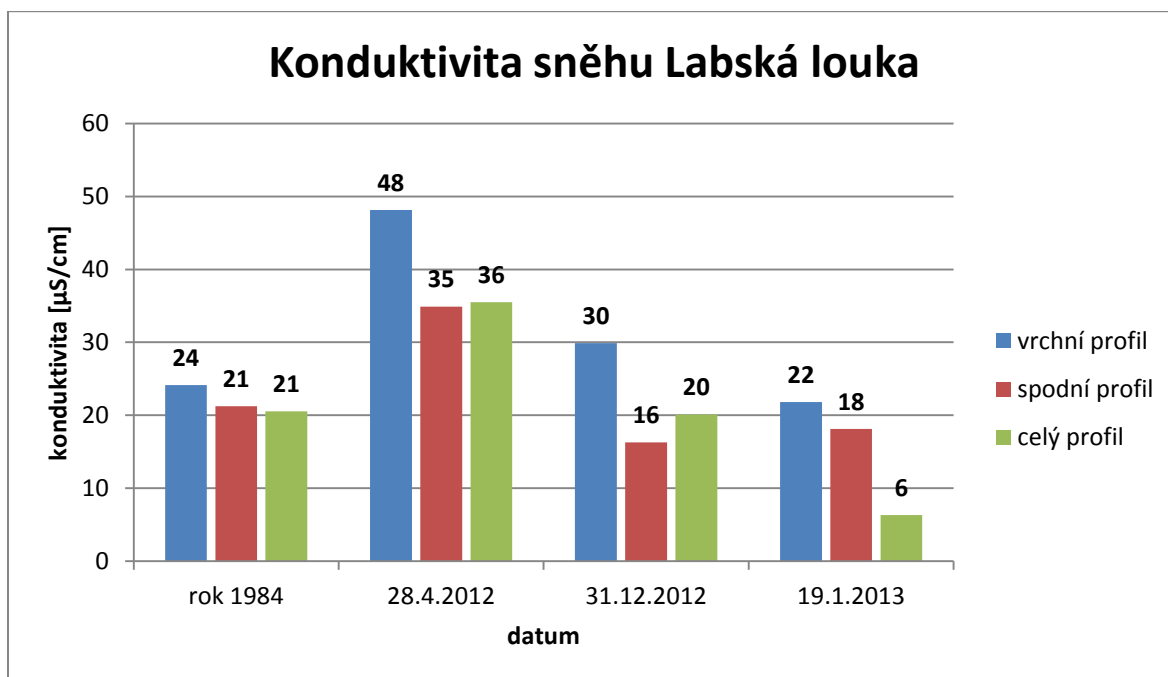
| Profil        | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|---------------|------|--|
| <b>Vrchní</b> | 6,20 | 21,83                                    |
| <b>Spodní</b> | 6,56 | 18,11                                    |
| <b>Celý</b>   | 6,71 | 6,32                                     |

Tab. 8: Průměrné výsledky analýz vzorků sněhu z roku 1984

| Profil        | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|---------------|------|--|
| <b>Vrchní</b> | 4,92 | 24,16                                    |
| <b>Spodní</b> | 5,01 | 21,25                                    |
| <b>Celý</b>   | 5,08 | 20,53                                    |



Graf 3: pH sněhu na Labské louce



Graf 4: Konduktivita sněhu [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] na Labské louce

Výsledky analýz sněhu z Labské louky ukazují, že:

- v roce 1984 bylo pH sněhu na Labské louce průměrně 5,00, v dubnu 2012 pH průměrně 7,19, v prosinci 2012 pH průměrně 5,34 a v lednu 2013 pH průměrně 6,49
- v roce 1984 byla konduktivita sněhu na Labské louce průměrně 21,98, v dubnu 2012 průměrně 39,52, v prosinci 2012 průměrně 22,09 a v lednu 2013 průměrně 15,42

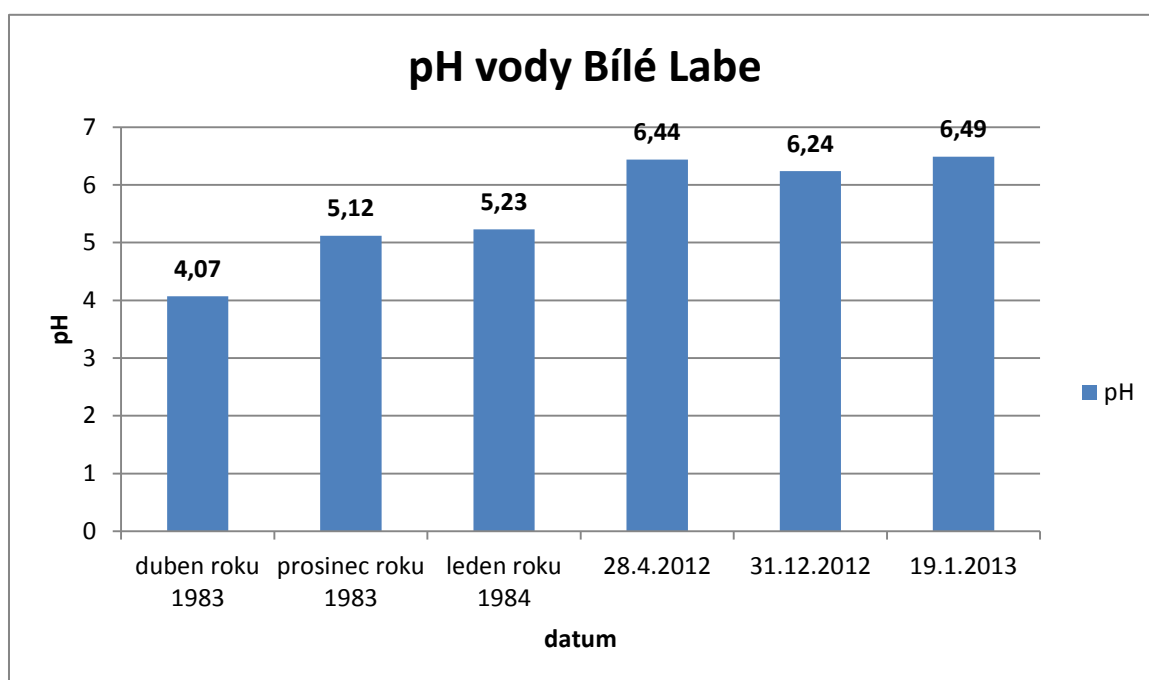
### 3.3.3 Voda Bílé Labe

Tab. 9: Výsledky analýz vzorků vody z Bílého Labe 2012/2013

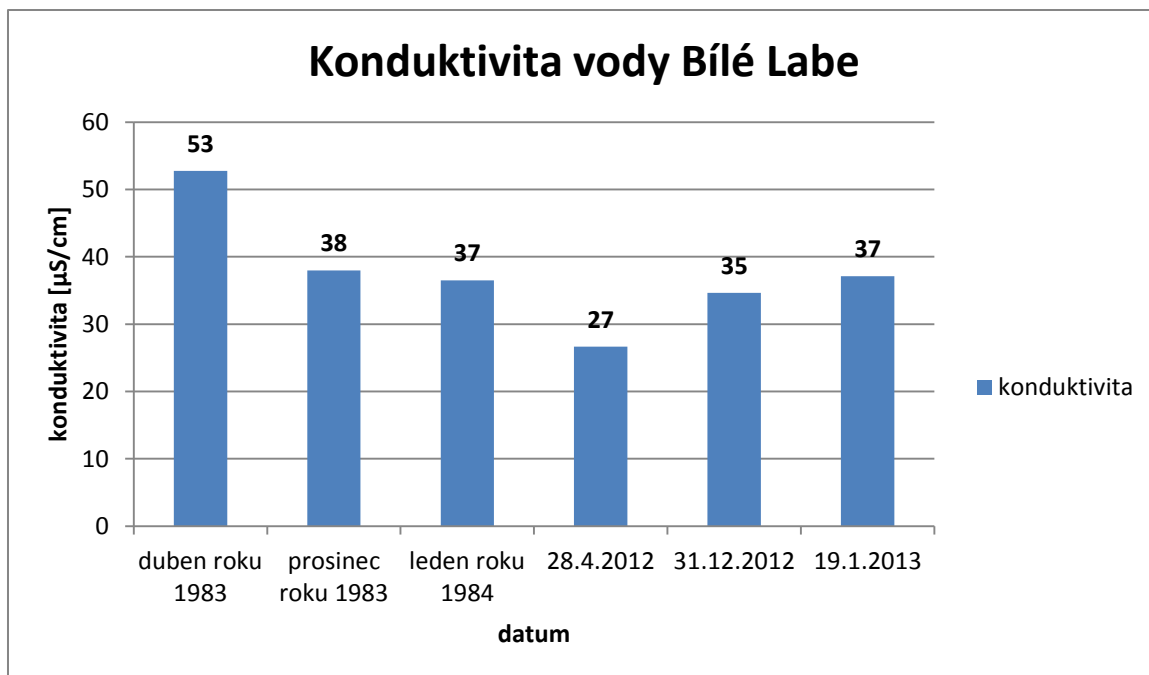
| Datum      | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|------------|------|--|
| 28.4.2012  | 6,44 | 26,64                                    |
| 31.12.2012 | 6,24 | 34,63                                    |
| 19.1.2013  | 6,49 | 37,13                                    |

Tab. 10: Výsledky analýz vzorků vody z Bílého Labe 1983/1984

| Datum         | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|---------------|------|--|
| Duben 1983    | 4,07 | 52,74                                    |
| Prosinec 1983 | 5,12 | 37,98                                    |
| Leden 1984    | 5,23 | 36,50                                    |



Graf 5: pH vody z Bílého Labe



Graf 6: Konduktivita vody [µS/cm] z Bílého Labe

Výsledky analýz vody z Bílého Labe ukazují, že:

- v letech 1983 a 1984 bylo pH vody z Bílého Labe průměrně 4,80 a v letech 2012 a 2013 pH průměrně 6,39
- v letech 1983 a 1984 byla konduktivita vody z Bílého Labe průměrně 42,41 a v letech 2012 a 2013 konduktivita průměrně 32,80

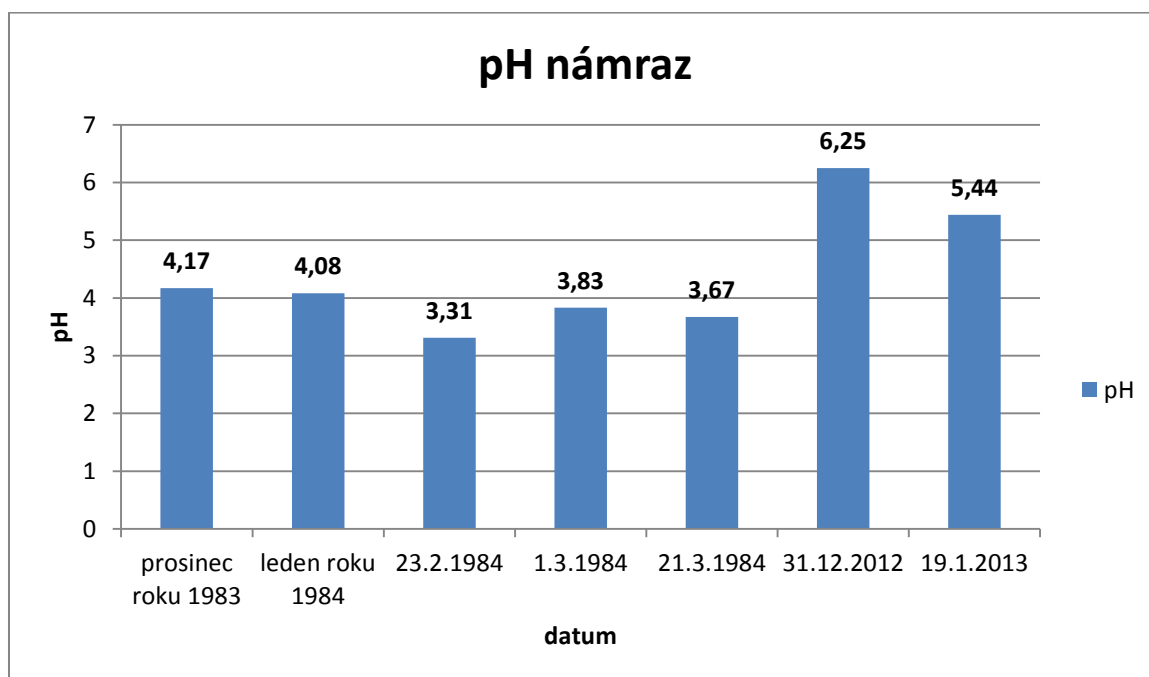
### 3.3.4 Námrazy

Tab. 11: Výsledky analýz vzorků námraz ze Zlatého návrší 2012/2013

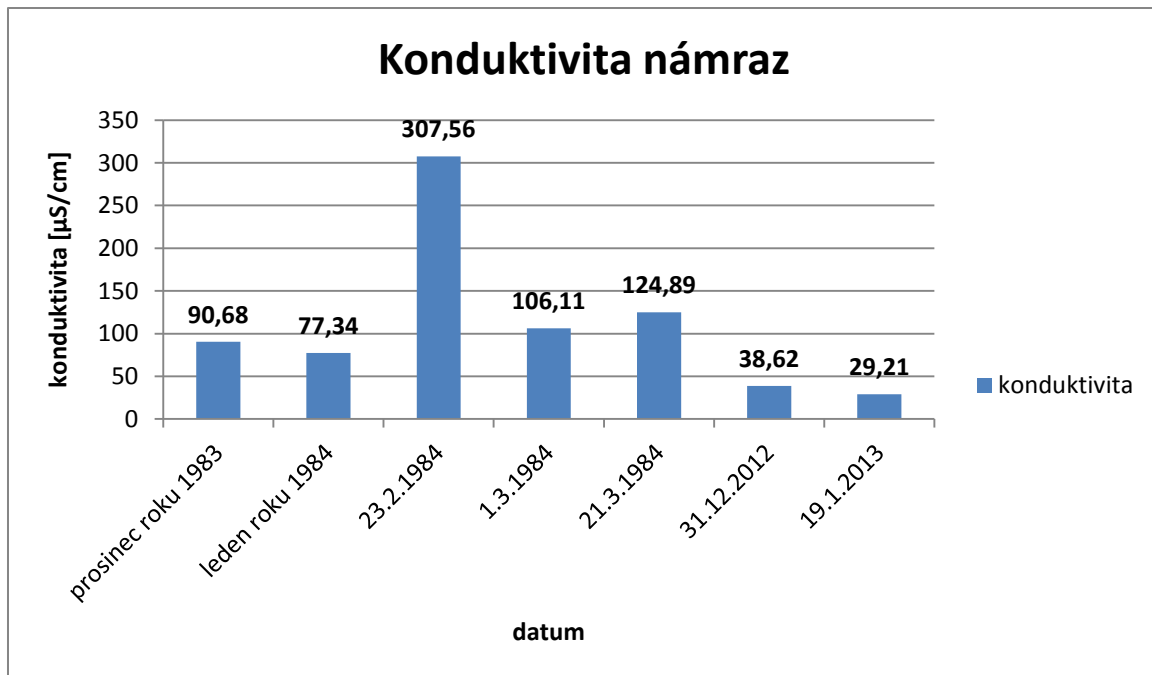
| Datum      | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|------------|------|--|
| 31.12.2012 | 6,25 | 38,62                                    |
| 19.1.2013  | 5,44 | 29,21                                    |

Tab. 12: Výsledky analýz vzorků námraz ze Zlatého návrší 1983/1984

| Datum         | pH   | Konduktivita [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |
|---------------|------|--|
| Prosinec 1983 | 4,17 | 90,68                                    |
| Leden 1984    | 4,08 | 77,34                                    |
| 23.2.1984     | 3,31 | 307,56                                   |
| 1.3.1984      | 3,83 | 106,11                                   |
| 21.3.1984     | 3,67 | 124,89                                   |



Graf 7: pH námraz ze Zlatého návrší



Graf 8: Konduktivita námraz [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] ze Zlatého návrší

Výsledky analýz námraz ze Zlatého návrší ukazují, že:

- v letech 1983 a 1984 bylo pH námraz na Zlatém návrší průměrně 3,81 a v letech 2012 a 2013 pH průměrně 5,85
- v letech 1983 a 1984 byla konduktivita námraz na Zlatém návrší průměrně 141,32 a v letech 2012 a 2013 konduktivita průměrně 33,92



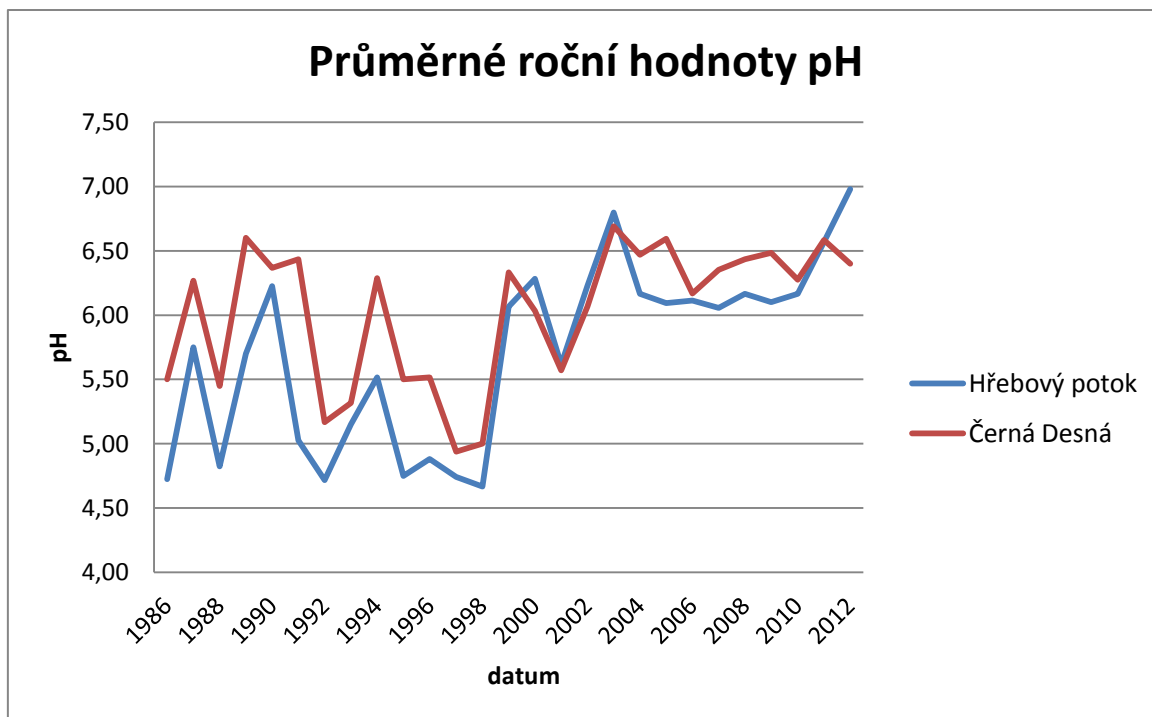
## 4 Diskuze

Působení kyselého deště na životní prostředí bylo ještě výraznější v Krušných horách. Vlivem vysokých koncentrací  $\text{SO}_2$  v ovzduší uhynulo, nebo bylo výrazně poškozeno několik desítek tisíc hektarů lesů. Jak uvádí Hruška a Kopáček (2005), je znám případ ze zimy 1977/1978, kdy kvůli prudkému snížení teploty a zvýšení koncentrace  $\text{SO}_2$  během jedné noci uhynuly tisíce hektarů lesa. Po roce 1990 se průměrné koncentrace  $\text{SO}_2$  snížily o 92% a v důsledku toho již nedochází k jednorázovým velkoplošným úhynům stromů. Nyní je hlavní příčinou chřadnutí lesů dlouhodobé okyselení půd. Bohužel bude k poškozování docházet i v budoucnu, protože okyselování je kumulativní jev.

Stejně jako se účinkem kyselého deště okyselily půdy, došlo i k okyselení povrchových vod a tím k vyhubení ryb. Například v šumavských jezerech bylo v 80. letech pH vody na hodnotě 4,4. Zatímco emise síry a dusíku v současné době výrazně klesly, pH roste jen mírně. V průběhu dvaceti let se pH posunulo na hodnotu 4,8. Je to způsobeno vyčerpáním neutralizační kapacity půd. Regenerace šumavských jezer bude trvat ještě několik desetiletí (Hruška & Kopáček, 2005).

Podobně jako v Krkonoších probíhalo okyselení a následná regenerace potoků v Jizerských horách. Například v 50. letech kleslo pH potoka Černé Nisy na hodnoty mezi 5,5 – 5,0. V tomto období je doloženo první vymizení pstruhů z potoka a z vodní nádrže Bedřichov, která je Černou Nisou napájena. Během 60. a 70. let proběhly několikeré neúspěšné pokusy o reintrodukci ryb, až v roce 1992 byli do potoka po 4 desetiletích úspěšně navraceni siveni američtí. Pro pstruhy je však voda stále kyselá a toxická vlivem hliníku. Oproti tomu Labská přehrada v Krkonoších je dnes jedním z největších stojatých revírů se pstruhy v České republice (Hruška & Kopáček, 2005).

Během zpracování své práce jsem navázala kontakt i se zástupci státního podniku Povodí Labe v Hradci Králové a získala jsem údaje o pH vodních toků v oblasti Jizerských hor. Měření provádí Povodí Labe jako soustavný provozní monitoring vodní nádrže Souš. V následujícím grafu jsou znázorněny hodnoty pH dvou potoků, a to Hřebového potoka a Černé Desné. Zatímco v roce 1986 bylo pH Hřebového potoka 4,7, nyní je pH průměrně 7,0. pH vody v Černé Desné bylo v roce 1986 průměrně 5,5 a nyní se posunulo na hodnotu 6,4. Posun pH z kyselých hodnot k neutrálním hodnotám je tedy srovnatelný s posunem hodnot pH vody v Bílém Labi v Krkonoších.



Graf 9: pH vody Hřebový potok a Černá Desná (Jizerské hory)

## 5 Závěr

V teoretické části projektu s názvem Sledování změn pH vody v oblasti Krkonošského národního parku je popisován KRNAP, uhelné elektrárny a jejich odsíření, kyselá dešť a sledované parametry vody. Cílem praktické části tohoto projektu bylo porovnat hodnoty pH a konduktivity sněhu, toků a námraz v Krkonošském národním parku z roku 1984 s naměřenými výsledky z roku 2012 a 2013.

Z výsledků lze usuzovat, že:

- pH vzorků sněhu, vody i námraz z roku 2012 a roku 2013 je prokazatelně vyšší než pH v letech 1983 a 1984
- konduktivita sněhu z dubna 2012 může být ovlivněna jarním táním, stářím sněhu a vzlínáním částic z půdy
- nižší hodnoty pH námraz mohou být způsobeny tím, že námrazy vznikají převážně z mlh, kde je soustředěno největší množství emisních plynů

Při zpracování projektu se potvrdila hypotéza, že pH sněhových srážek, námraz a vodních toků v Krkonošském národním parku se přiblížilo z kyselých hodnot k neutrálním hodnotám. Praktickým důkazem toho je např. návrat pstruhů do krkonošských toků. Také lesní porosty jsou dnes v nesrovnatelně lepší kondici než před třiceti lety.

Některé naměřené hodnoty pH hraničí s kyselými srážkami, což lze přičíst zvýšené automobilové dopravě.

## 6 Citovaná literatura

1. Autorský kolektiv. (2011). Získáno 10. říjen 2012, z Vodní a tepelné elektrárny: <http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/>
2. Autorský kolektiv. (2012). *Chemické látky: Arnika*. Získáno 10. říjen 2012, z Arnika: <http://arnika.org/chemicke-latky>
3. Autorský kolektiv. (1984). *Krkonoše* (Turistický průvodce ČSSR. vyd.). Praha, ČSSR: Nakladatelství Olympia.
4. Autorský kolektiv. (9. říjen 2012). *Sněžka: Wikipedia otevřená encyklopedie*. Získáno 10. říjen 2012, z Wikipedia: otevřená encyklopedie: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sn%C4%9B%C5%BEka>
5. Autorský kolektiv. (4. říjen 2012). *Tabulky s žebříčky největších zneišťovatelů podle IRZ pro Českou republiku - hlášení za rok 2011: Deník*. Získáno 10. říjen 2012, z Deník: <http://g.denik.cz/1/ec/irz-zebricky2011-cr-1.pdf>
6. Autorský kolektiv. (2011). *Vattenfall Kraftwerke: Boxberg*. Získáno 3. Leden 2012, z Vattenfall Kraftwerke: <http://kraftwerke.vattenfall.de/powerplant/boxberg>
7. Branch Turów. (2010). *Branch Turów: Ochrona srodowiska*. Získáno 3. Leden 2012, z Branch Turów: <http://www.elturow.pgegiel.pl/index.php/ochrona-srodowiska/>
8. Brdička, R., & Dvořák, J. (1977). *Základy fyzikální chemie*. Praha: Academia.
9. Horáková, M. (2003). *Analytika vody*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
10. Hruška, J. (srpen 1999). *Kyselá deště a horská rašeliniště: Časopis Vesmír*. Získáno 10. říjen 2012, z Časopis Vesmír: <http://www.vesmir.cz/clanek/kysele-deste-a-horska-raseliniste>
11. Hruška, J., & Kopáček, J. (červenec 2005). Kyselý déšť stále s námi - zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost. *Planeta*, stránky 4-24.
12. Hruška, J., Krám, P., & Moldan, F. (červenec 1996). *Vliv kyselého deště na povrchové vody: Časopis Vesmír*. Získáno 10. říjen 2012, z Časopis Vesmír: <http://www.vesmir.cz/clanek/vliv-kyseleho-deste-na-povrchove-vody>

13. Janouš, V. (5. říjen 2012). Znečištěný vzduch v Česku? Dýchá se nám lépe. *Deník: události*, 15.
14. Kovalčík, J. (18. květen 1984). Sledování vlivu kyselých srážek na oblast Krkonošského národního parku. *Diplomová práce*. (J. Palatý, Editor) Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
15. Mareček, A., & Honza, J. (2005). *Chemie pro čtyřletá gymnázia - 1.díl*. Olomouc: Nakladatelství OLOMOUC.
16. Pitter, P. (1999). *Hydrochemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
17. Společnost ČEZ. (2012). *Uhelné elektrárny: Skupina ČEZ*. Získáno 10. říjen 2012, z Skupina ČEZ: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrany.html>
18. Správa Krkonošského národního parku. (2010). *Příroda a historie: Správa Krkonošského národního parku*. Získáno 10. říjen 2012, z Správa Krkonošského národního parku: <http://www.krnap.cz/priroda-a-historie/>