



DISPUTATIONES SCIENTIFICAE

UNIVERSITATIS CATHOLICAE IN RUŽOMBEROK

2018

2

ROČNÍK XVIII.



VERBUM

KATOLÍCKA UNIVERZITA V RUŽOMBERKU



DISPUTATIONES SCIENTIFICAE
UNIVERSITATIS CATHOLICAE IN RUŽOMBEROK



Ružomberok 2018

DISPUTATIONES SCIENTIFICAE
UNIVERSITATIS CATHOLICAE IN RUŽOMBEROK

Číslo 2, apríl 2018, ročník XVIII.

Vychádza štvrťročne.

Šéfredaktor: doc. PhDr. PaedDr. Miroslav Gejdoš, PhD. (Katolícka univerzita v Ružomberku)

Zástupca šéfredaktora: doc. PhDr. Jiří Prokop, Ph.D. (Karlova univerzita v Prahe)

Výkonní redaktori: PaedDr. Ján Gera, PhD., Mgr. Lucia Griešová, PhD., Mgr. Milan Pudiš, PhD.

Redakčná rada:

doc. ThDr. Art. Lic. Rastislav Adamko, PhD., m. prof. KU (Katolícka univerzita v Ružomberku)

prof. Gheorghe Balint, PhD. (Univerzita „Vasile Alecsandri“ v Bacau)

doc. PaedDr. Elena Bendíková, PhD. (Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici)

prof. Ladislav Čarný, akad. mal. (Vysoká škola výtvarných umení v Bratislave)

doc. Ing. Igor Černák, PhD., m. prof. KU (Katolícka univerzita v Ružomberku)

prof. PaedDr. Ján Danek, CSc. (Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave)

doc. PaedDr. Barbora Kováčová, PhD. (Katolícka univerzita v Ružomberku)

prof. PaedDr. Milan Ligoš, CSc. (Katolícka univerzita v Ružomberku)

dr. habil. Anetta Müller, PhD. (Debrecínska univerzita v Debrecíne)

prof. Juan Carlos Torre Puente, PhD. (Pápežská univerzita Comillas v Madride)

prof. Gabriella Pusztai, PhD., DSc. (Debrecínska univerzita v Debrecíne)

doc. PhDr. Markéta Rusnáková, PhD. (Katolícka univerzita v Ružomberku)

doc. PaedDr. Jana Škrabánková, Ph.D. (Ostravská univerzita v Ostrave)

doc. ThDr. PaedDr. PhDr. Pavol Tománek, PhD. (VŠ ZaSP sv. Alžbety v Bratislave)

doc. Ing. Peter Tomčík, PhD., m. prof. KU (Katolícka univerzita v Ružomberku)

prof. PaedDr. Milan Valenta, Ph.D. (Univerzita Palackého v Olomouci)

prof. dr. Irena Žemaitaitytė (Univerzita Mykolasa Romerisa vo Vilniuse)

Recenzenti:

dr hab. Danuta Grzesiak-Witek (Katolícka univerzita Jána Pavla II. v Lubline)

prof. RNDr. Miroslav Haviar, PhD. (Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici)

RNDr. Karol Kasara, PhD. (Univerzita Komenského v Bratislave)

doc. PhDr. Nadežda Kovalčíková PhD. (Trnavská univerzita v Trnave)

PhDr. Jiří Kusák, Ph.D. (Ostravská univerzita v Ostrave)

dr hab. Krzysztof Mielcarek, prof. KUL (Katolícka univerzita Jána Pavla II. v Lubline)

doc. PaedDr. Mária Pisoňová, PhD. (Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre)

RNDr. Libuše Švecová, PhD. (Ostravská univerzita v Ostrave)

PhDr. Zuzana Truhlářová, Ph.D. (Univerzita Hradec Králové)

doc. PaedDr. Daniela Valachová, PhD. (Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici)

doc. Ing. Josef Vlček, CSc. (Vysoká škola hotelová v Prahe)

doc. PaedDr. Mgr. art. Zuzana Zahradníková, PhD. (Katolícka univerzita v Ružomberku)

Obálka: doc. akad. mal. Pavol Rusko, ArtD.

Jazyková úprava: PaedDr. Oľga Drobná, PhD. (slovenský jazyk), doc. Andrey Kraev, CSc. (anglický jazyk)

Technická spolupráca: Ing. Miloslav Korba

EV 3238/09

Časopis je zaregistrovaný v medzinárodnej databáze CEEOL
(Central and Eastern European Online Library).



Cena jedného čísla: 5,- €

Katolícka univerzita v Ružomberku

VERBUM – vydavateľstvo KU, Hrabovská cesta 5512/1A, 034 01 Ružomberok
IČO: 37 801 279

ISSN 1335-9185

Contents

Preface

Mária Balážová	9
----------------------	---

Bioenergetics: Analysis of Bioenergy Sources in the Slovak Republic, European Union and the World

Jaroslav Demko	17
----------------------	----

Air Protection in Hot Mix Asphalt Production

Miroslav Vanek, Jozef Salva.....	29
----------------------------------	----

Sulphur and its Compounds in the Environment

Rastislav Janík, Eduard Bublinec.....	41
---------------------------------------	----

Morphogenetic Soil Classification System of Slovakia

Jaroslav Demko, Eduard Bublinec, Ján Machava	47
--	----

The Evaluation of Selected Water Quality Indicators in the Jasenica River

Anna Ďuricová	70
---------------------	----

The Acidity of Rainfall and its Dynamics in the Willow Ecosystem

Ján Machava, Jaroslav Demko, Gabriela Hrkľová, Eduard Bublinec.....	86
---	----

Influence of Meadow Management on Epigeic Fauna

Jozef Macko, Petra Martincová.....	106
------------------------------------	-----

Behavioural Patterns in Wallcreeper (*Tichodroma muraria*)

Miroslav Saniga	113
-----------------------	-----

Ascorbic Acid – Vitamin C

Dana Blahútová, Alžbeta Kviatková, Mária Balážová.....	127
--	-----

Health Problems Associated with Childhood Obesity

Marek Krška.....	139
------------------	-----

Indirect Prevention against Invasive Organisms by Early Awareness in Lower Secondary Education

Mária Balážová, Mária Bečárová.....	146
-------------------------------------	-----

Inhalt

Vorwort

RNDr. Mária Balážová, PhD. 9

Bioenergie: Bioenergetische Ressourcenanalyse in der Slowakischen Republik, der Europäischen Union und der Welt

Jaroslav Demko 17

Analyse des Luftschutzes bei der Herstellung von beschichteten Asphaltmischungen

Miroslav Vanek, Jozef Salva..... 29

Der Schwefel und seine Verbindungen in der Umwelt

Rastislav Janík, Eduard Bublinec..... 41

Die morphogenetische Bodenklassifikation System der Slowakei

Jaroslav Demko, Eduard Bublinec, Ján Machava 47

Bewertung ausgewählter Wasserqualitätsindikatoren im Fluss Jasenica

Anna Ďuricová 70

Die Acidität der Niederschläge und seine Dynamik im Weide Ökosystem

Ján Machava, Jaroslav Demko, Gabriela Hrkľová, Eduard Bublinec..... 86

Einfluss des Wiesenmanagements auf die epigäische Fauna

Jozef Macko, Petra Martincová..... 106

Das Verhalten bei das Mauerläufer (*Tichodroma muraria*)

Miroslav Saniga 113

Ascorbinsäure – Vitamin C

Dana Blahútová, Alžbeta Kviatková, Mária Balážová..... 127

Gesundheitliche Komplikationen von Fettleibigkeit bei Kindern

Marek Krška..... 139

Indirekte Prävention gegen der Invasionsorganismen mittels der zeitigen Informiertheit in der niedrigen sekundären Bildung

Mária Balážová, Mária Bečárová..... 146

Obsah

Predhovor

Mária Balážová	13
----------------------	----

Bioenergetika – analýza bioenergetických zdrojov v Slovenskej republike, Európskej únii a vo svete

Jaroslav Demko	17
----------------------	----

Analýza ochrany ovzdušia pri výrobe obalovaných asfaltových zmesí

Miroslav Vanek, Jozef Salva	29
-----------------------------------	----

Síra a jej zlúčeniny pri imisnej záťaži ekosystémov

Rastislav Janík, Eduard Bublinec	41
--	----

Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska

Jaroslav Demko, Eduard Bublinec, Ján Machava	47
--	----

Hodnotenie vybraných ukazovateľov kvality vody v rieke Jasenica

Anna Ďuricová	70
---------------------	----

Acidita zrážok a jej dynamika vo vrbovom ekosystéme

Ján Machava, Jaroslav Demko, Gabriela Hrkľová, Eduard Bublinec	86
--	----

Vplyv manažmentu lúk na epigeickú faunu

Jozef Macko, Petra Martincová	106
-------------------------------------	-----

Typy správania u murárika červenokrídleho (*Tichodroma muraria*)

Miroslav Saniga	113
-----------------------	-----

Kyselina askorbová – Vitamín C

Dana Blahútová, Alžbeta Kviatková, Mária Balážová	127
---	-----

Zdravotné komplikácie spojené s detskou obezitou

Marek Krška	139
-------------------	-----

Nepriama prevencia proti inváznym organizmom skorou informovanosťou v nižšom sekundárnom vzdelávaní

Mária Balážová, Mária Bečárová	146
--------------------------------------	-----

Preface

The presented monothematic number of the *Disputationes Scientifcae Universitatis Catholicae in Ruzomberok* is aimed at presenting the results of scientific work in particular of the staff of the Department of Biology and Ecology from the Faculty of Education, KU in Ruzomberok, as well as their colleagues from other universities and scientific departments and also of former students of the department currently active in practice. This is a varied mosaic of contributions whose common attributes are people and their cooperation in the field of biology and ecology. This includes contributions to environmental issues and to the protection of air, water and terrestrial environments, focusing generally on ecosystems or targeted on selected parts of the environment, communities or species. This issue is also included in the educational process, but neither man nor the problem of correct or wrong nutrition has been observed.

In the first article the head of the Department of Biology and Ecology Jaroslav Demko discusses the possibilities of using bioenergy resources not only in Slovakia, but also in Europe and globally in the world. Efforts to meet people's energy needs are priority in today's human communities and are among the key areas of economic, environmental and energy policies of individual countries. In this paper, the author deals mainly with the definition of basic technical terms, the analysis of the potential of bioenergetic resources as part of renewable energy sources as well as the analysis of the structure of the different types of bioenergy and their energy potential. The aim of the article is also to compare the state of utilization of bioenergy in the Slovak Republic to the world and Europe and to outline the model of their use in the future with the horizon of the year 2030 all in the context of environmental responsibility.

Similarly, the authors of the second paper, Vanek and Salva, of the Department of Environmental Engineering at the Technical University in Zvolen, are analyzing modeling of the production of asphalt mixtures in relation to air protection. The production of asphalt mixtures is part of the construction industry, which provides for the construction and maintenance of the road network. A good road network is a prerequisite for economic development that directly affects the social situation. However, each asphalt production is also a major source of air pollution and its production also requires considerable energy and raw materials. The authors' contribution consists of a detailed study of environmental legislation and specifically in the area of air protection. As regards the production of asphalt they subsequently analyze model operation in relation to legislative obligations in the field of air protection.

Air pollution is also attributed to the authors of Janík's contribution from the SAV Forest Ecology Institute in Zvolen and Bublinec from KBE in Ružomberok, which focused specifically on the sulfur loading of ecosystems. Sulfur and its compounds significantly harm ecosystems, including humans. In particular they cause respiratory irritation. Anthropogenic sulfur gets into the air mainly from the combustion of fossil fuels, especially coal. Good news for Europe is that sulfur dioxide levels have dropped significantly over the last decades. This also applies to our republic, the share of which in European SO₂ emissions is only around 1%.

Pollution, this time of the aquatic environment, is further contributed by the author Ďuricová from the Department of Environmental Engineering of the Technical University in Zvolen. As water becomes a commodity, which may also be lacking in our latitudes, legislation on waste water treatment in Slovakia has undergone significant changes in the recent years. In the contribution the author focuses on the specific monitoring of the Jasenica stream, as there are two partially drained local agglomerations and scattered dwellings with economic activity. In particular it focused on monitoring and monitoring changes in basic physicochemical indicators of pollution over a four-year period.

The team of Machava, Demko, Hrklová and Bublinec of the KU Pedagogical faculty focused on monitoring the precipitation chemistry after the ecosystem transition. The precipitations capture the atmosphere and transfer to the environment a variety of soluble and insoluble substances, trapped dust and aerosol particles. If there are more acidic substances in the precipices that move the pH into the acidic area, it is about acid rain. Acid precipitation has not been an unknown phenomenon in the past, but in the past it was mainly of natural origin. Today they are mainly due to the intense burning of fossil fuels rich in sulfur and nitrogen, especially brown coal and precipitation acidity in the last 200 years. Samples of precipitations took two years in Martinček, east of Ružomberok. The state of the air in Ružomberok and its districts is affected by existing sources of low, medium and high chimneys, located directly in the town, also by car transport and transport of emissions from remote sources. Monitoring of any environmental variables in this area is well founded.

A similar composition of authors from the Faculty of Education, KU Demko, Bublinec and Machava, also devoted themselves to the terrestrial environment, namely land. In their contribution, they provide basic information on the new Morphogenetic Soil Classification System of Slovakia. They include the basal reference taxonomy of the basic soil units, their nomenclature and categorization, since the last update of the classification system of Slovak soil in 2000 accumulated new knowledge both here and abroad, they have been incorporated into the commented publication. The publication also has an educational dimension and is intended to provide teachers and future teachers with the basics of the natural environment to acquire a relevant picture of Slovak soil.

In the soil, namely its top layer, there is also a research object of another article from the KBE authors in Ružomberok Macka and Martincová, a former KBE graduate. Specifically, they are a diverse group of animals known as epigeic fauna, and their research was carried out in the foothills of the Great Fatra Mountains in the Kalvária area west of Ružomberok. In order to preserve the biological diversity of these communities, it is important to take into account the requirements of animals with regard to their origin and the history of the management of the community in the selection of appropriate site management. The aim of their work was to monitor the influence of meadow management on epigeic fauna, comparing communities of lawn and mulched meadows.

He narrowed his focus in his contribution to Saniga from KBE in Ružomberok, which presented extensive results on the behavior of the red-winged murarium in the mountains of central Slovakia. Due to the noise of the wind environment at the site of this bird species, the acoustic manifestations are also not essential in communication with other species of birds. It is, however, characterized by its distinctive coloration of the wings and, therefore, plays an important role in its social behavior. They have evolved as the most appropriate way of communicating between individuals of their own population as well as members of other birds of species living in a rock biotope.

Blahutová, Kviatková and Balážová from KBE in Ružomberok focused on the general composition of organisms and especially humans, namely on vitamin C. Due to its various functions, it is indispensable for the organism. It is among the basic antioxidants; it participates in various metabolic processes and plays a key role in the regeneration and maintenance of health. People, primates, guinea pigs, but also some bats, birds and fish have not only lost the ability to synthesize vitamin C, but they can only store vitamin C to a very limited extent, so it needs to be taken several times a day in sufficient doses, depending on physiological status.

The opposite problem, namely the excess of the intake of certain components into the organism and the negative phenomena associated with it, is solved by a former KBE graduate in Ružomberok Krška, currently acting as a teacher at the primary school with a kindergarten in Mikušovce. He focused on childhood obesity, a disease in which the affected person has to cope not only with the high weight but also with the health complications that accompany it. In their neglected condition, they lead to chronic problems that persist for a lifetime and are often underestimated despite their severity. The aim of his work is to point out the most common and most serious health complications that accompany child obesity and overweight.

In the last post, Balage from KBE and former KBE graduate Becharova, currently working at Primary School in Klin, focused on educational activities at elementary schools in order to familiarize pupils of lower secondary education with invasive organisms. Invasive organisms are those that successfully spread beyond the boundaries of their original site of occurrence

and colonize new areas. Biological invasions are currently causing major environmental damage, including the loss of native species, which is the least reversible global change caused by humans. It turns out that one way of accessing the public, including school children or even pre-school age, in managing invasive species, is to increase the general environmental awareness even within the educational process.

In conclusion, it is also necessary to thank the reviewers of the individual contributions who, with their comments and recommendations, contributed to the achievement of the necessary quality of individual contributions according to the scientific criteria of the submitted publication.

RNDr. Mária Balážová, PhD.

Predhovor

Predkladané monotematické číslo *Disputationes Scientifcae Universitatis Catholice in Ružomberok* je zamerané na prezentovanie výsledkov vedeckej práce predovšetkým zamestnancov Katedry biológie a ekológie z Pedagogickej fakulty KU v Ružomberku (KBE), ale tiež ich spolupracovníkov z iných univerzít a vedeckých pracovísk, ako aj bývalých študentov katedry aktuálne pôsobiacich v praxi. Ide o pestrú mozaiku príspevkov, ktorých spoločným atribútom sú ľudia a ich spolupráca v oblasti biológie a ekológie. Sú tu zaradené príspevky týkajúce sa hlavne environmentálnych problémov a ochrany ovzdušia, vôd i terestrického prostredia, zamerané celkovo na ekosystémy alebo cielene na vybrané časti životného prostredia, spoločenstvá či druhy. Táto problematika je tiež zaradená do edukačného procesu, pozornosti neušiel ani človek a problematika správnej, respektíve nesprávnej výživy.

V prvom príspevku sa vedúci Katedry biológie a ekológie Jaroslav Demko venuje možnostiam využívania bioenergetických zdrojov, a to nielen na Slovensku, ale aj v Európe a celkovo vo svete. Snaha o zabezpečenie energetických potrieb človeka je v súčasných ľudských spoločenstvách prioritná a patrí medzi kľúčové oblasti hospodársko-ekonomických, environmentálnych a energetických politík jednotlivých krajín. S ohľadom na túto tematiku sa autor v príspevku venuje predovšetkým definovaniu základných odborných termínov, analýze potenciálu bioenergetických zdrojov ako súčasti obnoviteľných zdrojov energie, ako aj analýze štruktúry jednotlivých druhov bioenergií a ich energetickému potenciálu. Cieľom práce je tiež komparácia stavu využívania bioenergií v Slovenskej republike so svetom a Európou a perspektívne načrtnúť model ich využívania do budúcnosti s horizontom roku 2030, všetko v kontexte environmentálnej zodpovednosti.

V podobnom duchu sa aj autori druhého príspevku M. Vanek a J. Salva z Katedry environmentálneho inžinierstva Technickej univerzity vo Zvolene zaoberali analýzou modelovej prevádzky výroby asfaltových zmesí vo vzťahu k ochrane ovzdušia. Výroba asfaltových zmesí je súčasťou stavebného priemyslu, ktorý zabezpečuje výstavbu a udržiavanie cestnej siete. Kvalitná cestná sieť je predpokladom hospodárskeho rozvoja, ktorý priamo ovplyvňuje sociálnu situáciu. Každá prevádzka výroby asfaltu je však zároveň veľkým zdrojom znečisťovania ovzdušia a jeho výroba si tiež vyžaduje značné energetické a surovinové zdroje. Príspevok autorov pozostával z podrobného štúdia právnych predpisov v oblasti životného prostredia a špecificky v oblasti ochrany ovzdušia. V súvislosti s výrobou asfaltu následne analyzovali modelovú prevádzku vo vzťahu k legislatívnym povinnostiam v oblasti ochrany ovzdušia.

Znečisteniu ovzdušia sa venujú aj autori ďalšieho príspevku R. Janík z Ústavu ekológie lesa SAV vo Zvolene a E. Bublinec z KBE v Ružomberku, ktorí sa zamerali konkrétne na imisnú záťaž ekosystémov z hľadiska síry. Súra

a jej zlúčeniny významne poškodzujú ekosystémy vrátane človeka. Zapríčiňujú najmä iritáciu dýchacích ciest. Antropogénna siera sa dostáva do ovzdušia najmä zo spaľovania fosílnych palív, predovšetkým uhlia. Dobrá správa pre Európu je v tom, že hladina oxidu siričitého v posledných desaťročiach významne poklesla. Platí to aj pre našu republiku, ktorej podiel na európskych emisiách SO₂ sa pohybuje len okolo 1 %.

Znečisteniu, tentokrát vodného prostredia, sa vo svojom príspevku venuje aj autorka A. Ďuricová z Katedry environmentálneho inžinierstva Technickej univerzity vo Zvolene. Nakoľko sa voda stáva komoditou, ktorej aj v našich zemepisných šírkach môže byť nedostatok, legislatíva týkajúca sa čistenia odpadových vôd na Slovensku prechádza v posledných rokoch významnými zmenami. V príspevku sa autorka venuje konkrétne monitoringu toku Jasenica, nakoľko v jeho okolí sa nachádzajú dve len čiastočne odkanalizované miestne aglomerácie a roztrúsené obydľia s hospodárskou činnosťou. Zamerala sa predovšetkým na kontrolu a sledovanie zmien základných fyzikálno-chemických ukazovateľov znečistenia v priebehu 4 rokov.

Kolektív autorov J. Machava, J. Demko, G. Hrkľová a E. Bublinec z Pedagogickej fakulty KU sa zase zamerali na sledovanie chemizmu zrážok po prechode vrbovým ekosystémom. Zrážky zachytávajú z atmosféry a prenášajú do životného prostredia celý rad rozpustných i nerozpustných látok, zachytených prachových a aerosolových častíc. Ak sa v zrážkach nachádza viac látok kyslého charakteru, ktoré posúvajú pH do kyslej oblasti, hovorí sa o kyslých dažďoch. Kyslé zrážky neboli ani v minulosti neznámym fenoménom, avšak v minulosti mali hlavne prírodný pôvod. Dnes vznikajú predovšetkým v dôsledku intenzívneho spaľovania fosílnych palív bohatých na obsah síry a dusíka, najmä hnedého uhlia a kyslosť zrážok za posledných 200 rokov prudko vzrástla. Vzorky zrážok odoberali dva roky v lokalite Martinček, východne od Ružomberka. Stav ovzdušia v Ružomberku a jeho okrese je ovplyvnený existujúcimi zdrojmi s nízkymi, strednými a vysokými komínmi, nachádzajúcimi sa priamo v meste, ďalej automobilovou dopravou a transportom emisií zo vzdialených zdrojov. Sledovanie akýchkoľvek environmentálnych premenných v tejto oblasti má svoje opodstatnenie.

Podobné zloženie autorov z Pedagogickej fakulty KU J. Demko, E. Bublinec a J. Machava sa venovali aj terestrickému prostrediu, konkrétne pôdam. Vo svojom príspevku podávajú základné informácie o novom Morfo-genetickom klasifikačnom systéme pôd Slovenska. Prinášajú v ňom bazálnu referenčnú taxonómiu základných pôdnych jednotiek, ich nomenklatúru a kategorizáciu, pričom vzhľadom na to, že od vydania poslednej aktualizácie klasifikačného systému slovenských pôd v roku 2000 sa nahromadili nové poznatky u nás i v zahraničí, inkorporovali ich do komentovanej publikácie. Publikácia má tiež edukačný rozmer a má slúžiť učiteľom a budúcim učiteľom v rámci predmetu Základy prírodného prostredia získať relevantný obraz o pôdach Slovenska.

V pôde, konkrétne jej vrchnej vrstve, sa nachádza aj objekt skúmania ďalšieho príspevku od autorov KBE v Ružomberku J. Macka a P. Martincovej, bývalej absolventky KBE. Konkrétne ide o rôznorodú skupinu živočíchov označovaných ako epigeická fauna, pričom ich výskum bol realizovaný v podhorských lúkach v predhorí Veľkej Fatry v lokalite Kalvária západne od Ružomberka. Pre zachovanie biologickej diverzity týchto spoločenstiev je pri výbere vhodného manažmentu lokalít dôležité zohľadniť požiadavky živočíchov so zreteľom na ich pôvod a na históriu obhospodarovania daného spoločenstva. Cieľom ich práce bolo preto sledovať vplyv manažmentu lúk na epigeickú faunu, pričom porovnávali spoločenstvá kosenej a mulčovanej lúky.

Na jeden druh zúžil zameranie vo svojom príspevku M. Saniga z KBE v Ružomberku, ktorý v ňom prezentuje rozsiahle výsledky týkajúce sa správania murárika červenokrídleho v pohoriach stredného Slovenska. Vzhľadom na hlučnosť veterného prostredia v mieste výskytu tohto vtáčieho druhu, nie sú u neho akustické prejavy také podstatné pri komunikácii ako u iných druhoch vtákov. Vyznačuje sa však svojím výrazným sfarbením krídiel a dôležitú rolu v jeho sociálnom správaní teda hrajú predovšetkým vizuálne prejavy. Vyvinuli sa ako najvhodnejší spôsob komunikácie medzi jedincami jeho vlastnej populácie, ako aj príslušníkov iných vtáčích druhov žijúcich v skalnom biotope.

Na všeobecné zloženie organizmov a obzvlášť človeka zaostrili vo svojom príspevku D. Blahútová, A. Kviatková a M. Balážová z KBE v Ružomberku, konkrétne na vitamín C. Vzhľadom na svoje rozmanité funkcie je pre organizmus nenahraditeľný a nevyhnutný. Patrí medzi základné antioxidanty, zúčastňuje sa rôznych metabolických procesoch, má kľúčovú úlohu pri regenerácii a udržiavaní zdravia. Ľudia, primáty, morčatá, ale i niektoré netopiere, vtáky a ryby nielenže stratili schopnosť syntetizovať vitamín C, ale dokážu aj ukladať vitamín C len vo veľmi malej miere, preto je ho potrebné prijímať niekoľkokrát denne v dostatočných dávkach v závislosti aj od fyziologického stavu.

Opačný problém, konkrétne nadbytok príjmu určitých zložiek do organizmu a negatívne javy s tým spojené, rieši vo svojom príspevku bývalý absolvent KBE v Ružomberku M. Krška, aktuálne pôsobiaci ako učiteľ na Základnej škole s materskou školou v Mikušovciach. Zamerail sa na detskú obezitu, čo je ochorenie, pri ktorom sa postihnutý musí vyrovnávať nielen s vysokou hmotnosťou, ale aj so zdravotnými komplikáciami, ktoré ju sprevádzajú. Zanedbanie zdravotného stavu vedie k chronickým problémom, ktoré pretrvávajú celý život a napriek svojej závažnosti sú často podceňované. Cieľom jeho práce je preto poukázať na najčastejšie a najzávažnejšie zdravotné komplikácie, ktoré sprevádzajú detskú obezitu aj nadváhu.

V poslednom príspevku sa M. Balážová z KBE a bývala absolventka KBE M. Bečárová aktuálne pôsobiaca na Základnej škole s materskou školou v Kline, zamerali na edukačné aktivity na ZŠ s cieľom oboznámiť žiakov nižšieho sekundárneho vzdelávania s inváznymi organizmami. Invázne organizmy sú tie, ktoré sa úspešne šíria za hranice svojho pôvodného areálu výskytu a kolonizujú nové oblasti. Biologické invázie v súčasnosti spôsobujú veľké

ekologické škody, vrátane straty pôvodných druhov, pričom ide o najmenej reverzibilnú celosvetovú zmenu spôsobenú človekom. Ukazuje sa, že jednou z ciest ako pristupovať k verejnosti, vrátane deti školského či dokonca predškolského veku pri manažmente invázných druhov, je zvyšovanie všeobecného environmentálneho povedomia aj v rámci edukačného procesu.

V závere je potrebné poďakovať i recenzentom jednotlivých príspevkov, ktorí svojimi pripomienkami a odporúčaním prispeli k dosiahnutiu potrebnej kvality jednotlivých príspevkov v súlade s odbornovo-vedeckými kritériami predkladanej publikácie.

RNDr. Mária Balážová, PhD.

Bioenergetics: Analysis of Bioenergy Sources in the Slovak Republic, European Union and the World

Bioenergie: Bioenergetische Ressourcenanalyse in der Slowakischen Republik, der Europäischen Union und der Welt

Bioenergetika – analýza bioenergetických zdrojov v Slovenskej republike, Európskej únii a vo svete

Jaroslav Demko

Abstract

Use of fossil fuels produces emissions of polluting materials in the air that besides health problems make unwanted changes in global ecosystems and contribute to global climate change on Earth. Developed countries with high environmental awareness cannot imagine their future without renewables with high share of bioenergy sources – not only for exhausting of fossil fuels but also for their energy safety or climate change. Based on these development trends and political stances it is possible to predict that the share of renewable sources on total gross energy consumption will successively grow as same as both scientific and technology progress and pricing accessibility of devices using renewables including bioenergy sources potential will grow as well.

Keywords: Bioenergy. Renewables. European Union.

Úvod

Existujú formy znečistenia, ktoré ľudí každodenne postihujú. Vystavenie sa atmosférickému znečisteniu prináša široké spektrum vplyvov na zdravie, predovšetkým tých najchudobnejších ľudí, a má za následok milióny predčasných úmrtí.¹

K takto definovanému stavu atmosférického znečistenia, a to nielen ovzdušia, v rozhodujúcej miere prispieva energetika a doprava.

Spaľovaním fosílnych palív sa do ovzdušia dostáva obrovské množstvo znečisťujúcich látok, ktoré okrem zdravotných problémov spôsobujú nežiaduce

¹ Encyklika Svätého Otca Františka. *Laudato si*. Trnava : Spolok svätého Vojtecha, 2015.

zmeny v ekosystémoch globálneho charakteru a prispievajú ku globálnej klimatickej zmene na zemi.

Preto už aj výzva svätého Jána Pavla II., ktorý vyzýval na globálnu ekologickú konverziu, sa nám ukazuje v jasnom svetle, ako sa treba uberať a kam by sme mali ako ľudstvo ísť.²

Preto súčasťou globálnej ekologickej konverzie by mala byť aj konverzia energetická, ktorá v prvom kroku by mala smerovať minimálne k obmedzeniu využívania fosílnych palív v energetike a doprave. Súčasťou tejto konverzie, a to aj s ohľadom na súčasný stav techniky, je prechod na využívanie obnoviteľných zdrojov energií, ktorej súčasťou sú aj bioenergetické zdroje.

Z prognóz a politík Európskej únie vyplýva, že EÚ ako celok chce do roku 2030 dosiahnuť stav, že obnoviteľné zdroje budú pokrývať 27 % zo všetkých zdrojov, pričom 13 % zdrojov bude pochádzať z pokročilých bioenergetických zdrojov.

Problematika

Ľudská podstata človeka je taká, že bez subsidiárnej energie nie je možné vytvoriť ani udržať ekosystém človeka, ktorý dnes môžeme s istotou považovať za umelý, človekom vytvorený.

Tento ekosystém zahŕňa tak bývanie človeka, jeho pracovné aktivity, spoločenské a mnohé ďalšie činnosti.

Teda energie, prístup k nim a ich dostatok v jednotlivých formách a druhoch významne vplývajú na život človeka, ako aj na ľudstvo samotné. Energie majú rozhodujúci vplyv aj na kvalitu životného prostredia človeka a vytvárajú predpoklad pre jeho rozvoj.

Navyše je preukázateľné, že v dôsledku globálnych klimatických zmien sa budú meniť klimatické podmienky aj v Slovenskej republike. Priemerná teplota sa bude zvyšovať, doba sucha predlžovať, čím sa bude znižovať tradičná produkcia poľnohospodárskych výnosov.

Biomasa sa stane aj zdrojom chemickej suroviny a pripravované programy berú do úvahy, že rozvoj chemického priemyslu v 21. storočí bude potrebné orientovať na domáce organické uhlíkové zdroje, ktorým je biomasa.³

Aj s ohľadom na uvedené je zrejmé, že snaha o zabezpečenie energetických potrieb človeka je v súčasných ľudských spoločenstvách prioritná a patrí medzi kľúčové oblasti hospodársko-ekonomických, environmentálnych a energetických politík jednotlivých krajín.

² Encyklika Svätého Otca Jána Pavla II. *Centesimus annus*. Rím, 1991.

³ Blažej, A. – Košík, M. 1985. Fytomasa ako chemická surovina. Bratislava : Veda. 402 s.

Orientácia jednotlivých krajín na diverzifikáciu energetických zdrojov a distribučných ciest energií sa javí aj ako cesta k trvalému zabezpečeniu ich dostatku.

V kontexte diverzifikácie zdrojov energie by sme mali vnímať aj snahu o čo najširšie uplatnenie obnoviteľných zdrojov energie. Je to najmä z dvoch aspektov, kde prvý je vyčerpatelnosť fosílnych palív, teda ich obmedzená dostupnosť a druhým aspektom je ich nerovnomerná alokácia, ktorá súvisí s ich dostupnosťou, ako aj bezpečnosťou trvalých dodávok.

Významným obnoviteľným zdrojom v stredoeurópskych podmienkach, a tým aj v podmienkach Slovenskej republiky, je biomasa, ktorej značná časť má bioenergetický potenciál.

Preto aj z tohto dôvodu vznikol náš príspevok na túto tému, ktorý má ambíciu komplexnejšie oblasť bioenergetiky analyzovať. Príspevok ponúka širší pohľad na problematiku využívania bioenergetických zdrojov, a to tak v Slovenskej republike, Európskej únii, ako aj vo svetovom meradle.

Definovanie základných odborných termínov

Odborný termín bioenergetika, ktorý sa v ostatných rokoch objavil, je pomerne nový a zatiaľ nemú ustálenú definíciu. Preto aby sme mohli vytvoriť zmysluplný príspevok, pokúsime sa definovať bioenergiu. Pod bioenergiou rozumieme energiu, ktorá sa uvoľňuje chemickými procesmi z energetických zdrojov, ktoré majú biologický pôvod. Tieto obnoviteľné zdroje sa v najširšom ponímaní označujú ako biomasa. Z biomasy sa môžu vyrábať rôzne druhy biopalív, ako je napríklad bioplyn, bioetanol, bionafta, ale tiež aj pelety, brikety, drevná štiepka a iné.

Analýza bioenergetických zdrojov v kontexte obnoviteľných zdrojov energie je kľúčovou problematikou tohto príspevku. Veríme, že čitatelia tohto príspevku nájdu všetky podstatné a očakávané informácie o bioenergiách v Slovenskej republike, tak pre študijné, bádateľské, ako aj pre praktické účely.

Cieľ práce

Cieľom predkladanej práce je vykonať analýzu potenciálu bioenergetických zdrojov ako súčasti obnoviteľných zdrojov energie v Slovenskej republike v kontexte Európskej únie a sveta, zmapovať súčasný stav ich využívania a načrtnúť ich perspektívu do budúcich období.

Samostatným cieľom práce je vykonať komparáciu stavu využívania bioenergií v Slovenskej republike so svetom a Európou.

Vykoná sa analýza štruktúry jednotlivých druhov bioenergií, ktoré sa v danej chvíli v Slovenskej republike nachádzajú. Určí sa ich energetický potenciál. Na základe dostupných podkladov a ich analýz načrtnúť model využívania bioenergií do budúcnosti s horizontom roku 2030.

Materiál a metóda práce

Základným materiálom pre analýzu bioenergetických zdrojov v Slovenskej republike, ale aj Európskej únii a vo svete sú prístupné relevantné, ale najmä korektné údaje o týchto obnoviteľných zdrojoch energie, a to v jednotlivých časových obdobiach, ako aj ich predpokladané zastúpenie v budúcich plánovacích obdobiach zakotvených v jednotlivých strategických dokumentoch.

S ohľadom na obsahový charakter príspevku, ktorý istým spôsobom už predurčuje metódu skúmania, je metódou skúmania aplikovaná analyticko-logická metóda, ktorá v tomto prípade spočíva v postupoch hľadania vývoja a predikcie uplatňovania bioenergií tak v národnom, ako aj medzinárodnom meradle. Použitá analytická metóda je všeobecná metóda výskumu jednotlivých vlastností skúmaného objektu.

Aplikovaná analyticko-logická metóda spočíva v postupnej analýze jednotlivých bioenergetických zdrojov a poznávania jeho vývoja v čase.

Výsledky práce

Analýza obnoviteľných a bioenergetických zdrojov v Slovenskej republike a Európskej únii

V súčasnosti sa z obnoviteľných zdrojov energie vrátane využitia hydroenergetického potenciálu veľkých vodných elektrární vyrába v Slovenskej republike približne 5,2 TWh elektriny, čo predstavuje približne 16 % domácej spotreby elektriny. Celkový využiteľný potenciál podľa Ministerstva hospodárstva Slovenskej republiky jednotlivých druhov obnoviteľných zdrojov energie dáva možnosti ich podiel na celkovej výrobe elektriny zvyšovať až na 24 % v roku 2020 a na 27 % v roku 2030.

Najperspektívnejším obnoviteľným zdrojom pre výrobu tepla je biomasa, najmä však jej časť – fytomasa, pričom celkový ročný potenciál vhodný na energetické využitie predstavuje približne 75,6 PJ. Fytomasa je rovnako vhodná tak pre výrobu tepla, ako aj pre výrobu elektriny.

Zatiaľ najviac využívaným obnoviteľným zdrojom energie je hydroenergetický potenciál. Ostatné obnoviteľné zdroje, ako je energia vetra, geotermálna energia, budú len doplnkovým zdrojom. Veľký energetický potenciál, a to najmä s ohľadom na rýchly technický pokrok, sa dá očakávať pri slnečnej energii.

Z pohľadu motorových palív, a to aj z aspektu zníženia závislosti na ich dovoze, sú biopalivá.

Tabuľka č. 1

Využitelný potenciál obnoviteľných zdrojov energie v Slovenskej republike

Zdroj	PJ	
Vodná energia	23,8	6 600
Z toho veľké vodné elektrárne	20,2	5 600
Z toho malé vodné elektrárne	3,6	1 000
Biomasa	75,6	21 000
Z toho dendromasa	47,0	13 055
Z toho poľnohospodárska biomasa	28,6	7 945
Biopalivá	5,0	1 389
Bioplyn	6,9	1 917
Veterná energia	2,2	600
Geotermálna energia	22,7	6 300
Slnecná energia	18,7	5 200
Spolu	154,9	43 006

PJ = Peta Joule

Zdroj: Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky

Tabuľka č. 2

Národné celkové ciele členských krajín Európskej únie pre podiel energie z obnoviteľných zdrojov energie na konečnej energetickej spotrebe v roku 2020

Členský štát	Podiel energie z obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej spotrebe v roku 2005 (S₂₀₀₅)	Cieľ týkajúci sa podielu energie z obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej energetickej spotrebe v roku 2020 (S₂₀₂₀)
Belgicko	2,2 %	13 %
Bulharsko	9,4 %	16 %
Česká republika	6,1 %	13 %
Dánsko	17,0 %	30 %
Nemecko	5,8 %	18 %
Estónsko	18,0 %	25 %
Írsko	3,1 %	16 %
Grécko	6,9 %	18 %
Španielsko	8,7 %	20 %
Francúzsko	10,3 %	23 %
Chorvátsko	12,6 %	20 %
Taliansko	5,2 %	17 %

Cyprus	2,9 %	13 %
Lotyšsko	32,6 %	40 %
Litva	15,0 %	23 %
Luxembursko	0,9 %	11 %
Maďarsko	4,3 %	13 %
Malta	0,0 %	10 %
Holandsko	2,4 %	14 %
Rakúsko	23,3 %	34 %
Poľsko	7,2 %	15 %
Portugalsko	20,5 %	31 %
Rumunsko	17,8 %	24 %
Slovinsko	16,0 %	25 %
Slovenská republika	6,7 %	14 %
Fínsko	28,5 %	38 %
Švédsko	39,8 %	49 %
Spojené kráľovstvo	1,3 %	15 %

Zdroj: Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky

Z Tabuľky č. 2 je badateľné, že rozdiely v jednotlivých štátoch európskeho spoločenstva sú veľmi významné. Porovnávaci rok 2005 je zvolený z toho dôvodu, že tento rok bol posledný, ktorý poskytoval dôveryhodné údaje, ktoré sú použiteľné pre stanovenie relevantných cieľov.

Podiel obnoviteľných zdrojov energie z roku 2005 poskytuje náhľad na situáciu v obnoviteľných zdrojoch energie, kde sa odrážajú viaceré faktory, ktoré majú viac-menej zásadný vplyv v jednotlivých členských štátoch Spoločenstva. Prvým a významným faktorom sú prírodné podmienky a potenciál krajiny pre využívanie obnoviteľných zdrojov energie.

Ďalším nie menej významným faktorom je ochota vlád členských štátov podporovať obnoviteľné zdroje energie a prijať účinné politiky pre energetický sektor so zameraním na obnoviteľné zdroje. Podpora vlád obnoviteľným zdrojom energií má svoj vývoj a históriu tak, že táto sa v súčasnosti premietá do podielu energie z obnoviteľných zdrojov energie na hrubej konečnej energetickej spotrebe.

Z tohto konštatovania je zrejmé, že krajiny ako Švédsko a Fínsko, ktoré nedisponujú veľkými zásobami fosílnych palív, si už v minulosti zabezpečovali svoje energetické potreby obnoviteľnými zdrojmi, ktoré im ponúkali domáce obnoviteľné prírodné energetické zdroje. Spomínané krajiny sa prednostne orientujú na energetické využitie bioenergetických zdrojov (biomasy) a využívanie hydroenergetického potenciálu a potenciálu vetra. K tejto skupine lídrov jednoznačne patrí ďalej Lotyšsko, ktoré v roku 2005 malo podiel z obnoviteľných zdrojov energie 32,6 %.

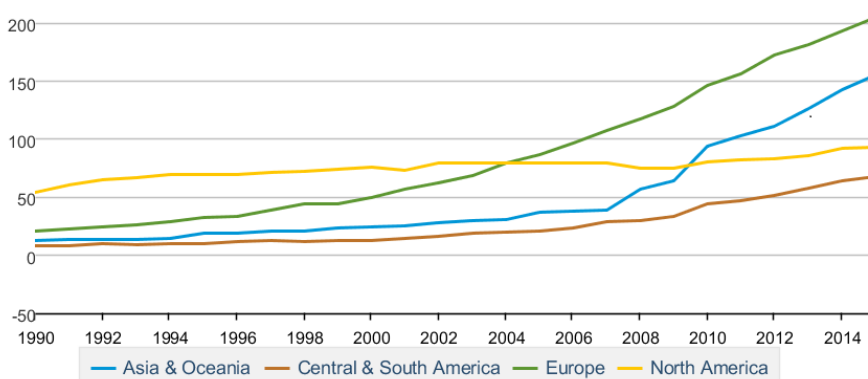
Ďalšou krajinou s vysokým podielom energie z obnoviteľných zdrojov energie je Rakúsko, ktoré je prevažne orientované na hydroenergetický potenciál a bioenergiu. Do tejto skupiny (s podielom nad 20 % obnoviteľných zdrojov) patrí aj Portugalsko s 20,5 %.

Skupinu krajín so strednou úrovňou podielu energie z obnoviteľných energetických zdrojov tvorí Estónsko, Dánsko, Rumunsko, Slovinsko, ale aj Litva, Chorvátsko a Francúzsko.

Poslednú skupinu krajín s relatívne nízkym podielom energie z obnoviteľných zdrojov tvoria všetky ostatné štáty Spoločenstva, kde žiaľ, patrí aj Slovenská republika s podielom 6,7 % v roku 2005. Pri Slovenskej republike, ale aj pri iných krajinách, treba povedať, že ani súčasný podiel nezodpovedá prírodným podmienkam a potenciálu obnoviteľných zdrojov, ktorými Slovensko, ale aj iné štáty disponujú.

Analýza obnoviteľných a bioenergetických zdrojov vo svete

Podiel bioenergetických zdrojov na globálnom energetickom mixe bude závisieť nielen na efektívnosti konverznej technológie, ale aj na dostupnosti biomasy a spoločnej akceptovateľnosti jej prijatia vo veľkom rozsahu.⁴



Obrázok 1: Čistá výroba elektrickej energie z biomasy a odpadu (v miliardách kilowatthodín). Zdroj: EIA, 2017

Z publikovaného grafu je očividné, že najvyšší nárast výroby elektrickej energie z biomasy je zaznamenaný po roku 2000. Najvyšší nárast je v Európe, potom Ázii a Oceánii, pozvoľný nárast sledujeme v Strednej a Južnej Amerike a len minimálny nárast v Severnej Amerike.

⁴ Global Energy, s. 332.

Veľká väčšina (približne 90 %) elektrickej energie z biomasy sa vyrába spaľovaním tuhej biomasy a zahŕňa nasledujúce použitia:

- spoluspaľovanie drevných peletiek v uhoľných elektrárňach;
- kogeneračné jednotky založené na spaľovaní – v krajinách, ktoré majú priame vykurovacie systémy a priemysel s dostupnými zbytkami z procesov (napríklad buničina a papier);
- spaľovanie komunálneho tuhého odpadu;
- samostatné elektrárne, kde sú dostupné veľké objemy poľnohospodárskych rezíduí (napríklad UK má 38 MW elektrární v Ely vo východnom Anglicku na spaľovanie slamy).⁵

Zvyšných približne 10 % globálnej bio-elektriny sa vyrába z bioplynu, ktorý sa buď zachytáva na skládkach odpadov, alebo sa vyrába anaeróbnym rozkladom organických látok.

Európa je popredným výrobcom bioplynu a plány s obnoviteľnou energiou a čoraz prísnejšia legislatíva o nakladaní s odpadom podporili rast trhu s bioplynom.

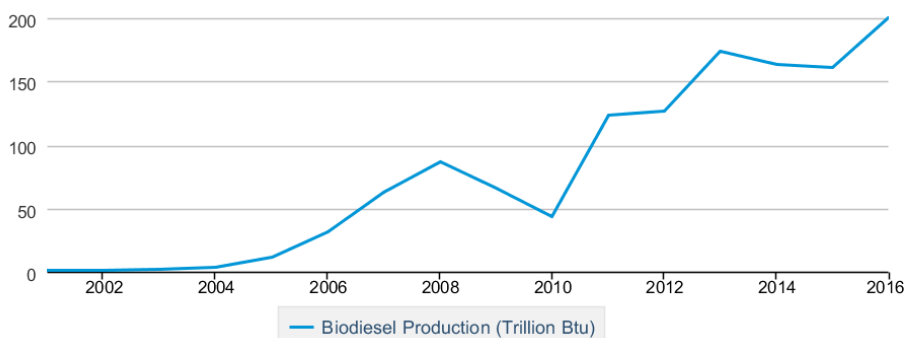
Klasické (konvenčné) motorové palivá, medzi ktoré patria najmä benzín a nafta, sa vyrábajú rafinovaním ropy a všeobecne sú nazývané ako fosílna palivá. Pre odlišenie pôvodu motorových palív, ktoré sa vyrábajú z obnoviteľných zdrojov, sa postupne zaviedol výraz biopalivo, ktoré má pôvod vo fyto či biomase.

Biopalivá postupne nahrádzajú časť fosílnych palív, avšak je len ťažko predstaviteľné, že by niekedy v budúcnosti v plnom rozsahu nahradili fosílna motorové palivá. Na druhej strane treba podotknúť, že už v súčasnosti zohrávajú významnú úlohu a ich význam v budúcnosti bude iba narastať. V niektorých krajinách, ako je napríklad Brazília, už dnes zohrávajú významnú úlohu.

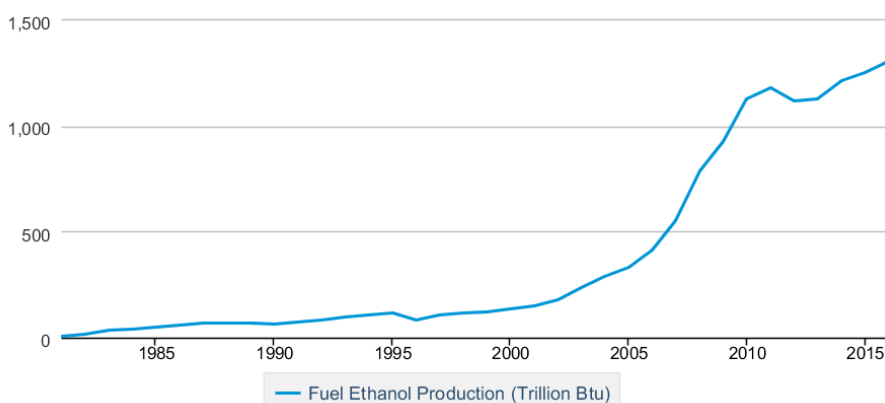
Za pohonnú látku vyrobenú z obnoviteľných zdrojov energie sa považuje kvapalná biogénna pohonná látka alebo plynná biogénna pohonná látka (ďalej len „biopalivo“) najmä:

- a) bioetanol, etanol vyrobený z biomasy,
- b) biodiesel, ester vyrobený z rastlinného oleja alebo živočíšneho tuku s kvalitou motorovej nafty.

⁵ Global Energy, s. 337.



Obrázok 2: Výroba biodieslu (v triliónoch Btu). Zdroj: EIA, 2017
Poznámka: (1 Btu = 0,293 watt, 1 Btu za hodinu = $2,931 \times 10^{-4}$ kilowattov)



Obrázok 3: Výroba palivového etanolu (v triliónoch Btu). Zdroj: EIA, 2017

V roku 2011 sa bioetanol podieľal dvoma tretinami na globálnej dodávke biopalív, ktorého väčšina pochádzala z kukurice v USA a cukrovej trstiny z Brazílie. Globálna výroba biodiesla je menšia, ale stále podstatná (29 %). Najdôležitejšími globálnymi výrobcami sú Argentína, Brazília a USA, Nemecko a Francúzsko, Indonézia a Thajsko.⁶

Aká môže byť budúcnosť motorových biopalív?

Dnešné motorové vozidlá bez významnejších problémov môžu používať motorové palivá s nízkym obsahom biopalív (približne do 10 %).

V budúcnosti sa však dajú očakávať motory na čisté biopalivá. V súčasnosti sa vyrábajú biopalivá takzvanej prvej generácie, teda biopalivá z tradičných poľnohospodárskych produktov, ako sú olejoviny, cukrová repa, trstina. Do popredia sa však dostávajú biopalivá druhej generácie a netradičné

⁶ Global Energy, s. 339.

suroviny, ako je jatropha, borovicový či tallový olej, alebo oleje z rôznych druhov rias.

V blízkej budúcnosti sa však dá očakávať, že zastúpenie motorových biopalív bude postupne narastať tak, že po dosiahnutí podielu biopalív na úrovni 5 % (rok 2015; indikatívny cieľ) budú postupne prijímané kroky, podporné programy a určené záväzné míľniky tak, aby sa postupne dosiahol pomer biogénnych motorových palív celkovo na úroveň 10 %.

Diskusia a záver

V 90-tych rokoch 20. storočia sa vo všeobecnosti bioenergia chápala ako nekontroverzná a environmentálne neškodná alternatíva k fosílnym palivám. V tom čase ceny potravín a energie boli porovnateľne nižšie.

Nedostatok zdrojov nepatrí k prioritám a poľnohospodárska pôda bola vyňatá z výroby v Európe a Severnej Amerike, aby sa obmedzil nadbytok potravín. Politici vnímali bioenergiu ako atraktívnu a nízkorizikovú možnosť, ktorá môže pomôcť splniť širokú paletu politických cieľov.⁷

Udržateľnosť dodávky biomasy sa stala postupne kontroverznou, pretože sa objavil neustále komplexnejší a diskutabilný obraz o potenciálnych dopadoch a benefitoch.⁸

Doteraz najhorúcejšia debata bola o výrobe transportných biopalív z komoditných potravinových plodín. Princiálny argument proti využívaniu potravinových plodín je ten, že zvýši konkurenciu pre využitie pôdy, čím narastú ceny potravín a spustí sa kaskáda neželaných nepriamych efektov.⁹

Bioenergetické zdroje môžu poskytnúť celý rozsah moderných energetických služieb – teplo, energiu a palivá pre dopravu – využívajúc zabehnutú a osvedčenú technológiu.¹⁰

Budúci rozvoj bioenergetického sektora nie je celkom istý. Efektívnosť konverzných technológií je nepochybná, ale veľká komplexnosť dodávateľského reťazca biomasy a akceptovateľnosť environmentálnych a spoločenských dopadov môže limitovať jej príspevok k globálnej energetickej dodávke.¹¹

Aj napriek uvedenému si vyspelé krajiny s vysokým environmentálnym povedomím nevedia svoju budúcnosť a rozvoj bez obnoviteľných zdrojov energie s vysokým podielom bioenergií už dnes ani predstaviť, a to nielen pre vyčerpatelnosť fosílnych palív, ale aj pre svoju energetickú bezpečnosť či klimatickú zmenu.

⁷ Global Energy, s. 345.

⁸ Global Energy, s. 346.

⁹ Tamže.

¹⁰ Global Energy, s. 349.

¹¹ Global Energy, s. 350.

V týchto krajinách sa hodnotovo kvalitné životné prostredie posúva nad ekonomické záujmy. Táto konverzia prístupu k energiám a životnému prostrediu sa premieňa do politík, zámerov a cieľov týchto krajín, a to spolu s vytváraním priaznivého legislatívneho a finančného prostredia.

Obnoviteľné zdroje vrátane bioenergií už zohrávajú, ale najmä v budúcnosti budú zohrávať významnú úlohu pri naplňaní zabezpečenia energetických potrieb nielen Slovenskej republiky, ale aj samotnej Európskej únie i vo svetovom meradle.

Na základe trendov vývoja a politických postojov je možné predikovať, že podiel obnoviteľných zdrojov na celkovej hrubej spotrebe energií bude postupne narastať tak, ako bude napredovať vedecký, technologický progres a cenová dostupnosť zariadení využívajúcich obnoviteľné zdroje vrátane potenciálu bioenergetických zdrojov.

Významnú úlohu akcelerátora rozvoja využívania obnoviteľných energetických zdrojov, alebo aj jeho retardéra zohrajú politické, ekonomické a energetické záujmy.

Jednoznačnou prioritou Slovenskej republiky, ako aj Európskej únie, je však zníženie závislosti na dovoze energií z tretích krajín a tu treba jasne povedať, že Slovenská republika a Európska únia na riešenie tohto stavu má reálne k dispozícii takmer výlučne iba obnoviteľné zdroje.

Na prvý pohľad táto nevýhoda môže však byť celej energetike prospešná, lebo donúti EÚ k tomu, aby rozvoj vo využívaní obnoviteľných zdrojov bol ešte rýchlejší a efektívnejší. Nakoniec EÚ má relatívne veľký dostatok obnoviteľných zdrojov, najmä čo sa týka energie morí a oceánov, ako aj energie vetra, slnka a geotermálnej energie.

V európskych podmienkach majú však samostatné postavenie bioenergetické zdroje, ktoré už dnes sú neodmysliteľným obnoviteľným energetickým zdrojom s vysokým multiplikačným efektom a vysokým potenciálom rozvoja.

V Slovenskej republike je postavenie bioenergetických zdrojov ako obnoviteľného energetického zdroja dominantné. Táto dominantnosť je nielen z pohľadu možností produkcie energetickej biomasy, ale aj z toho dôvodu, že okrem energie riek má Slovensko už len obmedzené iné obnoviteľné zdroje energie, ku ktorým môžeme jednoznačne priradiť slnečnú energiu.¹²

Bioenergia vo vzťahu k slnečnej energii a jej získavaniu a využívaniu má však jednu významnú výhodu, a to je jej schopnosť „skladovania“, čo pri slnečnej energii celkom neplatí, a to tak z technických, ako aj ekonomických dôvodov.

Na záver môžeme konštatovať, že bioenergie ako energetický zdroj môžu zohrať a s určitosťou aj zohrajú významnú úlohu v krytí energetických potrieb človeka v európskom priestore.

¹² Demko, J. a kol. 2016. *Fytoenergetika*. Ružomberok : Vebum. 147 s.

V celosvetovom priestore sa takýto trend nedá celkom očakávať, lebo krajiny s čistým vývozom energií, ktorých rozvoj je závislý na vývoze energií, sa budú usilovať o čo najdlhšie konzervovanie (fosilneho energetického stavu), aby príjem z predaja energií a ich politicko-hospodársky vplyv bol čo najdlhší, prípadne trvalý.

Bibliografia

- BLAŽEJ, A – KOŠÍK, M. 1985. Fytomasa ako chemická surovina. Bratislava : Veda. 402 s.
- DEMKO, J. a kol. 2016. Fytoenergetika. Ružomberok : Verbum. 147 s. ISBN 978-80-561-0342-5.
- Encyklika Svätého Otca Františka. *Laudato si*. Trnava : Spolok svätého Vojtecha, 2015. ISBN 978-80-8161-180-3.
- Encyklika Svätého Otca Jána Pavla II. *Centesimus annus*. Rím, 1991.
- EKINS, P., BRADSHAW, M., WATSON, J.: Global Energy. OXFORD UNIVERSITY PRESS, United Kingdom, 2015. ISBN 978-0-19-871953-3.
- Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky. 2007. Využitelný potenciál obnoviteľných zdrojov energie. Dostupné na: <http://www.mhsr.sk/dolezite-dokumenty-5714/127399s>.
- US Energy Information Administration (EIA). Electricity Data Browser. Dostupné na: <https://www.eia.gov/electricity/data/browser/> Citované 28.12.2017.

Tento príspevok je výstupom projektu VEGA číslo 2/0013/17. Názov projektu: Ekosystémové služby na podporu ochrany krajiny v podmienkach globálnej zmeny.

Air Protection in Hot Mix Asphalt Production

Analyse des Luftschutzes bei der Herstellung von beschichteten Asphaltmischungen

Analýza ochrany ovzdušia pri výrobe obalovaných asfaltových zmesí

Miroslav Vanek, Jozef Salva

Abstract

One of the main building materials used in road construction is asphalt. In particular, coated asphalt (bitumen) mixtures are used on the surface cover layer. Their production requires considerable energy resources and raw materials. The paper deals with the analysis of air protection during operation of the model asphalt hot mix plant. The basic description of the technology and parameters of the model plant is followed by the analysis of the operation as a source of air pollution. The legislative requirements in the area of air protection are detailed and, in conclusion, the main aspects of the operation that affect air quality are analyzed.

Keywords: Hot mix asphalt. Air protection. Environment.

Úvod

Priaznivé životné prostredie je pre človeka jedným z hlavných predpokladov kvality života. Podľa článku 44 Ústavy Slovenskej republiky má každý právo na priaznivé životné prostredie a každý je povinný chrániť a zveľaďovať životné prostredie, prírodné zdroje a kultúrne pamiatky. Štát dbá o šetrné využívanie prírodných zdrojov a každý má právo na včasné a úplné informácie o stave životného prostredia a o príčinách a dôsledkoch tohto stavu.¹ Aktuálnemu stavu životného prostredia sa v encyklike *Laudato Si* (Bud' pochválený) venuje aj Svätý Otec, pápež František. Analyzuje najväčšie problémy dnešných čias, akými sú klimatické zmeny, prístup k pitnej vode alebo znečisťovanie ovzdušia, a to v kontexte sociálnej situácie, vychádzajúc z predpokladu, že ekologická rovnováha je podmienená rovnováhou

¹ Ústava Slovenskej republiky. Zbierka zákonov č. 460/1992 z 1. septembra 1992.

sociálnou.² V našej západnej civilizácii je starostlivosť o životné prostredie jednou z hlavných tém súčasnosti.

V súčasnosti sa veľký dôraz kladie na rozvoj ekonomiky a s tým súvisiace sociálne aspekty, hlavne zamestnanosť. Ako jeden z hlavných limitujúcich faktorov rozvoja ekonomiky sa javí poddimenzovaná cestná sieť a nízka kvalita cestných komunikácií. Projekt prepojenia dvoch najväčších miest Slovenska diaľnicou sa neustále predlžuje a popri budovaní diaľničnej siete sa neustále rozširujú nové a udržiavajú jestvujúce cesty druhej a tretej triedy. Jedným z hlavných stavebných materiálov používaných pri výstavbe ciest je asfalt. Konkrétne na povrchovú (kryciu) vrstvu vozoviek sa používajú obaľované asfaltové (bitumenové) zmesi. Ich výroba si vyžaduje značné energetické zdroje a surovinové zdroje. Doprava vyrobenej asfaltovej zmesi je vzdialenostne limitovaná na dojazd cca 50 km z dôvodu potreby udržať pri preprave teplotu asfaltovej zmesi dostatočnú na jej následné spracovanie na stavbe. Z toho dôvodu sú prevádzky – obaľovne bitumenových zmesí – relatívne rovnomerne rozptýlené po celom území Slovenska.

Metodika

Príprava príspevku pozostávala z podrobného štúdia právnych predpisov v oblasti životného prostredia, špecificky v oblasti ochrany ovzdušia. Na základe dostupných informácií bol spracovaný podrobný popis typickej modelovej prevádzky obaľovne asfaltových zmesí. Následne bola prevádzka analyzovaná vo vzťahu k legislatívnym povinnostiam v oblasti ochrany ovzdušia a výsledky analýzy spracované do formy odborného príspevku členené podľa jednotlivých výsledkov analýzy.

Výsledky a diskusia

Analýza ochrany ovzdušia bola realizovaná na vybranej konkrétnej technológii, ktorá v súčasnosti predstavuje stav najlepšej dostupnej techniky v danej oblasti. Zvolený konkrétny typ technológie predstavuje vhodný model (uvádzame ho bez označenia typu a výrobcu z dôvodu modelového účelu analýzy) pre analýzu jednotlivých aspektov ochrany ovzdušia pri prevádzke typického veľkého stacionárneho zdroja znečisťovania ovzdušia, a výsledky analýzy sa dajú primerane aplikovať aj na odlišné technológie pri zohľadnení rozdielov.

² BERGOGLIO, Jorge Mario. *Encyclical Letter Laudato Si' of the Holy Father Francis On Care for Our Common Home* [online]. Rím: Libreria Editrice Vaticana, 2015-05-24. 184 p.i

Opis technologického zariadenia

Obal'ovacia súprava umožňuje výrobu živičnej (bitúmenovej) zmesi pre podkladové vrstvy krytu vozoviek (AOK – asfaltom obal'ované kamenivo) a asfaltobetónové zmesi pre vrchný kryt vozoviek hrubej, strednej alebo jemnej zrnitosti. Obal'ovaná (živičná) zmes vzniká spojením minerálnych materiálov stanovenej zrnitosti a určitého množstva asfaltu (pojiva). Ako minerálny materiál sa používa prírodné kamenivo (piesok, štrk), drvené kamenivo a vápencová kamenná múčka (filer). Na výrobu zmesi sa používa polofúkaný asfalt.

Jednotlivé frakcie kameniva sú pripravené v zásobníku dávkovacieho zariadenia a v presne odvážených podieloch sa podávajú do sušičky. Sušička sa vykuruje plynom (zemný plyn naftový), ktorý sa spaľuje v horáku sušičky a vzniknuté spaliny vysušujú podávaný materiál. Po vysušení sa materiál dopravuje do miešačky, ktorá je jadrom výroby. V miešačke sa k zmesi pridáva v presných dávkach asfalt z vyhrievanej nádrže a môžu sa pridávať aj ďalšie plnidlá, ako sú vápenná múčka zo zásobníkov a kamenná múčka zo zásobníka, spolu s plnidlom odlúčeným v odprašovacom zariadení. Vyrobená hotová zmes sa dopravuje do zásobníkov, z ktorých sa nakladá do vozidiel.

Ide o prevádzkovú linku s prerušovanou prevádzkou. Tok finálneho produktu nie je konštantný a vypúšťanie produktu sa vykonáva po každom miešaní.

Prevádzková linka je navrhnutá na:

- uskladnenie zmesi (piesok, kameň atď.) privezených z lomov do určených prívodov/plničov;
- prenos vybranej zmesi do sekcie na sušenie/zahrievanie a ďalšie delenie podľa veľkosti;
- uskladnenie takto vyselektovanej a upravenej zmesi vo vyhrievaných zásobníkoch;
- vyberanie, váženie a prenášanie materiálu zmesi do miešačky;
- vyberanie, váženie a prenášanie recyklovaného materiálu do miešačky;
- vyberanie, váženie a odvádzanie plniacej hmoty do miešačky;
- vyberanie, váženie a odvádzanie asfaltovej hmoty do miešačky;
- zavádzanie tekutej prísady do miešačky;
- vyrábanie asfaltového konglomerátu a prenášanie do nákladného vozidla.

Prevádzková linka pozostáva z nasledovných častí:

- prívody/plniče;
- päť hlavných osobitných plniacich liniek (kamenina, recyklovaný materiál, plniaca hmota, asfaltová zmes a tekutá prísada);
- veža na triedenie, váženie a miešanie komponentov;
- prídavné systémy podľa potreby na prevádzku výrobného procesu.

Prídavné systémy pozostávajú:

- zo systému na ohrev asfaltov v skladovacích nádržiach pomocou cirkulácie termooleja ohrievaného v kotolni so spaľovaním zemného plynu;
- zo systému na tvorbu stlačeného vzduchu pre plnenie pneumatických regulačných mechanizmov.

Celková výrobná fáza je riadená počítačovým systémom, ktorý je ovládaný operátorom v kontrolnej kabíne.

Hlavné čiastkové procesy pri výrobe živičných zmesí v obaľovacej súprave:

- dávkovanie kameniva z 8 dávkovačov (typ) do sušiaceho bubna,
- sušenie a ohrev kameniva v sušiacom bubne,
- odprašovanie technologických zariadení v hadicovom filtri,
- triedenie kameniva v šikmej vibračnej triediacej jednotke,
- miešanie kameniva s asfaltom v miešačke,
- skladovanie fileru v sile s vežovým usporiadaním,
- skladovanie živičných zmesí v horúcom zásobníku na zmes. Tento zásobník je integrovaný v miešacej veži,
- skladovanie asfaltov v stojatých kruhových zásobníkoch s ohrevom prostredníctvom cirkulácie termooleja s ohrevom v kotolni na zemný plyn,
- ovládanie jednotlivých činností pomocou elektrického príslušenstva jednotlivých zariadení a mikroprocesorové riadenie pomocou elektrohydraulických a pneumatických ovládacích prvkov.

Technológia je doplnená zariadením na spracovanie recyklovaných živičných zmesí a zariadením na dávkovanie granulovaných hmôt.

Súčasťou výroby obaľovaných zmesí sú ďalšie pomocné prevádzky a zariadenia tvoriace uzavretý technologický celok, ako je skládka kameniva a piesku, suché odprašenie obaľovacej súpravy výkonnými látkovými filtrami, potrubný rozvod asfaltu, rozvod elektrickej energie, potrubný rozvod plynu, zdroj a rozvod stlačeného vzduchu, rozvod teplonosného média.

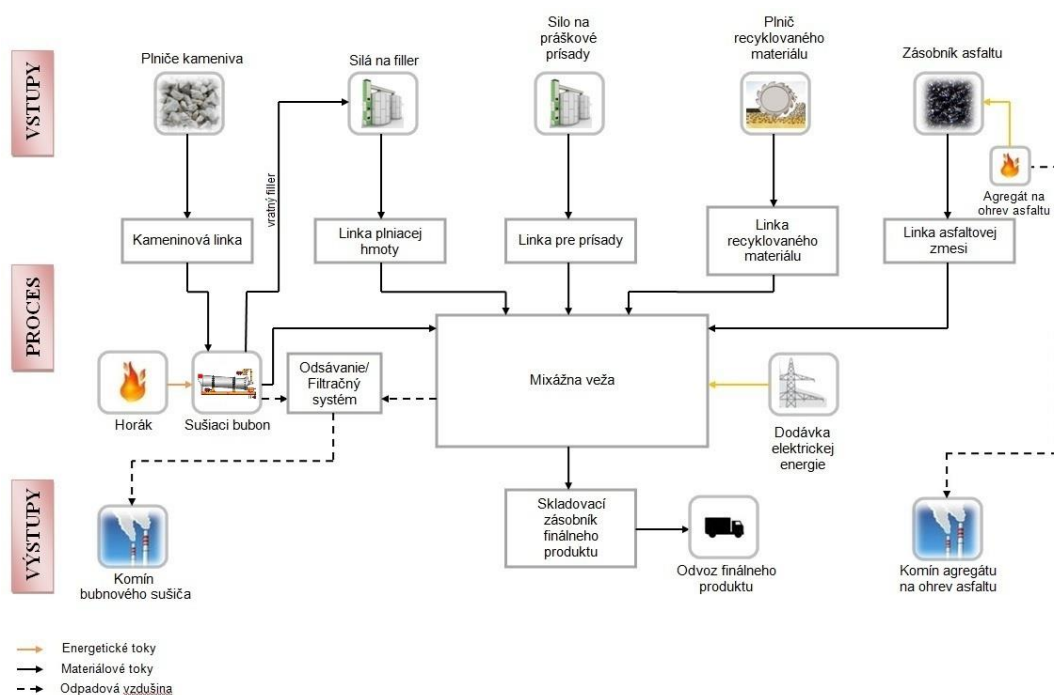
Jednotlivé frakcie kameniva sú uložené voľne na spevnenej ploche v oddelených priestoroch vzájomne oddelených betónovými stenami, aby sa zabránilo miešaniu jednotlivých frakcií. Pre potreby výroby obaľovaných zmesí sa skladuje 10 frakcií drveného kameniva (frakcie 0-2, 2-4, 0-4, 4-8 čierne, 4-8 biele, 8-11, 8-16 čierne, 8-16 biele a 16-22) a tiež ťažený piesok zrnitosti 0 až 1 mm. Samostatne sa skladuje recyklovaná asfaltová zmes, ktorá sa získava frézovaním vrchnej vrstvy krytu vozoviek pri ich opravách a obnove. Táto zmes sa používa ako prídavok v množstve max. 10 % do podkladových bitúmenových zmesí. Vápencová múčka sa skladuje v zásobníkoch na filer.

Základné technické parametre zariadenia

Tab. 1: Základné technické parametre modelového zariadenia

Parameter	Hodnota
Vyrobené množstvo živých (obaľovaných) zmesí za rok	100 000 t
Priemerné vyrobené množstvo živých zmesí za hodinu	160 t/h
Max. množstvo vyrobenej živice za deň	1920 t/deň
Používané asfalty cestné ropné STN 65 7201	A-80, A-200
Max. tepelný výkon horáka sušacieho bubna	14 MW
Max. spotreba zemného plynu v horáku sušacieho bubna	1 660 m ³ /h
Ročná spotreba zemného plynu	max. 1 000 000 m ³
Celkový inštalovaný elektrický výkon	600 kW
Súčasný elektrický výkon	400 kW
Ročná spotreba elektrickej energie	cca 250 MWh

Základná bloková schéma zariadenia



Obr. 1: Technologická schéma zariadenia

Kategorizácia stacionárneho zdroja znečisťovania ovzdušia

Stacionárny zdroj znečisťovania ovzdušia je kategorizovaný v zmysle prílohy č. 1 k vyhláške MŽP SR č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.³

Kategória zdroja:

3. VÝROBA NEKOVOVÝCH MINERÁLNYCH PRODUKTOV

3.5.1 Obal'ovne bitúmenových zmesí a miešiarne bitúmenu s projektovanou výrobnou kapacitou zmesí v t/h, veľký zdroj znečisťovania (projektovaná výrobná kapacita zmesi > 80 t/h)

Súčasťou výrobnéj technológie je aj zariadenie, ktoré môžeme samostatne kategorizovať ako:

1. PALIVOVO-ENERGETICKÝ PRIEMYSEL

1.1.2 Technologické celky obsahujúce spaľovacie zariadenia, vrátane plynových turbín a stacionárnych piestových spaľovacích motorov, s nainštalovaným súhrnným menovitým tepelným príkonom $0,3 \text{ MW} < P < 50 \text{ MW}$

Palivá, suroviny a produkty vo vzťahu k ochrane ovzdušia

Druhy vstupných surovín:

- prírodné kamenivo – piesok, štrk,
- drvené kamenivo,
- vápencová kamenná múčka (filer),
- polofúkaný asfalt.

Prísady:

- prísky proti stekaniu asfaltu z kameniva (Viatop, Topcel),
- prísky na zvýšenie príľnavosti asfaltu ku kamenivu (Adibit, Wetfix).

Palivá:

- Na sušenie kameniva a ohrev asfaltu v skladovacích nádržiach sa používa zemný plyn naftový.

³ Vyhláška MŽP SR č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.

Materiálová bilancia reprezentatívnej výrobnnej receptúry

Na 1 tonu hotovej asfaltovej zmesi sa spotrebuje:

- 905 kg kamennej drvy,
- 40 kg vápencovej múčky,
- 55 kg asfaltu,
- cca 10 m³ plynu (ZPN),
- cca 5,0 kWh elektrickej energie.

Charakteristika cestného asfaltu z pohľadu ochrany ovzdušia

Podľa klasifikácie zákona NR SR č. 163/2001 Z. z. o chemických látkach a chemických prípravkoch, ako aj európskej direktívy 67/548/EEC, nie sú na zozname nebezpečných látok. Obsahujú polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU). Tieto sú v tuhom stave viazané a ich uvoľňovanie je minimálne, avšak pri vyšších teplotách (nad 80 stupňov) sa uvoľňujú do okolitého prostredia, čím môžu spôsobiť riziko ireverzibilných účinkov. S cestnými asfaltmi sa manipuluje pri teplotách 180 – 250 stupňov. Môže spôsobiť podráždenie a pálenie očí, pálenie pokožky s vytvorením pľuzgierov, nedoporučuje sa styk s vodou – dochádza k rýchlej zmene skupenstva vody na paru, vzniknutá emulzia zväčšuje rýchlo svoj objem, pričom dochádza k rozpínaniu zmesi, prípadne môže dôjsť k detonácii. Pri vytečení rýchlo tuhnú na pevnú čiernu hmotu. Treba však zabrániť úniku do kanalizácie a vodných zdrojov. Cestné asfalty sú chemicky a biologicky stále, v prírode sa nerozkladajú.

Zoznam všetkých znečisťujúcich látok, ktoré sa ako súčasť odpadových plynov vypúšťajú do ovzdušia

V odpadových plynoch z bubnového sušiča, síl na filler, zariadení miešacej veže a ďalších odsávaných zariadení sa budú nachádzať nasledujúce znečisťujúce látky: tuhé znečisťujúce látky TZL a plynné znečisťujúce látky: oxidy síry SO_x, oxidy dusíka NO_x, oxid uhoľnatý CO a organické znečisťujúce látky vo forme plynov a pár.

Z vyhrievaných zásobníkov živých zmesí sa budú nachádzať v odpadových plynoch emisie zo spaľovania zemného plynu – tuhé znečisťujúce látky TZL a plynné znečisťujúce látky: oxidy síry SO_x, oxidy dusíka NO_x, oxid uhoľnatý CO a organické znečisťujúce látky vo forme plynov a pár.

Určené emisné limity

Pre prevádzku sú určené nasledujúce emisné limity v členení na jednotlivé technologické časti stacionárneho zdroja znečisťovania ovzdušia:

Tab. 2: Emisné limity pre emisie z procesu sušenia kameniva

Emisný limit [mg.m ⁻³]			
TZL ¹⁾	CO ¹⁾	TOC ¹⁾	NO _x ²⁾
30	500	50	350 (hmot. tok = 2000 g/h)

Podmienky platnosti: Štandardné stavové podmienky, suchý plyn, O_{2ref}: 17 % objemu

¹⁾ Prílohy č. 7 k vyhláške č. 410/2012 Z. z., časť II, písm. C „Výroba nekovových minerálnych produktov“ bod 4.2 „Obaľovne bitúmenových zmesí a miešiarne bitúmenov“

²⁾ Podľa prílohy č. 3 k vyhláške č. 410/2012 Z. z., časť I. „Všeobecné emisné limity“ – znečisťujúce látky vo forme plynov a pár; 3. skupina znečisťujúcich látok – anorganické plyny – 4. podskupina

Technické požiadavky ustanovené predpismi

V súlade s prílohou č. 7, časť II. C, bod 4. Vyhlášky č. 410/2012 Z. z., resp. podľa všeobecných emisných limitov uvedených v Prílohe č. 3, časť I citovanej vyhlášky uvádzame nasledovné technické požiadavky vzťahujúce sa na prevádzku Obaľovne bitúmenových zmesí:

Príloha č. 7 k Vyhláške č. 410/2012 Z. z.⁴:

4. OBAĽOVNE BITÚMENOVÝCH ZMESÍ A MIEŠIARNE BITÚMENOV

4.1 Technické požiadavky a podmienky prevádzkovania

4.1.1 Pri výrobe bitúmenových zmesí sa nesmie používať kvapalné palivo s obsahom síry > 1 % alebo tuhé palivo s mernou sírnatosťou > 0,5 g/MJ.

4.1.2 Nové zariadenia: Odpadové plyny s obsahom organických látok z bitúmenových zmesí, napríklad od miešačky a z dopravníkov, je potrebné odvádzať na čistenie alebo na spaľovanie do sušiaceho bubna.

4.1.3 Nové zariadenia s vydaným povolením od 1. januára 2011: Pri procese sušenia kameniva sa materiál nesmie priamo vsypávať do spaľovacieho priestoru bez predohriatia.

⁴ Vyhláška MŽP SR č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.

Fugitívne emisie tuhých znečisťujúcich látok

Podľa prílohy č. 3 k Vyhláške č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší sú stanovené pre prevádzku obalovne bitúmenových zmesí nasledovné technické požiadavky:

Pre činnosti, pri ktorých vznikajú emisie TZL všeobecne:

- Pri činnostiach, pri ktorých môžu vznikáť prašné emisie, a v zariadeniach, v ktorých sa vyrábajú, upravujú, dopravujú, nakladajú, vykladajú alebo skladajú prašné materiály, je potrebné využiť technicky dostupné prostriedky s ohľadom na primeranosť nákladov na obmedzenie prašných emisií. Pri posudzovaní rozsahu opatrení je potrebné vychádzať najmä z nebezpečnosti prachu, hmotnostného toku emisií, trvania emisií, meteorologických podmienok a podmienok okolia.

Pre výrobu, úpravu, dopravu, vykladanie a nakladanie prašných materiálov:

- Zariadenia na výrobu, úpravu, dopravu prašných materiálov je potrebné zakapotať. Ak nemožno zabezpečiť prachotesnosť, je potrebné prašnosť v čo najväčšej miere obmedzovať. Prašnú vzdušninu odvádzať na odprášenie.
- Dráhu pádu pri sypaní prašných materiálov je potrebné obmedziť, napríklad sypaním pomocou vodiacich plechov, používaním výsuvných násypných potrubí schopných prispôbiť sa meniacej výške nasypávaného materiálu, inými opatreniami.
- Používať strojné a technické vybavenie prispôbené sypanému materiálu, napríklad uzatváracie drapáky, násypné trubice s hlavicou s odsávaním, obmedziť používanie dopravníkov so striasacím mechanizmom, okrem uzatvorených priestorov.
- Násypné otvory vybaviť vekami, klapkami, závesmi alebo nástavcami brániacimi rozprachu.
- Pri plnení síl prašnými látkami je potrebné zachytávať vytláčaný vzduch pomocou airbagov alebo odvádzať na odprášenie.
- Ak ide o úpravu stavebného odpadu, napríklad drvenie a súvisiace činnosti, ktoré sú vykonávané na voľnom priestranstve a pre ktoré nemožno podľa najlepšej dostupnej techniky riešiť odprašovanie zakapotovaním a odlučovaním, je potrebné udržiavať dostatočnú vlhkosť na zabránenie alebo obmedzenie prašnosti.
- Počas prepravy prašných materiálov musí byť prepravovaný materiál zakrytý, ak nie je prašnosť obmedzená dostatočnou vlhkosťou prepravovaného materiálu.
- Dopravné cesty a manipulačné plochy je potrebné pravidelne čistiť a udržiavať dostatočnú vlhkosť povrchov na zabránenie alebo obmedzenie rozprašovania.

Pre skladovanie a skládkovanie prašných materiálov:

Pri skladovaní a skládkovaní prašných materiálov je potrebné vykonať opatrenia, ako napríklad:

- skladovať prašné materiály najmä v silách,
- zastrešiť a uzatvoriť sklad prašných materiálov zo všetkých strán,
- zakryť povrch skladovaných a skládkovaných prašných materiálov (najmenšia skladovaná frakcia),
- udržiavať potrebnú vlhkosť povrchu uskladnených prašných materiálov.

Aplikácia ustanovených technických požiadaviek na prevádzku

Sypké a prašné materiály (jednotlivé frakcie kameniva) sú uložené voľne na spevnenej ploche v oddelených priestoroch vzájomne oddelených betónovými stenami, aby sa zabránilo miešaniu jednotlivých frakcií.

Frakcie 0-2, 0-4 a 2-5 musia byť zastrešené. Vzhľadom na skutočnosť, že uvedené frakcie sa v rámci areálu prepravujú nakladačmi, je potrebné na zabránenie nadmernej prašnosti tieto frakcie pred každým použitím zvlhčiť.

Preprava najmenších frakcií kameniva (0-2, 0-4, 2-5) je v prípade nadmernej prašnosti vykonávaná zakapotovanými vozidlami.

V letnom období sú skladové priestory prašných materiálov zvlhčované.

Charakteristika technológie z hľadiska možnosti vzniku havárie s vplyvom na ovzdušie

Z hľadiska možnosti vzniku havárie spojenjej s vážnym a bezprostredným ohrozením a zhoršením kvality ovzdušia prichádza do úvahy ako znečisťujúca látka minerálny prach. Fyzikálno-chemické vlastnosti minerálneho prachu sú charakteristické pre prachové častice v závislosti od granulometrického zloženia a od mineralogického zloženia. V typickej prevádzke sa jedná prevažne o vápenec a dolomit z vybraného lomu. Zvýšená prašnosť môže spôsobiť zdravotné komplikácie pri vdýchnutí. Osobná ochrana spočíva v použití respirátora, prípadne improvizovaného textilného filtra a urýchlennom opustení zasiahnutého priestoru.

Z porovnania parametrov technológie s § 15 ods. 1 písm. f) a g) zákona č. 137/2010 Z. z.⁵, § 3 ods. 2 vyhlášky MŽPSR č. 411/2012 Z. z.⁶ vyplýva, že prevádzkou nevzniknú podmienky na mimoriadne stavy a havárie, ktoré by spôsobili nadmerné znečistenie ovzdušia. Pri prípadnom porušení filtračnej textílie sa odstaví obalovacia súprava a vymenia sa porušené hadice. Možný

⁵ Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší.

⁶ Vyhláška MŽP SR č. 411/2012 Z. z. o monitorovaní emisií zo stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia a kvality ovzdušia v ich okolí.

prípád mimoriadneho úniku TZL by nastal pri zlyhaní teplomeru pred textilným filtrom a jeho následnom prepálení, pričom predpokladaná doba následnej emisie prachových látok by bola cca 15 min.

Záver

Príspevok sa zaoberá analýzou modelovej prevádzky výroby asfaltových zmesí vo vzťahu k ochrane ovzdušia. Výroba asfaltových zmesí je súčasťou stavebného priemyslu, ktorý zabezpečuje výstavbu a udržiavanie cestnej siete. Kvalitná cestná sieť je predpokladom hospodárskeho rozvoja, ktorý priamo ovplyvňuje sociálnu situáciu. Z tohto pohľadu má výroba asfaltových zmesí pre cestné staviteľstvo nesporný význam. Z hľadiska ochrany životného prostredia a v kontexte témy príspevku špeciálnej ochrany ovzdušia je každá prevádzka veľkým zdrojom znečisťovania ovzdušia. Vzťahujú sa na ňu povinnosti vyplývajúce z legislatívy ochrany ovzdušia a ich plnením je zabezpečené, aby vplyv prevádzky na ovzdušie bol minimalizovaný a v prijateľných medziach. Z hľadiska vplyvu prevádzky na ovzdušie je možné identifikovať hlavné body, ktoré majú význam pri jeho minimalizácii nasledovne:

- emisie zo spaľovania zemného plynu na ohrev asfaltu je možné minimalizovať správnym nastavením horáka,
- emisie zo spaľovania zemného plynu na sušenie a ohrev kameniva v sušiacom bubne závisia jednak od správneho nastavenia horáka, ale osobitne pre tuhé znečisťujúce látky hlavne od technického stavu odlučovacieho zariadenia – textilného filtra,
- minimalizácia fugitívnych emisií tuhých znečisťujúcich látok je možná dodržiavaním technických opatrení, ako sú uzavreté zásobníky, zvlhčovanie povrchu skladovaných materiálov a uzavreté dopravné trasy,
- emisie organických plynov a pár z horúceho asfaltu je možné minimalizovať odsávaním znečisteného vzduchu z príslušných častí prevádzky a zavedením do sušiaceho bubna, kde dochádza k ich oxidácii.

Dodržiavaním všetkých legislatívnych požiadaviek je možné zabezpečiť minimálny vplyv prevádzky na kvalitu ovzdušia.

Bibliografia

BERGOGLIO, Jorge Mario. Encyclical Letter *Laudato Si'* of the Holy Father Francis On Care for Our Common Home [online]. Rím: Libreria Editrice Vaticana, 2015-05-24. 184 p.i
Vyhláška MŽP SR č. 411/2012 Z. z. o monitorovaní emisií zo stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia a kvality ovzdušia v ich okolí.
Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší.

Vanek, M., Salva, J.:

Analýza ochrany ovzdušia pri výrobe obalovaných asfaltových zmesí

Vyhláška MŽP SR č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší.

Ústava Slovenskej republiky. Zbierka zákonov č. 460/1992 z 1. septembra 1992.

Sulphur and its Compounds in the Environment

Der Schwefel und seine Verbindungen in der Umwelt

Síra a jej zlúčeniny pri imisnej záťaž ekostémov

Rastislav Janík, Eduard Bublinec

Abstract

Sulphur and its compounds significantly harms ecosystems, including also man. They cause irritation of respiratory tract. Sulphure dioxide often achieve high concentrations in a case of inversive situations. Main danger represent smog situations, which caused death of thousands people in London in 1950, for example. Main emission sources of SO₂ comes from burning of fossil fuels. Emissions produced by transport reach low concentrations. The good news for Europe is, that level of sulphure dioxide (in the last decades) really dropped down. Slovak republic participates only around 1% on Europeans emissions of SO₂ production.

Keywords: Occurrence in nature. Significance. Sulfur in the air. Ecosystems. Limit values.

Výskyt v prírode

Síra má typickú žltú farbu a je známe, že veľmi zle vedie teplo i elektrinu. Vyskytuje sa vo viacerých modifikáciách (kosoštvorcová – za obvyčajnej teploty, jednoklonná, koloidná atď.). Elementárna síra sa vyskytuje v prírode v značných množstvách, väčšinou v blízkosti sopiek (Sicília, Texas, Japonsko). V sopečných oblastiach sa často uvoľňuje aj sírovodík H₂S ako zemný plyn. Sopečné plyny obsahujú aj oxid siričitý SO₂. Hojne sú rozšírené zlúčeniny síry s kovmi. Medzi najrozšírenejšie sírniky patrí pyrit FeS₂, chalkopyrit CuFeS₂, galenit PbS a sfalerit ZnS. Ešte hojnejšie sú sírany, ako napr. síran vápenatý (sádrovec a anhydrit), horečnatý (horká soľ a kieserit), barnatý (ťaživec), stroncnatý (celestín) a sodný (Glauberova soľ). Tvorí 0,052 % litosféry. Na výstavbe dostupnej časti pevnej zemskej kôry a pôdy sa podieľa približne 0,03 váh. %. Síra sa získava tavením hornín, ktoré ju obsahujú vo voľnom stave. Zo zlúčenín síry je najdôležitejšia kyselina sírová.

Význam

Síra patrí medzi prvky, ktoré sú nevyhnutné pre organickú prírodu. Patrí medzi tzv. esenciálne makroživiny (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S), pretože je súčasťou bielkovín, ktoré obsahujú 0,8 – 2,4 % chemicky viazanej síry (Remy 1961). Rastliny kryjú svoju potrebu síry zo síranového iónu v pôde. Odporný zápach, ktorý sprevádza rozklad mŕtvych zvieracích tiel, spôsobujú hlavne sírne zlúčeniny (sírovodík, merkaptany). Tieto vznikajú práve pri hnilobnom rozklade proteínov. Čierne uhlie obsahuje priemerne 1 – 1,5 % síry čiastočne viazanej v organických zlúčeninách a čiastočne v pyrite (FeS_2). V surovej rope jej obsah môže dosiahnuť až 3 %. Uvoľňovanie z týchto fosílnych zdrojov zapríčiňuje acidifikáciu životného prostredia, a to aj preto, lebo síra bola známa už v najstarších časoch vďaka jej výskytu v prírode vo voľnom stave (síra a oheň z neba v Sodome a Gomore, Homér opisuje využitie jej horenia pre dezinfekciu, liečenie). Priemyselne sa kyselina sírová vyrábala od r. 1756 v Anglicku. Vedúce postavenie v ťažbe síry mala však Sicília.

Vlastnosti

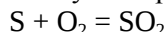
Síra patrí do 6. skupiny periodickej sústavy. Okrem síry do tejto skupiny zaradíme kyslík, podskupinu chrómu a podskupinu selénu. Pretože atóm síry obsahuje vo valenčnej vrstve šesť elektrónov, maximálny oxidačný stupeň síry je VI, ktorý uplatňuje oproti silne elektronegatívnym prvkom, ako je kyslík alebo fluór. Okrem toho síra bežne vystupuje aj v oxidačnom stupni IV. Z toho, že atómu síry chýbajú do elektrónovej konfigurácie nasledujúceho vzácneho plynu (argónu) dva elektróny, vyplýva aj maximálny záporný oxidačný stupeň – II.

Síra je pomerne reaktívna látka už pri mierne zvýšenej teplote. Zlučuje sa takmer so všetkými prvkami priamo, s meďou a striebrom už pri obvyčajnej teplote. Síra sa používa najmä na výrobu kyseliny sírovej, na prípravu preparátov na ničenie škodcov v poľnohospodárstve, na výrobu zápaliek, sírouhlíka a pod.

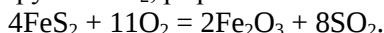
Z oxidov, t. j. zo zlúčenín síry s kyslíkom, najznámejší a najdôležitejší je oxid siričitý SO_2 a oxid sírový SO_3 . Od nich sú odvodené 2 kyseliny (H_2SO_3 a H_2SO_4). Soli odvodené od týchto kyslíkatých kyselín sa nazývajú siričitany (sulfity) a sírany (sulfáty).

Oxidy a oxidokyseliny síry

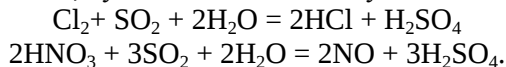
Oxid siričitý sa priemyselne vyrába spaľovaním síry na vzduchu



alebo pražením pyritu FeS_2 , príp. ďalších sírníkov



Oxid siričitý SO_2 je bezfarebný plyn ostrého dráždivého zápachu (b. v. $-10,0\text{ }^\circ\text{C}$), ľahko skvapalniteľný. Vo vode sa dobre rozpúšťa (pri $20\text{ }^\circ\text{C}$ v 1 dm^3 vody asi $40\text{ dm}^3\text{ SO}_2$). Oxid siričitý je látka chemicky reaktívna. Ľahko reaguje napr. s chlóróm, kyselinou dusičnou a inými oxidovadlami

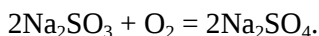


Produkty týchto reakcií, najmä kyselina sírová, majú mimoriadne agresívne účinky na všetky zložky životného prostredia, najmä na pôdu, rastlinstvo, stavby, historické pamiatky a pod.

Keďže skupenské teplo vyparovania oxidu siričitého je pomerne vysoké, používal sa aj ako náplň do chladničiek.

Od kyseliny siričitej sa odvodzujú dva rady solí: hydrogensiričitany a siričitany. Hydrogensiričitany sú vo vode dobre rozpustné. Prakticky najvýznamnejší je hydrogensiričitan vápenatý $(\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2)$, ktorého vodné roztoky sa používajú pri získavaní celulózy z dreva (sulfidový lúh).

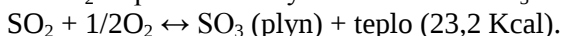
Siričitany sa na vzduchu, najmä v roztoku, oxidujú už pri obyčajnej teplote na sírany



Účinkom katalyzátorov (dnes väčšinou zlúčeniny vanádu) sa zlučuje so vzdušným kyslíkom na oxid sírový. Z jeho ďalších vlastností treba uviesť, že za normálnych podmienok je približne $2,3$ x ťažší než vzduch (hmotnosť 1 litra je $2,9256\text{ g}$), to znamená, že prirodzene sedimentuje a spoluvytvára tzv. suchú depozíciu. Vo vode je značne rozpustný (100 g vody pri $20\text{ }^\circ\text{C}$ pohltí $10,5\text{ g SO}_2$, pri $0\text{ }^\circ\text{C}$ sa v 1 objem. diely vody rozpustí viac než 70 obj. dielov SO_2). Vodný roztok reaguje vyslovene kyslo. Obsahuje dvojsytnú kyselinu siričitú H_2SO_3 .

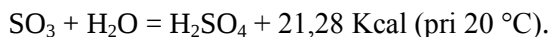
Z ďalších siričitanov treba spomenúť Na_2SO_3 . Používa sa ako anti-septikum i ako konzervačný prostriedok. Zneužívajú ho obchodné reťazce na konzervovanie mäsa, pretože dodáva starému mäsu jeho normálnu farbu.

Oxidáciou SO_2 za pomoci katalyzátorov vzniká SO_3 :



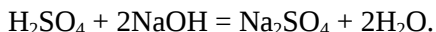
Táto reakcia je vratná a uvoľňuje sa pri nej teplo.

Oxid sírový mimoriadne silno pohlcuje vodu, s ktorou sa zlučuje na kyselinu sírovú



Pre túto vysokú afinitu k vode odníma SO_3 často vodu látkam tak silno, že tieto zuhoľnatejú (napr. celulóza). Podobne aj čistá koncentrovaná H_2SO_4 sa vyznačuje mimoriadne veľkou afinitou k vode. Vodnú paru dychtivo pohlcuje aj zo vzduchu, a preto ju používame ako sušiaci prostriedok. Spôsobuje zuhoľnatie mnohých organických zlúčenín tým, že z nich odštiepuje prvky, ktoré tvoria vodu. Ešte silnejšie dehydratačné účinky má dymová kyselina sírová (tzv. oleum). Na pokožke spôsobuje ťažké popáleniny, ktoré sa zle hoja, ak ich hneď neodstránime suchou látkou (navlhčením by sa stupeň popálenín ešte zvýšil).

Kyselina sírová sa s vodou mieša v každom pomere. Pri riedení vo vode sa uvoľňuje veľké množstvo tepla. Používa sa pri výrobe umelých hnojív (síran amónny a superfosfát) i početných ďalších výrobkov. Kyselina sírová je dvojsýtna silná kyselina a tvorí dva rady solí, a to hydrogensírany (kyslé sírany, bisulfáty) a sírany (sulfáty). Sírany sa najčastejšie pripravujú neutralizáciou hydroxidov kyselinou sírovou:



Patrí k nim aj zelená (Fe), biela (Zn) a modrá (Cu) skalica.

Sírovodík

Síra tvorí aj rad zlúčenín s vodíkom typu H_2S_n (sulfány). Najjednoduchší a najdôležitejší zástupca z tejto skupiny zlúčenín je známy sírovodík (H_2S). V prírode sírovodík obsahujú sopečné plyny alebo býva v plynch, ktoré unikajú zo zeme. Rozpustený býva aj vo vodách sírnych prameňov. Je to bezfarebný plyn, ktorý aj vo veľkom zriedení veľmi nepríjemne zapácha po skazených vajciach – záprdkoch (Smerdák – kúpele na Záhorí). Je silne jedovatý a 1,2 x ťažší ako vzduch (hmotnosť 1 litra je 1,5392 g). Vo vode je dobre rozpustný, viac ako dvojnásobne než CO_2 . Rozpustením sírovodíka vo vode sa získa roztok kyseliny sírovodíkovej H_2S . Kyselina sírovodíková je vo vode slabá kyselina. Vystupuje ako dvojsýtna kyselina a tvorí teda 2 rady solí, kyslé sírniky (hydro-sulfidy) a sírniky (sulfidy). Sírovodík a jeho soli by teda mohli prispievať k acidifikácii zrážok. V zrážkových vodách však zisťujeme prakticky ich nulové hodnoty.

Sulfidy (sírniky) sú zlúčeniny síry s prvkami, ktoré majú nižšiu elektronegativitu ako síra. Väčšina sulfidov, najmä sulfidy kovov, sa považuje za soli kyseliny sírovodíkovej. Vodné roztoky sulfidov alkalických kovov majú vysoké pH. Napr. Na_2S má $\text{pH} = 13,7$. Pri zahrievaní na vzduchu (praženie) prechádza väčšina sulfidov na oxidy kovov, keďže sulfidy sú pri vyššej teplote nestále. Tieto reakcie majú veľký technologický význam, pretože kovy sa vyskytujú v prírode veľmi často práve v podobe sulfidov.

Z polysulfidov ťažkých kovov je najdôležitejší disulfid železnatý FeS_2 , nazvaný pyrit, ktorý je dôležitou surovinou na výrobu kyseliny sírovej.

V dôsledku oxidačných a lúžiacich procesov značné množstvo síry sa dostalo z litosféry do hydrosféry, kde sa síra nachádza v podobe rozpustných síranov. V prírode sa vyskytujú takmer v rovnakom množstve sulfidy a sírany. Najdôležitejšie zlúčeniny síry, ktoré sa vyskytujú v prírode, sú Glauberova soľ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, sadrovec $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, baryt BaSO_4 , pyrit FeS_2 , sfalerit ZnS , rumelka (cinabarit) HgS , galenit PbS , chalkozín Cu_2S a chalkopyrit CuFeS_2 .

Síra v ovzduší

Antropogénna síra sa dostáva do ovzdušia najmä zo spaľovania fosílnych palív, predovšetkým uhlia. Na Slovensku sa v r. 1990 dostalo do ovzdušia 539 000 ton síry (za 1 rok). V r. 1995 to už bolo menej ako polovica (236 000 t). Spôsobila to konverzia a útlm výroby, ale aj nové technologické postupy. Za ďalších 5 rokov, v r. 2000, sa znížili imisie SO_2 viac než o štvrtinu, t. j. na 170 000 t/rok. V r. 2004 zo stacionárnych a mobilných zdrojov bolo emitovaných do ovzdušia len 96,9 t/rok oxidu siričitého SO_2 , z toho mobilné zdroje činili 0,9 t/rok. Treba povedať, že v r. 2004 prvýkrát prevýšila produkcia NO_x do ovzdušia oxid siričitý (98,1 t, z toho mobilné zdroje 36,4 t). Z väčších našich zdrojov treba spomenúť ENO Nováky (ročná emisia 38 000 ton SO_2 v r. 2004). Medzi 100 najväčšími emitentami EÚ 27, bez ohľadu na typ zdroja, boli Nováky na 35. mieste. Európa ako celok produkovala do ovzdušia v r. 1990 39 121 000 t oxidu siričitého za rok. V r. 1997 to bolo už len 22 873 000 t. V r. 2000 pätnásť starých krajín EÚ produkovalo cca 6 000 000 t SO_2 , v r. 2010 to bolo už len 3 850 000 ton, v 12 nových členských krajinách EÚ 4 467 000 t. Teda spolu v EÚ 25 v r. 2010 emisia SO_2 sa pohybovala okolo 8 317 000 t, z toho na Slovensku 11 000 t.

Ekosystémy, ľudské zdravie a síra

Limitné 10-minútové priemerné hodnoty pre SO_2 podľa Svetovej zdravotníckej organizácie WHO, nemajú prekročiť $500 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Maximálna 24-hodinová priemerná hodnota (zdravotný limit) je $125 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ a ročná priemerná hodnota ako zdravotný limit je $50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Ročná priemerná hodnota pre ekosystémy (lesné, lúčne atď.) by sa mala pohybovať v rozmedzí 10 – 30 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Doporučený limit Európskej únie z r. 2005 ako 1-hodinová priemerná hodnota je $350 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Táto môže byť však prekročená, ale najviac 24-krát za 1 rok. Maximálna 24-hodinová priemerná hodnota je taká istá ako WHO (2000), môže však byť prekročená max. 3-krát za rok. Ročná priemerná hodnota pre vegetáciu by nemala byť vyššia ako $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

V Slovenskej republike limity stanovuje Vyhl. č. 705/2002 Z. z. a sú totožné s doporučenými hodnotami EÚ.

Záver

Síra a jej zlúčeniny významne poškodzujú ekosystémy, vrátane človeka. Zapríčiňujú najmä iritáciu dýchacích ciest. Ľudia, predovšetkým deti, sú postihované najmä infekciami dýchacích ciest. Oxid siričitý môže dosahovať vysoké koncentrácie najmä za inverzných situácií. Nebezpečné sú najmä smogové situácie, ktoré v r. 1950 zapríčinili v Londýne smrť tisícov ľudí.

Hlavné emisné zdroje SO₂ pochádzajú zo spaľovania fosílnych palív. Príspevok emisií z dopravy je malý. Síra patrí aj medzi esenciálne makroživiny, ktoré sú nevyhnutné pre výživu rastlín. Oxid siričitý je pomerne stabilná zlúčenina, ktorá je z emisných zdrojov transportovaná na veľké vzdialenosti rádovo stovky až tisícky kilometrov. Pretože za bezvetria sedimentuje a spoluvytvára tzv. suchú depozíciu. Táto pri zvýšených koncentráciách nad 125 µg · m⁻³ za 24 hodín je škodlivá pre ľudské zdravie, alebo nad 20 µg · m⁻³ v priemere za rok poškodzuje ekosystémy, vrátane človeka. Pri transmisii na väčšie vzdialenosti SO₂ oxiduje na SO₃, ktorý po zlúčení s vodou spolupôsobí na acidifikáciu zrážok a následne celého životného prostredia. Dobrá správa pre Európu je v tom, že hladina oxidu siričitého v posledných desaťročiach významne poklesla. Platí to aj pre našu republiku, ktorej podiel na európskych emisiách SO₂ sa pohybuje len okolo 1 %. V knihe Genezis starej 4 tisíc a možno raz toľko tisíc rokov jej ľudský autor píše, ako Boh hodnotil dielo stvorenia. Konštatuje, že všetko, čo urobil, je veľmi dobré. Doslova „A Boh videl, že je to dobré.“, „A hľa, bolo to veľmi dobré. Požehnal siedmy deň a posvätil ho.“ Do toho však vstúpil diabol, zlý duch, zviedol človeka, aby Božie zákony a príkazy porušil. Treba povedať, že Božie zákony = prírodné zákony a vice versa – prírodné zákony = Božie zákony. To sú príkazy života. Čím menej ich budeme dodržiavať, tým viac budeme pykať za naše znečistené životné prostredie.

PodĎakovanie

Autori ďakujú grantovej agentúre VEGA za čiastočnú podporu tejto publikácie cestou grantu č. 2/0120/17 a VEGA č. 2/0126/16.

Bibliografia

Acid News, No. 4/1999, No. 2/2001, No. 4/2003, No. 2/2004, No. 4/2004, No. 1/2007.

Morphogenetic Soil Classification System of Slovakia

Die morphogenetische Bodenklassifikation System der Slowakei

Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska

Jaroslav Demko, Eduard Bublinec, Ján Machava

Abstract

The paper presents basic information about the new morphogenetic classification system of soils of Slovakia (Societas pedologica Journal, 2014). It is a basal reference taxonomy of basic soil units, their nomenclature and categorization. During last period from publication of Morphogenetic Soil Classification System of Slovakia in year 2000 has accumulated the new knowledge about soils on the world and national levels. The effort wide group of authors has been included in the present classification. A number of changes occurred in the whole system, especially for reasons of compatibility with international classification, which are also considered as one of the priorities of the system adjustment. Comparing to the first edition from the 2000, the main differences lie in the following: highest taxonomic level of the system now contains 14 of soil groups where were added vertic, umbric, organic and technogenic. Soil type level contains now 24 types, the formal group of anthropogenic soils is treated in more details. Added umbrisols, horticols, technosols. Reconstruction on the level of soil subtypes was also done. Some soil horizons were newly defined, quantified and signed. Textural classes are distinguished closely to the world system, but now they include also stoniness and specific classification of organic soils. A new classification of parent material was adopted. Lower taxonomic levels variety, form, subform and phase were refined in more detail.

Keywords: Soil horizon. Soil groups. Soil types.

Úvod

V roku 1987 sa v bývalom Československu používali rozličné klasifikačné systémy pôd. Samostatnú klasifikáciu pôd používali poľnohospodári. Odlišnú klasifikáciu používali pri prieskume a mapovaní pôd lesníci. K zjednoteniu na celoštátnej úrovni prišlo v roku 1987 vydaním Morfogenetického klasifikačného systému pôd ČSSR. Čoskoro sa však ukázalo, že túto prvú bazálnu referenčnú taxonómiu treba doplniť o viaceré nové poznatky,

a preto už o štyri roky, v roku 1991 vychádza inovovaný a doplnený klasifikačný systém pôd ČSFR. So vznikom samostatnému Slovenského štátu a pribúdaním nových poznatkov sa ukázala potreba inovovať aj túto klasifikáciu. Na jej tvorbe pracoval pomerne široký kolektív autorov. Táto bazálna referenčná taxonómia bola publikovaná v roku 2000. Je to vlastne prvá klasifikácia pôd Slovenskej republiky. Avšak získavanie nových poznatkov u nás i v zahraničí vyvolali potrebu znovu doplniť a inkorporovať tieto poznatky a vytvoriť tak novú komplexnú modernú klasifikáciu. Na jej tvorbe sa podieľal kolektív slovenských pôdozalcov pod vedením prof. Ing. Bohdana Jurániho, CSc. Z Pedagogickej fakulty Katolíckej univerzity v Ružomberku sa aktívne na vypracovaní klasifikácie pôd Slovenska podieľal prof. Eduard Bublinec a Ing. Ján Machava, PhD. Prof. Bublinec bol okrem toho vedúci pracovnej skupiny, ktorá spracovávala pokrývkové horizonty a systém humusových foriem.

Cieľ predkladaného príspevku je v stručnej forme definovať najdôležitejšie horizonty, resp. niektoré ich nižšie kategórie a stručne charakterizovať všetky skupiny pôd a pôdne typy, prípadne aj nižšie jednotky, pokiaľ si to vyžaduje ich význam. Publikovaná práca má slúžiť predovšetkým študentom pedagogických fakúlt ako budúcim učiteľom, ktorí potrebujú v rámci predmetu Základy prírodného prostredia získať relevantný obraz o pôdach Slovenska.

1 Princípy klasifikačného systému

Pod pojmom klasifikácia rozumieme identifikáciu a triedenie (zoskupovanie) pôd do skupín (taxónov) na základe podstatných (príbuzných) znakov. Výsledkom je určitý systém (sústava), ktorý v prípade pôd má hierarchické, viacúrovňové usporiadanie. Pre naše pôdy v súčasnosti máme oficiálne prijatý tzv. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska s podnázvom Bazálna referenčná taxonómia, ktorá vyšla pod uvedeným názvom knižne v 2. aproximácii v r. 2014.

Pre klasifikáciu pôd poslužil morfogenetický prístup. Je to klasifikácia vnútorných vlastností pedonov určených súborom genetických horizontov a ich morfológickými, fyzikálnymi, chemickými a fyzikálno-chemickými vlastnosťami. Pre triedenie pôd na najvyššej úrovni sa použil špecifický čiastkový pôdotvorný proces. Dosiahlo sa tak zoskupenie pôdných jednotiek podľa genetickej príbuznosti aj v nižších kategóriách, ale s taxonómiou na úrovni diagnostických horizontov definovaných súborom hraničných diagnostických znakov.

2 Objekt klasifikácie

Pôda sa v tejto klasifikácii chápe ako samostatný prírodný útvar, ktorý vzniká v najvrchnejšej časti zemskej kôry, v zóne interakcie litosféry, hydrosféry a biosféry, s ktorými je v sústavnej látkovej a energetickej premene a môže byť výrazne ovplyvňovaná prvkami antroposféry (noosféry). Umožňuje rast

organizmov, vyšších rastlín i živočíchov a rozklad ich produktov. Má teda produkčnú funkciu a ostatné verejnoprospešné funkcie, ktoré dnes nazývame ekosystémové služby. Objektom klasifikácie sú len recentné (súčasnú) a reliktné (staršie) pôdy, a nie subhydričné a fosilné pôdy.

Morfologické vlastnosti prirodzených pôdnych jednotiek je možné skúmať v pedologických sondách. Pedologické sondy odhaľujú vertikálny pôdny profil celého sledu (sekvencie) pôdnych horizontov a pôdotvorného substrátu, prípadne aj podložnej horniny. Pôdny profil je dvojrozmerným objektom. Pôdne jednotky sú však trojrozmernými objektmi. Takúto jednotku nazývame **pedon**. Jeho znaky sú reprezentované údajmi získanými z pôdneho profilu. Množina pedonov tej istej taxonomickej úrovne na určitom mieste tvorí prirodzenú pôdnu jednotku pôdneho pokryvu, tzv. **polypedon**. Pedony sú teda trojrozmerné jednotky, ktoré opisujeme, klasifikujeme a odoberáme z nich pôdne vzorky. Sú aj predmetom mapovania pôd.

V klasifikácii pôd sa často používa termín pôdne solum. Je to vrchná časť pedonu zahŕňajúca všetky horizonty, na vzniku ktorých sa podieľajú pedogenetické procesy až po pôdotvorný substrát.

3 Nomenklatúra a kategorizácia

Pre základné pôdne predstavitel (pôdne typy) sa používa jednoslovná nomenklatúra (pomenovanie). Jednoslovný termín sa vytvoril kombináciou známych a daných pôdnu jednotku charakterizujúcich morfém (medzinárodný slovný koreň) a prípony „-zem“, napr. černoze, andozem. V systémoch FAO sa používa pre názov pôd koncovka „-sol“ alebo „-zem“. Takto zostavená nomenklatúra umožňuje jednoduchšiu a prehľadnejšiu spätosť názvov jednotlivých kategórií pre tvorbu názvu pôdnej jednotky (1 slovo).

Bázálna referenčná taxonómia umožňuje identifikovať, triediť, opisovať a kategorizovať pôdne jednotky vo viacúrovňovom systéme na základe logických a stabilných kritérií s členením diagnostických znakov podľa ich genetického významu. Kategorizácie vyjadrujú intenzitu a ráz pôsobenia pôdotvorných procesov, pričom sa vzal do úvahy aj vplyv substrátov (ak sú významné). V klasifikačnom systéme našich pôd sa rozlišujú tieto hierarchické jednotky: skupina, typ, subtyp, varieta, forma, fáza, druh, substrát. Princípy kategorizácie sú:

Skupina pôd: Zatriedenie podľa typu hlavného pôdotvorného procesu, identifikácia podľa dominantného diagnostického horizontu;

Pôdny typ: Kategorizácia a identifikácia podľa sledu diagnostických horizontov, prípadne variet horizontov. Pri niektorých pôdach aj podľa kombinácie diagnostický horizont – pôdotvorný substrát (napr. pri rendzine, pararendzine);

Pôdny subtyp: Kategorizácia a identifikácia podľa príznakov diagnostických horizontov a tých variet diagnostických horizontov, ktoré majú medzitypový ráz (znaky).

Varieta: Kategorizácia a identifikácia podľa chemických vlastností diagnostických a ďalších horizontov, ktoré sa spravidla zisťujú analyticky. Pre všetky pôdne typy sa uvádzajú kontaminované variety podľa kritérií špeciálnych prieskumov;

Forma: Kategorizácia a identifikácia podľa erózo-akumulačných znakov, podľa rázu antropických zásahov, formy pokrývkovej organickej hmoty (humusovej formy) a podľa mrazovej formy;

Subforma: Kategorizácia humusových foriem na nižšej hierarchickej úrovni;

Druh: Kategorizácia a identifikácia podľa zrnitosti jemnozeme (pôdny druh), skeletu a organických látok;

Substrát: Kategorizácia a identifikácia podľa zoznamu pôdotvorných substrátov;

Fáza: Identifikácia a kategorizácia podľa hĺbky pôdy od povrchu po pevnú horninu alebo po horizont s viac ako 50 % obj. skeletu.

Základnou kategóriou pre identifikáciu pôdnej jednotky je pôdny typ. Systém umožňuje kvantifikáciu vlastností pôd predovšetkým s určenými charakteristikami. Ťažké a niekedy nemožné je rozlíšiť jednotlivé pôdne procesy a ich vonkajšie prejavy, napr. či ide o reliktné alebo recentné znaky, či sú podmienené pedogénne alebo geogénne. Uvedené komplikácie navrhovaný systém prekonáva dôsledným uplatnením diagnostických horizontov hodnotiacich vnútorné vlastnosti a znaky pôd cez objektívne stanovené diferenciačné kvantifikovateľné kritériá s hraničnými charakteristikami.

4 Horizonty, vrstvy a znaky pôd

Genetický pôdny horizont je časť pedonu so špecifickými morfológickými, fyzikálnymi a chemickými znakmi a vlastnosťami, ktoré sú výsledkom pôdotvorných procesov (vrátane antropizácie).

Pôdna vrstva (negenetický pôdny horizont) je časť profilu pedonu spravidla paralelná s povrchom pôdy so špecifickými morfológickými, fyzikálnymi a chemickými znakmi a vlastnosťami, ktorá vznikla geologickými a inými procesmi.

Diagnostický pôdny horizont (vrstva) je dobre rozoznatelný genetický pôdny horizont alebo pôdna vrstva so stanovenými diferenciačnými kritériami, ktorý slúži ku klasifikácii pôd.

Znak diagnostického pôdneho horizontu slúži ku klasifikácii pôd ako osobitná charakteristika pôdnej hmoty v profile vytvorená špecifickými pedogenetickými procesmi (brunifikáciou, rubifikáciou, andozemnosťou atď.), ktoré sa môžu prejavovať súbežne v rôznych diagnostických pôdnych horizontoch.

Príznak diagnostického pôdneho horizontu (vrstvy) vyjadruje zmenu, výraznosť alebo neúplný súbor znakov určitého diagnostického horizontu.

Subhorizont diagnostického pôdneho horizontu je časť pôdneho horizontu zreteľne odlišná svojimi morfológickými znakmi.

Varieta diagnostického pôdneho horizontu charakterizuje odlišnosť diagnostického pôdneho horizontu vyjadrené špecifickými chemickými znakmi.

Subvarieta diagnostického pôdneho horizontu charakterizuje nižší hierarchický stupeň variety.

Nulová úroveň pôdneho profilu je rozhranie medzi detritickým pokrývkovým organickým O a povrchovým horizontom A, v prípade absencie horizontu O je na povrchu A horizont.

5 Najdôležitejšie horizonty a ich definícia

5.1 Pokrývkové organické diagnostické horizonty

Sú to horizonty vytvorené najmä hromadením odumretých zvyškov rastlín aj živočíchov a ich exkrementov v rôznom stupni dekompozície, ktoré sú spravidla uložené na organo-minerálnom horizonte alebo substráte. Tvorí sa buď v dôsledku rozkladu odumretých častí organizmov v prevažne aeróbnom prostredí lesov a lúk (organicko-detritické horizonty), alebo rašelinením zvyškov mokraďovej vegetácie (hydrofytov a hygropytov) v prevažne anaeróbnom, hydrickom prostredí (rašelinové horizonty), príp. majú antropogénny pôvod (mulč).

Opadankový horizont O – horizont málo pozmenených až veľmi rozložených zvyškov lesnej opadanky, ktoré zhora nadol predstavujú štádiá jej rozkladu a premien. Za hlavný identifikačný znak pre odlišenie jednotlivých štádií rozkladu sa považuje splnenie niektorých z nasledujúcich kritérií:

- Prítomnosť a podiel nepozmenených, príp. málo pozmenených odumretých nerozdrobených organických zvyškov (L-vrstva opadu). V porovnaní s východiskovým stavom opad môže byť vylúhovaný, čo sa prejavuje jeho svetlosťou, znižovaním hrúbky a hmotnosti, príp. skeletovaním listov (žilnatina zostáva).
- Podiel rozdrobených organických zvyškov (F-vrstva drviny), ako sú fyto i zoo častice, ktorých pôvod možno identifikovať priamo v teréne, je nad 50 %. Ide teda o dobre rozoznateľný pôvod odumretých organických zvyškov. V drvine je prítomný malý až stredný obsah jemnej organickej hmoty (meliny), ale vždy pod 50 %.
- Podiel jemnej amorfnej organickej hmoty so stmavnutými, chemicky pozmenenými organickými zvyškami a s exkrementmi zoofauny. Organická hmota je amorfná, jej pôvod sa nedá určiť (H-vrstva meliny). Je tmavšia ako vizuálne rozoznateľné odumreté organické zvyšky.
- Farba, ktorá sa mení od svetlejších odtieňov hnedej, po tmavohnedú, až čokoládovo-čiernu (pri meline).

Opadankový horizont má:

- a) hrúbku > 1 cm,
- b) viac ako 50 % spáliteľnej organickej hmoty,
- c) prítomný aspoň jeden z nasledovných subhorizontov.

Nekrotický subhorizont Oon (vrstva nekromasy) – podiel spáliteľných biochemicky slabo pozmenených odumretých, nerozložených zvyškov opadu (lístie, ihličie, haluzina, plody, byliny, trávy, mačina atď.) tvorí 90 a viac % obj. a obsah minerálnej hmoty je pod 10 % hm.

Variety subhorizontu:

Typický (výrazne) nekrotický Oont s < 25 % obj. fermentizovaných zvyškov opadu.

Nekrotický fermentizovaný Oonf s 25 – 50 % obj. fermentizovaných zvyškov opadu.

Fermentačný subhorizont Oof – podiel biochemicky stredne pozmenených (fermentovaných) rozdrobených rastlinných zvyškov (drviny) s dobre rozoznateľnou štruktúrou a pôvodom dosahuje 50 % a viac, zvyšok tvoria nerozložené rastlinné zvyšky alebo amorfná hmota, obsah minerálneho podielu do 25 %.

Variety subhorizontu:

Typický (málo pozmenený) fermentačný Ooft – ktorý má < 25 % obj. amorfnej organickej hmoty a/alebo výskyt nerozdrobených organických zvyškov do 25 % obj.

Fermentačný humifikovaný (silne pozmenený) Oofh s 25 – 50 % obj. amorfnej organickej hmoty, ale vždy s prevahou (50 – 75 % obj. drviny) rozdrobených organických zvyškov.

Humifikačný subhorizont Ooh (vrstva meliny) – podiel biochemicky silne pozmenených, tmavo sfarbených amorfných organických látok (jemná amorfná hmota, melina) dosahuje > 50 %. Prebiehajú v ňom humifikačné procesy.

Variety subhorizontu:

Slabo humifikovaný Oohs – spravidla hnedosfarbený horizont > 75 % amorfnej organickej hmoty.

Humifikačný mineralizovaný Oohm s 25 % – 50 % minerálneho podielu.

Mačínový horizont Om – pokrývkový organický horizont odumretých polorozložených zvyškov bylinnej rastlinnej hmoty, ktorý má

- a) hrúbku > 1 cm,
- b) viac ako 50 % spáliteľnej organickej hmoty.

Rašelinový horizont Ot – hygrický organický pokrývkový horizont vznikajúci rašelinením zvyškov rastlín bez ich výrazného premiešania s minerálnou časťou, ktorý má

- a) hrúbku > 10 cm,
- b) viac ako 50 % spáliteľnej organickej hmoty.

Humolitový horizont Oh – hygrický organicko-minerálny horizont, vznikajúci rašelinením, ktorý má

- a) hrúbku > 10 cm,
- b) 30 – 50 % spáliteľnej organickej hmoty, typický spravidla pre slatinné rašeliniská.

Antropogénny pokrývkový horizont Od (v MGKS označený ako On) – dlhodobou antropogénne nahromadená pokrývková vrstva z prírodných alebo človekom vytvorených sypkých, spravidla organických materiálov na povrchu pôdy, ktorá má

- a) hrúbku > 10 cm,
- b) menej ako 30 % spáliteľnej organickej hmoty.

5.2 Povrchové diagnostické horizonty

Ochrický horizont Ao – spravidla plytký povrchový humusový horizont vyvinutý na silikátových až karbonátových substrátoch, ktorý má hrúbku 1 – 10 cm.

Variety horizontu:

Ochrický silikátový Aos má < 0,3 % uhličitanov a pH v H₂O viac ako 6,5.

Ochrický karbonátový Aoc má ≥ 0,3 % uhličitanov a pH v H₂O v rozsahu 6,5 – 8,4.

Ochrický podzolový Aoe má vybielené zrná po translokovaných Fe₂O₃ a humusu.

Umbrický horizont Au – tmavosfarbený povrchový humusový, sorpčne nenasýtený horizont, ktorý má

- a) hrúbku > 10 cm,
- b) nasýtenosť sorpčného komplexu V < 50 %,
- c) pH vo vodnom výluhu < 5,5,
- d) pomer C_{HK} : C_{FK} menší než 1 a pomer C : N > 12.

Molický horizont Am – tmavosfarbený štruktúrny povrchový humusový horizont, sorpčne nasýtený, s prevahou humínových kyselín, ktorý má:

- a) hrúbku > 10 cm,
- b) nasýtenosť sorpčného komplexu bázičnými kationmi 50 % a viac,
- c) pomer C_{HK} : C_{FK} nad 1 a pomer C : N = 12 a menej.

Variety horizontu:

Molický silikátový Ams má menej ako 0,3 hm. uhličitanov.

Molický karbonátový Amc má 0,3 a viac % uhličitanov.

Molický čiernicový Amč so znakmi nadbytočného zvláženia podzemnou vodou (Fe³⁺, Mn⁴⁺ povlaky, menej často noduly).

Molický smoniový Amm s vysokým obsahom montmorillonitických ílov, kedy v podmienkach periodických zmien vlhkostného režimu je dominantným procesom zmršťovanie a napučovanie. Horizont má:

- a) obsah ílu nad 30 % hm. do hĺbky 60 cm od povrchu,
- b) trhliny v suchom období roka so šírkou nad 1 cm v jeho spodnej časti.

Molický rendzinový Amv s výskytom ostrohranného karbonátového skeletu nad 30 %.

Fulvický horizont Af – tmavosfarbený humusový horizont zo zvetranín vulkanických hornín, s prevahou fulvokyselín, extrémne kypý, s vysokým obsahom organických látok, ktorý má:

- a) andické diagnostické znaky,
- b) hrúbku > 30 cm,
- c) ≥ 6 % hm. organického C,
- d) melanický index $\geq 1,7$.

Melanický horizont Al – tmavosfarbený povrchový humusový horizont zo zvetranín sopečných hornín, s prevahou fulvokyselinových frakcií, extrémne kypý, s vysokým obsahom organických látok, ktorý má:

- a) andické diagnostické znaky,
- b) hrúbku > 30 cm,
- c) ≥ 6 % hm. organického C,
- d) melanický index < 1,7.

Slaniskový horizont S – horizont soľných pôd bohatých na karbonáty, chloridy a sulfáty Na, Ca, Mg. Je prevažne povrchovým horizontom s výkvetmi solí na suchých povrchových štruktúrnych elementoch, hoci sa môže vyskytnúť v rôznej hĺbke, ktorý má:

- a) hrúbku > 15 cm,
- b) elektrickú vodivosť aspoň v časti horizontu > 15 mS.cm⁻¹,
- c) obsah vodorozpustných solí > 1 % hm.

Kultivačný horizont Ak – povrchový humusový horizont pretvorený obrábaním, hnojením alebo inými kultivačnými zásahmi človeka s rôznymi vlastnosťami, ktorý má:

- a) hrúbku do 35 cm,
- b) obsah organického C ≥ 3 % hm.,
- c) prímes podpovrchových horizontov,
- d) aspoň jednu z nasledujúcich vlastností:
 - znaky kultivácie (znaky orby, homogenizácia vrstvy, zreteľný až ostrý prechod, farebne odlišený, zhutnenie na jeho spodnej hranici),
 - prímes agrochemikálií, vápenca, maštalného hnoja, pozberových zvyškov a iných organo-minerálnych zúrodňovacích komponentov.

Variety horizontu:

Kultivačný ornicový Akp má aspoň jednu z vlastností d) v hĺbke 10 – 35 cm.

Kultivačný melioračný Akj má aspoň jednu z vlastností d) v hĺbke do 35 cm.

Kultivačný hortický Ako má hrúbku do 35 cm s obsahom organického $C \geq 1 \%$ hm. a spravidla slabo alkalickú reakciu.

Antropogénny povrchový horizont Ad – povrchový horizont vytvorený človekom z rôznorodých premiestnených materiálov (vždy s prítomnosťou artefaktov).

5.3 Podpovrchové diagnostické horizonty

Eluviálny luvický horizont El – podpovrchový horizont, ktorý vznikol ochudobnením o ílovité častice, v menšej miere o seskvioxidy translokované do podložného iluviálneho horizontu, ktorý má:

- a) hrúbku > 5 cm,
- b) svetlú farbu,
- c) zníženú sorpčnú kapacitu oproti nadložnému a podložnému horizontu,
- d) kyslú pôdnu reakciu s pH 4,5 – 5,0.

Eluviálny hygrický horizont En – podpovrchový horizont, ktorý vznikol laterálnym pohybom pôdnej vody a jej pôsobením na pôdnu hmotu nad mramorovaným horizontom nepriepustným pre vodu, ktorý má:

- a) hrúbku > 3 cm,
- b) svetlú farbu,
- c) nižší obsah ílovitých častíc v porovnaní s podložným horizontom,
- d) zníženú sorpčnú kapacitu oproti nadložnému a podložnému horizontu.

Eluviálny podzolový horizont Ep – ktorý vznikol ochudobnením pôdnej hmoty o seskvioxidy, prípadne aj o nízkomolekulové organické látky, translokované do podložného iluviálneho horizontu, ktorý má:

- a) hrúbku > 3 cm,
- b) svetlú farbu,
- c) hrubozrnnejšiu textúru ako podložný horizont,
- d) výskyt vybielených zŕn bez obalov Fe_2O_3 .

Iluviálny luvický horizont Bt – podpovrchový horizont iluviálnej akumulácie translokovaných ílových materiálov, ktorý má:

- a) hrúbku > 15 cm,
- b) zvýšenie obsahu častíc $< 0,002$ mm oproti horizontu ochudobnenému o íl,

- c) v zrnitostne stredných a ťažších pôdach polyedrickú až prizmatickú štruktúru,
- d) mierne kyslú pôdnu reakciu (pH v H₂O 5,6 – 6,5).

Iluviálny podzolový horizont Bs – horizont, ktorý vznikol akumuláciou translokovaných nízkomolekulárnych organických látok, hliníka a železa ako výsledok procesu podzolizácie z nadložných horizontov v podmienkach silne kyslej pôdnej reakcie a premyvneho typu vodného režimu. Horizont má:

- a) hrúbku > 15 cm,
- b) zvýšenie obsahu voľného Fe oproti eluviálnemu horizontu i substrátu s maximom v jeho vrchnej časti a zvýšenie obsahu voľného Al s maximom v spodnej časti horizontu,
- c) aspoň jednu z nasledujúcich vlastností:
 - v hornej časti horizontu akumulácia translokovaných nízkomolekulárnych organických látok so seskvioxidmi,
 - pH v H₂O pod 5 alebo V pod 30 %,
 - tvorbu pevných železitých kôr – placikový diagnostický horizont v jeho nadloží.

Variety horizontu:

Podzolový seskvioxidový Bss – akumuláciu Al + Fe bez tmavých organických látok .

Podzolový humusovo-seskvioxidový Bsh s akumuláciou tmavých organických látok a Fe + Al.

Mramorovaný horizont Bg sa tvorí pri výraznom periodickom nasýtení pôdnej hmoty povrchovou vodou v častiach profilu so zníženou, resp. nízkou hydraulickou vodivosťou. Striedaním stagnácie a pohybu vody, redukčných a oxidačných procesov vzniká farebne pestrý horizont, ktorý má:

- a) hrúbku > 15 cm,
- b) mozaikovitú farebnosť, striedanie hrdzavej, okrovej a sivej farby,
- c) prítomnosť Fe a Mn novotvarov.

Kambický horizont Bv – metamorfický podpovrchový horizont, ktorý vznikol procesom brunifikácie (hnednutia) a má:

- a) hrúbku > 15 cm,
- b) nekarbonátovú jemnozernosť,
- c) pod 75 % skeletu.

Variety horizontu:

Kambický andický Bva zo zvetranín vulkanických hornín, ktorý má andické diagnostické znaky.

Kambický rankový Bvu má 50 – 70 % obj. skeletu.

Glejové horizonty G – tvoriace sa v depresiách alebo v aluviálnych nivách v podmienkach, kde sa nachádzajú na kyslík chudobné podzemné vody. Ich tvorba je ovplyvňovaná prítomnosťou vysoko ležiacej hladiny podzemných vôd so slabým laterálnym pohybom s nevýraznou fluktuáciou hladín podzemných vôd (do 100 cm). V dôsledku lokálnych zmien glejové horizonty majú rôznu intenzitu prejavov glejových znakov (glejovatenia). Preto rozlišujeme:

Glejový oxidačný horizont Go – horizont charakteristický prítomnosťou hrdzavých oxidov a hydroxidov Fe (škvrny, zhluky) v rozsahu $\geq 10 \%$, ktorý vznikol nad hladinou podzemnej vody. Zastúpenie sivej farby je pod 10% .

Glejový redukčný horizont Gr – uniformne sivý, sivozelený až sivomodrý s hrdzavými novotvarmi pod 10% .

Slancový horizont Bn – alkalický horizont, ktorý je typický za mokra zliatou, za sucha stĺpcovitou alebo prizmatickou štruktúrou. Horizont je za sucha extrémne tvrdej konzistencie a má:

- a) hrúbku > 15 cm,
- b) obsah nasýtenia sorpčného komplexu sodíkom V nad 15% ,
- c) pH v H_2O aspoň v niektorej časti horizontu nad 8,5.

Antropogénny podpovrchový horizont Hd – vytvorený človekom z rôznorodých premiestnených materiálov s prítomnosťou artefaktov (úlomky tehál, skla, plastových materiálov, železa, trosky, uhlia...).

Kalcikový horizont Ca – horizont obohatenia sekundárnou akumuláciou $CaCO_3$, ktorý má:

- a) hrúbku > 15 cm, pričom obsah $CaCO_3 \geq 15 \%$ a má minimálne o 5% $CaCO_3$ viac ako horizont pod ním ležiaci, alebo
- b) hrúbku ≥ 15 cm, pričom obsah $CaCO_3$ je $\geq 5\%$ a má minimálne o 5% $CaCO_3$ viac ako horizont pod ním ležiaci, ak je vytvorený v hrubozrnnej, piesčitej vrstve.

Placikový horizont Pl – horizont ireverzibilnej cementácie akumulovaným Fe, Fe a Mn alebo Fe a organickým materiálom, červeno-hnedej až červeno-čiernej farby, s hrúbkou nad 5 mm. Je prekážkou pre prienik vody a koreňov.

Substrátový horizont (vrstva) C – pôdotvorením slabo postihnutý alebo nepostihnutý minerálny materiál. Ide o horninový materiál, z ktorého vznikla minerálna časť pôdy.

Substrátový silikátový C – rovnomerne sfarbený, s obsahom karbonátov pod $0,3 \%$. Ako symboly používame označenia $C_1, C_2...$

Substrátový karbonátový Cc – s obsahom karbonátov 0,3 % a viac, predovšetkým CaCO_3 vo forme žíl, výplní pórov, konkrécií, či popraškov.

Substrátový mramorovaný Cg – oglejením poznamenaný horizont so zastúpením hrdzavej a sivej farby v matrici 10 – 80 %.

Horizont (vrstva) podložnej horniny D – určuje sa vtedy, keď sa vo väčšej hĺbke (obyčajne pod 40 cm) nachádza hornina, zvetralina, ktorá neposkytla materiál pre vytvorenie vlastnej pôdy a má iné vlastnosti ako substrát, z ktorého sa vytvorilo solum.

Horizont (vrstva) pevnej podložnej horniny R – určuje sa vtedy, keď sa bezprostredne pod solom nachádza pevná materská hornina vo forme nezvetraných vrstiev, lavíc a pod.

5.4 Diagnostické znaky

Andické znaky (a) – znaky vyplývajúce z andozemného pôdotvorného procesu v pôdach, ktoré vznikli zo zvetranín vulkanických hornín:

- a) objemová hmotnosť jemnozeme $0,9 \text{ g. cm}^{-3}$ a menej,
- b) výmenná alkalita $\text{pH} \geq 9,4$ v NaF,
- c) tixotropia.

Stagnoglejové znaky (g):

- a) zamokrenie povrchových horizontov vrátane A horizontu je takmer trvalé v dôsledku stagnujúcej vody na nepriepustnom podloží,
- b) v horizontoch dominuje sivohrdzavá škvrnitosť,
- c) povrchový A horizont je tenký, pokrývkový humus (detritus) je tvorený morom, príp. aj s prechodmi do rašelinového horizontu.

Artefakty (x) – pevné alebo kvapalné (zriedka plynne) látky v pôde, ktoré sú vytvorené človekom ako výsledok priemyselnej, stavebnej, banskej a inej antropogénnej činnosti. Príklady: stavebný materiál, sklo, keramika, guma, plasty, kovy, popolčky, ropné produkty, kaly, textilie a pod.

6 Charakteristika pôdných typov Slovenska

A. Skupina iniciálnych pôd

Sú výrazne ovplyvnené pôdotvornou horninou. Je pre ne typický iniciálny špecifický (čiastkový) pôdnogenetický proces charakteristický intenzívnym zvetrávaním a tvorbou humusu.

1. Litozem (LI): Ao – R

Pôdy s hĺbkou do 10 cm na spevnených horninách a s dvoma varietami (karbonátová, neutrálna až alkalická a silikátová – kyslá). Ich podiel v pôdnom fonde Slovenska je pod 1 %.

2. Ranker (RN): Au – C – R

Sú to kyslé (pH 4,5 – 5,5) sorpčne nenasýtené pôdy, vyvinuté na silikátových horninách. Ide relatívne o mladé a plytšie pôdy. Vznikajú na skeletnatých zvetralinách a svahovinách pevných hornín s obsahom skeletu v horizonte Au nad 50 %. Zásoby humusu nie sú vysoké, napriek tomu, že v jemnozemi je vysoký obsah organických látok. Umbrický horizont A pri kyslých varietach vyšších polôh môže byť hrubý nad 30 cm. Sú to absolútne lesné pôdy, preto v LPF majú vyššie zastúpenie (2,8 %). Majú zhoršený hydrotermický režim, extrémne fyzikálne vlastnosti a vysokú prevzdušnosť. V nižších polohách (do nadmorskej výšky 600 m), v hrebeňových a vrchných častiach svahov sa prejavuje v nich nedostatok vody v letných mesiacoch. Rozšírené sú ostrovčikovite vo všetkých našich pohoriach. Len nad hornou hranicou lesa vytvárajú aj súvislejší stupeň. Hojnejšie sú v sopečných pohoriach (masívnejšie andezity). V PPF (poľnohospodárskom fonde) ich podiel činí 0,5 % a sú pokryté trávnyimi porastmi. Celoštátny priemer činí 1,5 %.

3. Regozem (RM): Ao – C1

Pôdy z nespevnených sedimentárnych silikátových hornín nesú, podobne ako litozeme, pioniersku vegetáciu. Majú nedostatok živín i vody, okrem zamokrených sutín. Les na nich plní významnú pôdochrannú funkciu. Rozšírené sú mozaikovite na celom území štátu (azonálne pôdy). Tvoria nevelké okrsky aj na sutinových prúdoch a vencochoch, i na viatych pieskoch (Záhorská nížina). Ich podiel v pôdnom fonde Slovenska je pod 1 %.

4. Fluvizem (FM): Ao – C

Tvorba humusu a humusového profilu pri nich je alebo bola rušená záplavami a sedimentáciou zemín. Na aluviálnych záplavách sa začína tvoriť horizont Ao. Pôvodne sa tieto pôdy nazývali nivné, aluviálne. Vyvinuli sa na recentných sedimentoch riek a potokov. Hladina podzemnej vody kolíše v závislosti od stavu vody vo vodnom toku viac ako pri glejoch. V spodine má preto aspoň náznaky horizontu G. Koncom leta a v jeseni je hladina spravidla hlbšie než 1,5 – 2 m, na jar a v neskorú jeseň je tesne pod povrchom, príp. voda zaplavuje pôdu povrchovo s usadzovaním zemín, čím sa ruší pôdotvorenie. Zloženie sedimentov môže byť veľmi rozmanité. Zvrstvenie sedimentov v aluviách riek je zvyčajne také, že povrchovú vrstvu 0,8 – 2 m tvorí jemnejší materiál, ako je íl, hlina a piesok, ktorý prekrýva štrkový materiál terasy. Kvalita týchto pôd je väčšinou dobrá, závisí od zrnitosti zemín a hĺbky podzemnej vody. V lužných lesoch je veľká produkcia zelenej hmoty

a intenzívny kolobeh látok. Veľká časť sa ich využíva pre poľnohospodárske účely i pre topoľové monokultúry. V PPF patria po kambizemiach k najviac zastúpeným pôdam (23,1 %), v LPF ich zastúpenie je relatívne malé (1,1 %), celoštátne majú podiel nad 10 % (13,2 %).

B. Skupina rendzinových pôd

Je pre ne charakteristický špecifický karbonátovo-humusotvorný pôdotvorný proces. Vznikajú zo zvetranín alebo svahovín pevných karbonátových hornín, alebo karbonátovo-silikátových hornín. Majú obyčajne molický horizont Am bez ďalších diagnostických horizontov. Skupina predstavuje 2 typy, a to rendzinu a pararendzinu.

5. Rendzina (RA) Amv – Cc – Rc

Vyskytuje sa v oblastiach vápencov a dolomitov s obsahom karbonátov nad 75 %. Zvetraním týchto hornín vznikajú ióny vápnika, horčíka, oxidu uhličitého a iónu OH a tzv. nerozpustný zvyšok, ktorého je menej ako 25 % (živce, sľudy, kremeň, ílové nerasty, atď.). Z neho a zo sedimentovaného prachu sa tvorí vlastne minerálna pôdna hmota. V dolomitoch je nerozpustný zvyšok menší (živce) ako vo vápencoch (ílové nerasty, kremeň). Len z tohto materiálu sa tvorí pôdotvorný substrát, a to je príčinou, prečo sú rendziny pôdy s malým množstvom jemnozeme. Na vytvorenie jej 10 cm vrstvy musí zvetrať približne 1 m hrubá vrstva vápencov a dolomitov. To si žiada dobu viac tisíc rokov. Tzv. zdedené nerasty (sľudy, živce...) zvetrávajú až po okyslení za tvorby hnedých oxidov železa.

V plytkých pôdach na vápencoch a dolomitoch sa rastliny svojím koreňovým systémom veľmi intenzívne podieľajú na biologickom zvetrávaní horniny. Rozpúšťaním uvoľnené karbonáty môžu byť vymyté alebo sa viažu na íl a organickú hmotu. Môže sa vytvoriť aj tzv. karbonátový horizont (Ca). Dolomit sa rozpúšťa horšie ako vápenec. Aj pôdy z neho sú extrémnejšie, plytšie. Typické rendziny sa vytvorili na plytkých svahovinách, v ktorých je vytvorený horizont Am. Obsah skeletu je nad 30 %. K pestrosti pôdnej prikrývky vápencových oblastí prispieva aj existencia zvyškov zemín zo starších geologických období. Tieto sú nápadné červenou až červenohnedou farbou a označujú sa ako terra rosa (červenozem) alebo až okrovohnedých farieb s výraznou polyedrickou štruktúrou (terra fusca).

Rendziny majú vysoký obsah Ca a Mg s dobre vyvinutou odrobinkovitou štruktúrou a majú neutrálnu až mierne alkalickú reakciu (6,5 – 7,2 – 8,5). S nadmorskou výškou obsah humusu stúpa. Jeho ekologická kvalita s pomerom C/N sa pohybuje v rozpätí 9 – 11. Rendziny sú kypré, dobre priepustné pre vodu, takže jej zásoby v nich bývajú malé. Sú jednostranne zásobené živinami (veľa Ca + Mg, málo K + P). Z uvedených dôvodov sú málo úrodné. Sú to tiež prevažne absolútne lesné pôdy s 13,1 % zastúpením v LPF (v PPF len 1,9 %, celoštátne 6,9 %).

6. Pararendzina (PR): Amc – Cc

Formujú sa zo zvetralín karbonátovo-silikátových hornín s obsahom karbonátov pod 75 %. Ide o pôdy blízke rendzinám, ale ekologicky sú priaznivejšie. Na rozdiel od rendzín sú menej skeletnaté (do 30 %). Povrchové vrstvy sú často dekarbonatizované a okyslené. Nachodia sa predovšetkým v nižších nadmorských výškach (v nížinách a kotlinách) na nespevnených Ca-sedimentoch, v pahorkatinách a v nižších horských polohách. V poľnohospodárskom a lesnom pôdnom fonde sú približne rovnako zastúpené (1,6 %, resp. 1,7 %, celoštátne 1,6 %).

C. Skupina molických pôd

Je pre ňu typický černoziemný proces s intenzívnym hromadením organických látok v procese humifikácie premenou detritusu stepnej alebo lužnej vegetácie so vznikom molického horizontu Am v podmienkach nepriesakového a periodicky priesakového vodného režimu. Skupina má nasledujúce 2 pôdne typy.

7. Černoziem (ČM): Amc – Cc alebo Am – C

Vznikla pod stepnou trávnatou vegetáciou, obyčajne na vápnatých sprašiach v kontinentálnej klíme so zrážkami pod 450 mm. Horizont Am černoziemí má hrúbku 30 – 70 cm. Je tmavej farby od značného obsahu kvalitného humusu (C/N 9-10), ktorý sa vytvoril predovšetkým z koreňových zvyškov trávinatej vegetácie. V horizonte C možno často zistiť tzv. krotoviny.

Černozieme majú neutrálnu až mierne alkalickú reakciu a nasýtený sorpčný komplex. Intenzívna činnosť edafónu je podmienkou krásnej odrobinkovitej štruktúry, ktorá spolu s prístupnými živinami dáva týmto pôdam vysokú úrodnosť. Situované sú v našich suchších oblastiach a sú využívané poľnohospodársky. V PPF so zastúpením 11,9 % zaberajú čo do výmery tretie miesto (v LPF 0,4 %), priemer za SR činí 6,8 %).

8. Čiernica (ČA): Amč – CG

Pôvodne sa označovala ako lužná pôda. Horizont Am je spravidla nad 30 cm hrubý so znakmi oglejenia. Vyvinul sa z bohatej vegetácie lužných lesov, príp. slatinových pôd. Majú dostatok živín, humusu a vody i priaznivú štruktúru. Patria medzi najúrodnejšie poľnohospodárske pôdy. Ich podiel v pôdnom fonde Slovenska je menší ako 1 %.

D. Skupina vertikálnych pôd

Skupina pôd so smoniovým špecifickým procesom, ktorý je typický pravidelným premiešavaním horizontov. Je výsledkom zmršťovania a napučievania pôdy ako dôsledok vysokého obsahu smektitických ílov. Má vertikálne znaky.

9. Smonica (SA): Amm – A/C – C

Sú to pôdy s dominantným smonicovým diagnostickým Amm horizontom z tektúrne ťažkých napučiacich substrátov. Molický smonicový horizont Amm má vysoký obsah montmorillonitických ílov. V podmienkach periodických zmien vlhkostného režimu je dominantným procesom zmršťovanie a napučiavanie. Horizont má

- a) obsah ílu nad 30 % do hĺbky 60 cm od povrchu,
- b) trhliny v suchom období roka minimálne v celom horizonte A so šírkou nad 1 cm.

V pôdnom fonde Slovenska majú zastúpenie pod 1 %.

E. Skupina umbrických pôd

Skupina pôd s umbrickým procesom hromadenia a premeny organických látok v kyslom prostredí, ktorý podmieňuje vznik umbrického horizontu.

10. Umbrizem (UM): Au – C

Pôdy majú tmavosfarbený povrchový humusový, sorpčne nenasýtený horizont, ktorý má:

- a) hrúbku nad 10 cm,
- b) nasýtenosť sorpčného komplexu V pod 50 %,
- c) pH vo vodnom výluhu menej ako 5,5,
- d) pomer HK : FK menšie ako 1 a pomer C : N nad 12.

Umbrizeme majú podiel z pôd Slovenska pod 1 %.

F. Skupina illimerických pôd

Vznikajú špecifickým pôdnogenetickým procesom lessivácie (illimerizácie) v podmienkach priesakového alebo sezónne priesakového vodného režimu. Pri procese illimerizácie sa presúvajú ílové časti, najmä s veľkosťou pod 0,002 m (pod 0,2 mikrometra) smerom nadol. Vytvoril sa v nich luvický horizont Bt obohatený o íl.

11. Hnedozem (HM): Ao – Bt – (Ca) – C, (Akp – Bt – C)

Predpokladáme o nich, že vznikli degradáciou černozeí po sukcesii lesa. Ak illimerizácia pokračovala, mohli vzniknúť luvizeme až pseudogleje ako ďalšie články tohto vývojového procesu. Podmienkou lessivácie je dekarbonatizácia a okyslenie. Ďalšia illimerizácia vedie k vzniku eluviálneho horizontu El a objaveniu luvizeme. Hnedozeme sú pôdy nížin a pahorkatín na vápnitých sedimentárnych horninách, ako sú spraše a jemné piesky. Väčšinou boli skultúrené a patria k najhodnotnejším poľnohospodárskym pôdam.

Reakcia horizontu A a Bt je mierne kyslá s pH 5,5 – 6,5 až neutrálna, spodná časť profilu je alkalická (horizont Ca), hodnota V býva 60 – 70 %, C/N = 10 – 11. K väčšej produkcii chýba voda, a tým aj možnosť využitia dobrej zásoby živín. Hnedozeme dosahujú v PPF 11,7 %, v LPF 6,3 %, priemer za Slovensko je pomerne vysoký (9,3 %).

12. Luvizem (LM): Ao – El – Bt – C

Majú vytvorený eluviálny El a luvický Bt horizont. Vyskytujú sa v nížinách a pahorkatinách na sprašových materiáloch, často pod listnatými lesnými ekosystémami. Ide o pôdy so zreteľnou texturálnou, t.j. zrnitosťou diferenciáciou horizontov E a B. Fyzikálne pomery v spodnej časti profilu môžu byť výrazne zhoršené. Luvizem je pôda kyslá v horizonte El s pH 4,5 – 5,0 až mierne kyslá s pH 5,5 – 6,5. V obohatených horizontoch Bt je viac ílu a R_2O_3 . Premena organických zvyškov ide v smere mineralizácie, z čoho vyplýva malá prehumóznosť. Všeobecne majú nedostatok vody (menej zrážok, vysoký výpar), korene do horizontu Bt ťažko prenikajú. Sú to tzv. labilné stanovištia. Rastú na nich spoločenstvá živného radu B, prípadne aj kyslého radu A. Luvizeme majú väčšie zastúpenie v LPF (12,1 %) než v PPF (4,3 %), za celé Slovensko 7,8 %.

G. Skupina kambických pôd

Tvorí sa špecifickým pôdotvorným procesom brunifikácie (hnednutia), ktorý je typický pre mierne až chladné oblasti. Hnednutie spôsobuje oxidácia dvojmocného železa na trojmocné. Zlúčeniny Fe^{3+} majú intenzívny hnedý farbiaci účinok. Tieto pôdy majú vždy typický kambický hnedý diagnostický horizont Bv, ktorý má v profile dominantné postavenie. Svojou hrúbkou a rázom udáva tón celému profilu. Skupina kambických pôd zahŕňa jeden pôdny typ.

13. Kambizem (KM): Ao – Bv – C, Au (Am) – Bv – C

Sú to trojhorizontové pôdy. Horizont A býva hrubý do 30 cm, hnedý horizont Bv 40 – 100 cm a horizont C. Ich prechod je postupný, viažu sa na silikátové horniny. Sú to pôdy kyslé, často značne skeletnaté. Kyslosť stúpa s nadmorskou výškou a chudobnosťou substrátu. Ich zmena s nadmorskou výškou sa odráža vo vertikálnej stupňovitosti kambizemí. S nadmorskou výškou stúpa aj hĺbka pôd, kyslosť, obsah humusu, ale klesá hodnota V.

Kambizeme sú naše najrozšírenejšie pôdy. Z lesného pôdneho fondu zaberajú viac než polovicu (55,3 %), v poľnohospodárskom pôdnom fonde viac než štvrtinu (25,8 %), celorepublikový priemer činí 39,2 %. Z ich veľkého rozšírenia vyplývajú aj rozdielne vlastnosti, ktoré sa odrážajú v 10 subtypoch, 12 varietách a 24 formách.

Kambizeme modálne so signatúrou horizontov Au (Ao, Am) – Au/Bv – Bv – Bv/C – C sú najrozšírenejšie pôdy. Z pôdneho fondu Slovenska zaberajú viac než štvrtinu výmery (27 %). Sorpčný komplex môže byť nasýtený aj

nenasýtený, dokonca aj silne kyslý s pH pod 4,8. Jej ekologicko-produkčné vlastnosti môže obmedziť vysoký obsah skeletu (v horizonte Bv až 70 %), pri silne kyslej variante aj malý obsah živín, prípadne kratšie vegetačné obdobie.

H. Skupina andických pôd

Vznikajú čiastkovým špecifickým andickým pôdno-genetickým procesom. Ten je spojený na tvorbou alofánu, amorfného ílového nerastu, ktorý viaže humus. Vytvára sa tak vysoká pórovitosť s objemovou hmotnosťou pôdy pod 0,9.

14. Andozem (AM): Af – Af/Bva- C

Sú to pôdy viažuce sa na oblasti mladotret'ohorného vulkanizmu. Vytvorili sa z vulkanických pyroklastik (tufy, aglomeráty, aglomerátové tufy), ak pozostávajú z väčšej časti sklovitých (vitrických) substancií (aspoň 60 % sopečného skla), z ktorých sa tvorí alofán. Objemová hmotnosť horizontu A a B je v rozpätí 0,3 – 0,85. Horizont A je nad 30 cm hrubý a vysoký obsah humusu je aj v horizonte B. Abnormálne vysoká je sorpčná kapacita, najmä pre anióny a vysoká vododržnosť. Typické andozeme sa viažu na humídne oblasti, kde pôdy počas roka nepreschýnajú, ani trvale nepremfzajú a kde je dobrá pôdna drenáž. Veľká vodná kapacita i sorpčná schopnosť voči aniónom, kationom, humínovým látkam a enzýmom sa vysvetľuje vysokou hodnotou merného povrchu ($400 - 500 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ g}^{-1}$) alofánov. V humusovom horizonte andozemí býva 30 – 40 % humusu. Celkove jeho zásoby dosahujú až $600 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ a sú najväčšie v našich pôdach (černozeme 200 – 300 t). C/N = 11 – 14, pH je v kyslej až mierne kyslej oblasti. Andozeme majú výborný fyzikálne stav, sú extrémne kypré, bohaté humózne. Ich výskyt v sopečných pohoriach Slovenska je ostrovčekovitý. Svoj hlavný areál majú vo výškach 1 000 – 1 450 m. Ich podiel v pôdnom fonde Slovenska nepresahuje 1 %.

I. Skupina podzolových pôd

Vznikajú podzolizáciou, t. j. presunom železa, hliníka aj humínových látok a ich akumuláciou v hlbších častiach pôdneho profilu.

15. Podzol (PZ): (Ol – Of – Oh) – Ae – Ep – Bs – C, (Ae – Ep – Bsh – Bs – C)

Má po chemicko-minerálovej a texturálnej stránke diferencovaný profil a nepriaznivú humusovú formu (mor). Charakteristický pre ne je eluviálny, prakticky len kremeňom tvorený svetlopopolavý horizont Ep a hrdzavý iluviálny Bs, resp. čiernohnedý Bsh horizont. Podzol sa tvorí na zvetralinách minerálne chudobných až jalových hornín. Vo väčších nadmorských výškach, spravidla na severných expozíciách aj na svahovinách z bohatších hornín. Vegetačnú pokrývku tvoria smrečiny, príp. kosodrevina. Sú to pôdy silne kyslé až veľmi silne kyslé s pH pod 4,5 (vrchné horizonty), výrazne sorpčne nenasytené so vzostupom hodnoty S i T v spodnej časti profilu. Podzoly sú nepriaznivé pôdy

s malým obsahom živín, sú príliš kyslé, biologicky neaktívne s malou dažďovou kapacitou. Produkcia je znížená. Rastú na nich lesné spoločenstvá kyslého radu A. Sú hojnejšie zastúpené v LPF (3,9 %) než v PPF (0,1 %), priemerne 1,8 %.

J. Skupiny hygrických pôd

V pôdach tejto skupiny prebieha oglejovanie, t.j. hygrický špecifický pôdotvorný proces pri zvýšenej pôdnej vlhkosti a pri nedostatku kyslíka. V dôsledku toho sa vytvorí niektorý z diagnostických horizontov, a to buď mramorovaný Bg (povrchové zamokrenie dažďovou vodou) alebo glejový G horizont (zamokrenie podzemnou vodou).

16. Pseudoglej (PG): Ao – En – Bgt – Cg, (Ao – Bg – Cg)

Vznikajú buď z luvizemí na základe zhoršenej priepustnosti horizontu B, príp. na dvojčlenných materských substrátoch. Majú zhoršené fyzikálne pomery, lebo sú už aj v hlavnej rizosfere uľahnuté. Charakterizuje ich striedanie povrchového zamokrenia (apríl – máj) a vysušenia, pričom suchšie stavy prevládajú (august – september – október). Železo sa dostáva do pohybu a hromadí sa v konkréciách. Vysušenie vedie k tvorbe bročkov. Sú hojné na juhu a juhovýchode Slovenska a v kotlinách stredného a severného Slovenska. Tvoria ostrovky, najčastejšie uprostred hnedozemí a luvizemí. Hlbšie vrstvy pre svoju uľahnutosť kladú odpor pre rast koreňov. Sú teda fyziologicky plytké – stredne hlboké. Pre extrémnu nadbytočnú uľahnutosť extrémny vlhkostný režim i kyslosť pokladáme ich za defektné, vyžadujúce meliorácie. Odvodňovanie robíme pri zrážkových úhrnoch 800 – 1000 mm.

Subtyp stagnoglejový (Ot) – Aog – Eng – Bgt (D) – Cg (stagnoglej), pri ktorom sa na nepriepustnej vrstve horizontu Bt, príp. D zadržiava voda, ktorá zamokruje aj horizont A po väčšiu časť roka. Preto aj vrchné vrstvy sú charakterizované viac šedohrdzavou škvrnitosťou než obsahom bročkov. Vyskytujú sa v humídnejších vyššie položených oblastiach, v TANAP-e a na hornej Orave. Sú to kyslé, menej produktívne pôdy s nepriaznivou humusovou formou (mor).

Pseudogleje majú v PPF zastúpenie nad 10 % (11,3 %) v LPF len 0,4 %, podiel z pôd Slovenska je 6,4 %.

17. Glej (GL): mull (mor) – Aog – G (Go – Gr)

Rozhodujúcim pôdotvorným činiteľom je pri nich podzemná stagnujúca alebo pomaly prúdiaca voda. Jej hladina v priebehu roka dosť kolíše, ale ak je po väčšiu časť roka v hĺbke menšej ako 1 m, oglejovací proces zasahuje celý pôdny profil, teda aj horizont A. Glejový redukčný diagnostický horizont Gr je do 50 cm od povrchu. Redukčné podmienky znižujú úrodnosť glejov. Priaznivejšie sa prejavuje voda pohyblivá, slabo prúdiaca, ktorá obsahuje viac kyslíka a voda viac mineralizovaná, s väčším obsahom vápnika, príp. ďalších kationov. Pôdy podmäčaná podzemnou vodou v nížinných oblastiach sú obvyčajne

neutrálne až alkalické s humusovou formou mull, pôdy horských údolí a vyšších polôh bývajú kyslé s humusovou formou mor. Hĺbka hladiny podzemnej vody sa prevažnú časť roka nachodí 40 – 80 cm pod povrchom. Gleje sú typické intrazonálne pôdy s lesnými spoločenstvami kyslého súboru „a“ (BQ, BA1, AP) i živného súboru „c“ (SA1). Ich podiel je v poľnohospodárskom a lesnom pôdnom fonde rovnaký (0,8 %).

K. Skupina organických pôd

Vznikajú čiastkovým špecifickým pôdotvorným procesom rašelinenia, t. j. hromadenia odumretých rastlinných zvyškov pri dlhodobom nadbytku vlhkosti.

18. Organozem (OM): Ot – G

Organický materiál je vo vrstve hrubšej ako 30 cm alebo aj do 10 cm, ak sa nachádzajú priamo nad pevnou horninou. Organozem saprická, pôvodne rašelinná pôda slatinná, je bohatšia, lebo obsahuje 5 – 40 % popola. Vzniká pôvodne pod vodou, a to rastom rastlín a sedimentáciou ich odumretých zvyškov (tzv. subhydrická rašelina). Na rozdiel od organozeme fibrickej, predtým rašelinná pôda vrchovištná, je kyslá a má malý 1 – 4 % obsah minerálií. Vznikla postupným narastaním, nakopením, preto vrchovištná rašelina. Organozem môže mať humolitový horizont Oh s hrúbkou nad 50 cm nad glejovým G alebo eluviálnym hygrickým horizontom En. Organozeme sa uplatňujú výrazne hydricke a ako organické hnojivo. Ich celoštátny podiel je menší než 1 %.

L. Skupina salinických pôd

Uplatňuje sa v nich zasoľovací, resp. odsoľovací špecifický pôdotvorný proces. Ak obsahujú viac ako 0,5 % ľahkorozpustných solí sú nevhodné na zalesnenie. Salinické pôdy patria u nás k najmenej rozšíreným pôdam s podielom pod 0,1 %.

19. Slanisko (SK): SA – C – G

Kapilárnym zdvihom alebo zaplavením povrchu sa dostávajú slané vody do pôdy, odparujú sa a hromadia v pôde. Slanisko obsahuje rozpustné, najmä sodné soli v celom profile, najviac však na povrchu, kde vykvitajú. Reakciu má slanisko silnoalkalickú s pH nad 8,5.

20. Slanec (SC): Aoe – Bn – C

Vzniká degradáciou slaniska. Voda v ňom viac presakuje než vzlína, a tak sú vymývané soli, ktoré sa hromadia v hlbších vrstvách. Sorpčný komplex je pozmenený, niekedy sodík prevláda nad vápnikom. To podmieňuje veľmi zlý fyzikálny stav slancov. Svetlejší horizont A má reakciu neutrálnu až slabo alkalickú, tmavší Bn je alkalický, za vlhka napučaný, za sucha rozpukaný na stĺpce.

M. Skupina kultivačných pôd

Je to skupina s výrazným kultivačným pôdnogenetickým procesom, ako je terasovanie, rigolovanie, odvodnenie, orba, hnojenie atď. (pôdy in situ). Humusový diagnostický horizont Ak vznikol pretvorením vrchnej vrstvy pôdy obrábaním, hnojením alebo iným kultivačným zásahom človeka. V skupine sú dva pôdne typy, ktoré majú povrchový horizont Ak hrubý spravidla nad 35 cm, s obsahom humusu nad 0,5 % a znaky kultivácie (znaky orby, homogenizácia vrstvy, zreteľný až ostrý farebne odlišený prechod do zhutneného podložia). Častá je aj prímes agrochemikálií, vápenca, maštalného hnoja, zaoraných pozberových zvyškov a iných organominerálnych zúrodňovacích komponentov. Pôdy tejto skupiny majú podstatne väčšie zastúpenie v PPF (5,3 %) než v LPF (0,09 %). Ich podiel v pôdnom fonde SR sa pohybuje okolo 3 %.

21. Kultizem (KT): Akj – C

Pôdy s varietou Akj kultivačného melioračného diagnostického horizontu Ak. Jeho hrúbka je do 35 cm s možnými príznakmi alebo zvyškami pôvodného horizontu. Prechod do podložia je spravidla ostrý, farebne odlišený s obsahom humusu nad 0,5 %. Pod ním je prítomný obyčajne zvyšok pôvodného podpovrchového horizontu. Horizont Akj má mierne kyslé až neutrálne pH a slabo nasýtený sorpčný komplex.

22. Hortizem (HZ): Ako – (B) – C

Pôdy s varietou Ako kultivačného melioračného diagnostického horizontu Ak. Jeho hrúbka je do 35 cm, obsah humusu spravidla nad 2 %, výrazné biotické oživenie s prítomnosťou koprolitov, zooedafónu nad 20 % a i. Obsah živín N, P, K, Ca, Mg je spravidla dobrý. Obsah P_2O_5 v 1 % kyseline citrónovej má byť nad 250 mg v 1 kg zeminy. Pôdna reakcia býva v rozpätí pH 7,2 – 8,5. Podobne ako pri kultizemiach v podloží sú časté zvyšky podpovrchových horizontov (subtypové jednotky).

N. Skupina technogénnych pôd

Táto skupina vznikla s špecifickými pôdotvornými procesmi výrazne ovplyvnenými technogénnou činnosťou človeka (pôdy ex situ). Antropogénny povrchový horizont Ad je vytvorený človekom z rôznorodých premiestnených materiálov, a to z prírodného pôvodu alebo s rozličným podielom artefaktov (úlomky tehál, skla, plastov, železa, uhlia a i.). Obsah humusu je spravidla nižší ako 0,5 %. Skupina obsahuje 2 pôdne typy. Patria k najmenej rozšíreným pôdam na Slovensku s podielom menším ako 0,1 %.

23. Antrozem (AN): Ad (Adiy, Adry) – D

Je to pôda s diagnostickým antropogénnym povrchovým, inciálnym Adiy alebo rekultivačným Adry horizontom alebo aj s podpovrchovým antropogénnym horizontom (Hdy, Hdw) z prevažne premiestnených prírodných

alebo technogénno-prírodných materiálov v kumulatívnej hrúbke nad 60 cm s podielom artefaktov do 40 %. Primitívne štádium tvorby povrchového horizontu Ad, ktorý je vytvorený z antropogénne premiestnených materiálov, má hrúbku do 10 cm.

24. Technozem (TZ): Ad (Adix, Adrx) – D

Ide o pôdy s diagnostickým antropogénnym povrchovým, najčastejšie horizontom Adix alebo rekultivačným horizontom Adrx, alebo aj s antropogénnym podpovrchovým Hdx horizontom, ktoré sú vytvorené z prevažne premiestnených technogénnych materiálov s podielom artefaktov nad 40 % v kumulatívnej hrúbke nad 60 cm. Horizont Ad je vždy technogénneho pôvodu s podielom artefaktov nad 10 %.

Záver

V práci sa podávajú základné informácie o novom Morfogenetickom klasifikačnom systéme pôd Slovenska (Societas pedologica Slovaca, 2014). Ide o bazálnu referenčnú taxonómiu základných pôdných jednotiek, ich nomenklatúru a kategorizáciu. Od ostatného vydania poslednej aproximácie klasifikačného systému slovenských pôd (Kolektív 2000) sa nahromadili nové poznatky u nás i v zahraničí. Autorský kolektív ich inkorporoval do komentovanej publikácie. Najvyššia taxonomická úroveň z nového systému má 14 skupín. Má o štyri skupiny viac, a to skupinu pôd vertikálnych, umbrických, organických a technogénnych. Miesto skupiny pôd antropických je skupina kultivačných pôd s novým pôdnym typom – hortizem. Okrem tohto typu sa ešte vytvoril pôdný typ umbrizem a technozem. Na Slovensku sa teda v súčasnosti vylišuje 24 pôdných typov (pôvodne 21). Okrem toho aj pôdne subtypy a niektoré horizonty boli novo definované, kvantifikované a prišlo aj k zmene ich označenia. Zmeny sa urobili aj v stati venovanej textúre pôdy (skeletovitost', histické a humolitové pôdy). Urobila sa nová klasifikácia substrátov a detailnejšie boli definované nižšie taxonomické úrovne, ako sú variety, formy, subformy a fázy.

Pod'akovanie

Publikácia bola podporená VEGA č. 2/0126/16.

Bibliografia

- HRAŠKO, J., NĚMEČEK, J., ŠÁLY R., ŠURINA, B. 1987. Morfogenetický klasifikačný systém pôd ČSSR. VCPÚ, Bratislava, 107 s.
HRAŠKO, J., LINKEŠ, V., NĚMEČEK, J., NOVÁK, P., ŠÁLY, R., ŠURINA, B. 1991. Morfogenetický klasifikačný systém pôd ČSFR. 2. doplnené vydanie, VÚPÚ, Bratislava, 106 s.

- KOLEKTÍV (ŠÁLY, R., BEDRNA, Z., BUBLINEC, E., ČURLÍK, J.,
FULAJTÁR, E., GREGOR, J., HANES, J., JURÁNI, B., KUKLA, J.,
RAČKO, J., SOBOCKÁ, J., ŠURINA, B.). 2000. Morfogenetický
klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia.
Bratislava VÚPOP, SPS, 74 s.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA. 2014. Morfogenetický klasifikačný
systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia, 2. upravené
vydanie. Bratislava NPPC – VÚPOP, 96 s.

The Evaluation of Selected Water Quality Indicators in the Jasenica River

Bewertung ausgewählter Wasserqualitätsindikatoren im Fluss Jasenica

Hodnotenie vybraných ukazovateľov kvality vody v rieke Jasenica

Anna Ďuricová

Abstract

The paper deals with the monitoring of the Jasenica River, where all of 21 samples collection were collected and analyzed during last four years. Each take-off was taken in 7 different places of the stream. Beginning with the stream in Banská Belá, up to the mouth of Hron River. The analyzes were carried out in 10 different indicators of water quality, which were compared with the limit values in Government Regulation 269/2010 Cool Annex No. 1. Parameters of Nitrogen were recorded as the most significant pollution in monitored River.

Keywords: Surface water. Water quality. Water pollution.

Úvod

Neustála akcelerácia zmien ľudstva a planéty je dnes spojená so zintenzívnením rytmu života a práce – rýchlosť, ktorú jej udeľujú ľudské činnosti je dnes v kontraste s prirodzenou pomalosťou biologickej evolúcie.

Po období iracionálnej dôvery v pokrok a ľudské schopnosti jedna časť spoločnosti vstupuje do uvedomelejšej fázy. Možno pozorovať rastúcu citlivosť na životné prostredie a na starostlivosť o prírodu – a dozrieva úprimná a bolestná starosť o to, čo sa deje s našou planétou.¹

Horúce letá posledných 25 rokov podporujú suchá s extrémnymi úbytkami podzemných vôd. Ide o prakticky celoplošné zníženie hladín podzemných vôd, dokonca s približujúcimi sa hodnotami minimálnych hladín v tomto čase. Takmer každé leto je poznačené rekordmi v nárastoch počtu tropických dní v oblastiach, kde takéto horúčavy neboli obvyklé. Hydrológovia

¹ Porov. Encyklika svätého otca Františka : *Laudato si'*. Trnava: SSV, 2015, s. 15.

upozorňujú, že voda sa stáva komoditou, ktorej aj v našich zemepisných šírkach môže byť nedostatok.

Legislatíva týkajúca sa čistenia odpadových vôd na Slovensku prechádza v posledných rokoch významnými zmenami. Vyplyva to nielen z nutnosti implementovať európsku legislatívu do slovenskej (čoho komplikovanosť najlepšie dokumentuje napr. Nariadenie vlády 269/2010 reagujúce na všetky požiadavky Rámcovej smernice EÚ o vodách), ale aj z lokálnych podmienok a potrieb subjektov pôsobiacych v tejto oblasti.

Plnenie prístupových kritérií v oblasti nakladania s odpadovými vodami je kritické, aj keď nie všetci si takéto hodnotenie budeme chcieť priznať. Toto nie je problém len SR, ale väčšina európskych štátov a neplnenie ambiciózných plánov v oblasti vodnej politiky sa stáva globálnym európskym problémom.

Prispôbovať legislatívne požiadavky realite je nielen legitímne, ale aj nutné. Toto konštatovanie platí aj pre legislatívu týkajúcu sa vodného hospodárstva a čistenia odpadových vôd. Čoraz častejšie sa ozývajú predstavitelia odbornej verejnosti, že táto oblasť sa stáva neprehľadnou, nejednoznačnou, produkuje zbytočne sporné situácie a čo je najhoršie, vo viacerých prípadoch sa stáva neplniteľnou.

Ministerstvo životného prostredia, sekcia vôd, odbor vodnej politiky v apríli 2010 predstavilo Optimalizáciu stratégie implementácie Rámcovej smernice o vode v Slovenskej republike na obdobie rokov 2010 – 2012/2015 tzv. Optimalizovanú stratégiu. Smernica 2000/60/EC Európskeho parlamentu a Rady ustanovujúca rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva – „Rámcová smernica o vode“ vstúpila do platnosti dňa 22. decembra 2000.

V rámci implementácie Rámcovej smernice o vode v SR bola vytvorená pracovná podskupina „3.1 Kvalita (povrchových vôd)“ na komplexné riešenie kvality povrchových vôd. MŽP vydalo „Rámcový dokument monitorovania stavu vôd na roky 2010 – 2015“ a v zmysle neho „Program monitorovania stavu vôd na rok 2010“. Od tohto roku prebiehal základný a prevádzkový monitoring povrchových vôd, od r. 2016 aj v Chránených oblastiach pitnej vody. Počet monitorovacích miest kolíše v rozsahu 254 – 427 v desiatich čiastkových povodiach a v rámci neho bolo spracovaných desiatky tisíc analýz jednotlivých ukazovateľov kvality vody alebo skupín ukazovateľov. Výsledky tohto monitoringu sú viac než neuspokojivé, pretože až v 84,8 % (2010), 87,8 % (2011), 69,4 % (2012), 58,8 % (2013), 89,4 % (2014), 67,8 % (2014) a 73,9 % (2016) monitorovaných miest nebola identifikovaná požadovaná kvalita vody. Najhoršie dopadlo hodnotenie monitorovaných tokov z povodia Moravy, kde v rokoch 2010 – 2016 až takmer 90 % tokov nespĺňa požiadavky kvality vody podľa prílohy č. 1 Nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z. Konkrétne hodnoty počtu monitorovaných tokov a tokov nespĺňajúce požiadavky na kvalitu podľa platnej legislatívy sú v tab. 1.

Tab. 1: Prehľad splnenia všeobecných požiadaviek na kvalitu povrchových vôd podľa prílohy 1 NV č. 269/2010 Z. z. v rokoch 2010 – 2016 v čiastkových povodiach.²

Správne územie povodia	Počet hodnotených miest/počet miest nespĺňajúce požiadavky						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Čiastkové povodie Moravy	28/26	37/36	22/20	27/16	25/25	29/27	22/21
Čiastkové povodie Dunaja	17/16	25/24	17/11	17/15	16/10	17/6	12/5
Čiastkové povodie Váhu	98/87	122/108	118/80	88/41	87/80	150/11	130/104
Čiastkové povodie Hrona	36/30	54/45	34/20	32/22	27/25	45/29	33/19
Čiastkové povodie Ipľa	26/20	33/27	26/17	18/14	19/18	23/19	26/13
Čiastkové povodie Slanej	13/8	31/28	14/8	13/8	13/9	20/13	18/8
Čiastkové povodie Bodrogu	24/24	58/51	37/32	30/18	43/42	58/34	46/37
Čiastkové povodie Hornádu	21/13	47/38	23/18	14/9	12/9	20/10	25/21
Čiastkové povodie Bodvy	5/4	12/8	6/4	5/4	6/6	9/6	9/9
Čiastkové povodie Dunajca a Popradu	9/7	19/10	17/8	11/3	5/3	14/6	12/9
spolu	277/235	427/375	317/218	255/150	254/227	285/261	333/246

Najviac prekročení limitných hodnôt podľa Prílohy č. 1 NV vo všeobecných ukazovateľoch bolo v ukazovateli dusitanový dusík (N-NO_2^-) – vo všetkých čiastkových povodiach, často boli prekročené limity koncentrácie ťažkých kovov, napr. As, Cd, Hg, Zn, Cu, Ni – hlavne na tokoch, kde ústia upravené odpadové vody zo strojárskych prevádzok, medzi syntetické nadlimitné látky patrili – benzopyrény, benzofenantryény, kyanidy a PCB. Z hydrobiologických a mikrobiologických ukazovateľov bolo najviac prekročení v ukazovateľoch: kultivovateľné organizmy, sapróbny index biosestónu, termotolerantné koliformné baktérie a koliformné baktérie.

Podľa pôsobenia možno zdroje znečistenia vody rozdeliť do dvoch hlavných kategórií:

1. *bodové zdroje* (pôvodca známy) výuste kanalizácií, odpadové vody z mestských čistiarní, vody z povrchových úprav kovov, ťažba a transport ropy a pod.,

2. *plošné (difúzne) zdroje* – zasahujú podzemné aj povrchové vody (pôvodca je často z viacerých zdrojov a je ťažko lokalizovateľný) – odpadové vody z poľnohospodárstva, priesaky, splachy z okolitej pôdy, splaškové vody.

Nutrienty (zlúčeniny dusíka a fosforu) prítomné v povrchových vodách slúžia ako potrava pre nižšie rastlinné organizmy, ako sú sinice alebo riasy. Premnožené potom spotrebúvajú v riekach všetok kyslík a iné živočíchy tam prakticky nie sú schopné existovať.

Dusičnany v prírodných vodách vo vyššej miere ako je prípustné, sú dôkazom znečistenia organického pôvodu. **Amoniakálny dusík** sa vyskytuje vo všetkých typoch vôd, v kyslejších vodách s $\text{pH} \leq 7$ je vo forme disociovaného

² Zdroj: Správy: Hodnotenie kvality povrchovej vody Slovenska za rok 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016. www.shmu.sk

iónu NH_4^+ , pri pH vyššom ako 10,5 je len vo forme NH_3 . Obsah amoniaku sa v praxi sleduje v surovej splaškovej vode, vo väčšine priemyselných odpadových vôd a pri kontrole prevádzky a účinnosti biologických čistiární. Prítomnosť amoniaku v pitnej vode signalizuje znečistenie podzemných vôd živočíšnymi odpadmi a fekáliami. Potenciálnym zdrojom amoniaku sú sklady umelých hnojív, dažďové splachy z poľnohospodárskej pôdy, nelegálne hnojiská alebo hnojiská so zlým prevádzkovým režimom v blízkosti vody – potoka, rieky, jazera. Veľké koncentrácie amoniaku vo vodnom prostredí vedú k úhynu rýb.

Dusitany vznikajú vo vode ako prechodný člen v dusíkovom cykle, najčastejšie pri biochemickej reakcii dusičnanov alebo biochemickej oxidácii amoniakálneho dusíka. Z toho vyplýva, že aj dusitany patria medzi indikátory fekálneho znečistenia prírodných vôd. Z povrchových tokov sa znečistenie dusíkom môže dostávať do podzemných vôd a studní, hlavne na územiach s vysokými hladinami spodných vôd. Dusitany sú v pitnej vode nežiaduce, pretože spôsobujú methemoglobinémiu – organizmus je ohrozený nedostatočným oksyločovaním.

Pri odstraňovaní dusíka z vôd sa využívajú biologické pochody prebiehajúce v prírode. Hlavný význam majú denitrifikácia a nitrifikácia. Nitrifikácia je biologický proces, v ktorom špecifické mikroorganizmy oxidujú amoniakálny dusík cez dusitany na dusičnany. Nitrifikácia prebieha v dvoch stupňoch:

1. nitritácia – amoniakálny dusík sa oxiduje na dusitany pomocou baktérií rodov *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosospira* a *Nitrosovibrio*,

2. nitratácia – vzniknuté dusitany ďalej oxidujú na dusičnany mikroorganizmy rodov *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospina* a *Nitrospira*.

Denitrifikácia je opakom nitrifikácie a znamená redukciu dusičnanov na dusitany, v prítomnosti fakultatívnych anaeróbných baktérií, a v druhom stupni ich transformáciu až na plyný dusík (tab. 2).

Tab. 2: Zmena oxidačného čísla dusíkových zlúčenín pri nitrifikácii a denitrifikácii

oxid. číslo	oxické podmienky	anoxické podmienky
-3	NH_4^+	
-2	↘ <i>Nitrosomonas</i>	
-1	NH_2OH	
0	↘ ↗ N_2	
+1	HNO ↗ N_2O	
+2	↘ ↗ NO	
+3	NO_2^-	
+4	<i>Nitrobacter</i>	fakultatívne anaeróbné baktérie
+5	NO_3^-	

Fosforečnany PO_4^{3-} sa dostávajú do vôd z pracích práškov a z umelých hnojív na báze fosfátov. Fosfor s dusíkom sú hlavnými činiteľmi neprimeranej eutrofizácie vôd.

Stanovenie **rozpusteného kyslíka** patrí pri povrchových vodách k najdôležitejším analýzám. Jeho koncentrácia je totiž jeden z najdôležitejších ukazovateľov kyslíkového režimu vôd a indikátorom čistoty tokov.

Podľa materiálu MŽP SR pod názvom „Plán manažmentu čiastkového povodia Hrona³ – aktualizácia“ z decembra 2015 je organické znečistenie povrchových vôd charakterizované parametrami kyslíkového režimu, ktorými sú: rozpustený kyslík (O_2) nasýtenie kyslíkom, biochemická spotreba kyslíka (BSK_5), chemická spotreba kyslíka dichrómom draselným i manganistanom draselným (CHSK_{Cr} , CHSK_{Mn}). V tomto materiáli sa tiež udáva výhľad zaťaženia povrchových vôd k roku 2021, ktorý bol spracovaný na základe predpokladu plnenia podmienok *Zmluvy o pristúpení SR k EÚ* o plnení implementácie smernice Rady 91/271/EHS o čistení komunálnych odpadových vôd. Reálne zaťaženie povrchových vôd z bodových zdrojov za referenčný rok 2011, porovnanie s rokom 2005 a výsledky výpočtu výhľadu k roku 2021 dokumentuje tab. 3.

Tab. 3: Vývoj vypúšťaného organického znečistenia do povrchových vôd z aglomerácií nad 2 000 EO a výhľad k roku 2021

Povodie	BSK ₅ (t/rok)				CHSK _{Cr} (t/rok)			
	r. 2005	r. 2011	r. 2021	zmena	r. 2005	r. 2011	r. 2021	zmena
Hron	685	262	1008	746	2327	919	2479	1560
SÚP Dunaj	6330	3191	12271	9080	21120	13904	32466	18562
Spolu SR	6575	3454	12737	9283	22701	14510	33789	19278

Zdroj údajov pre roky 2005, 2011: Súhrnná evidencia o vodách

Z porovnania výhľadu k roku 2021 s predchádzajúcim obdobím možno v priemere za SR konštatovať nárast vnosu znečistenia do povrchových vôd vyjadreného skúmanými ukazovateľmi znečistenia.³ Toto konštatovanie organizácií zodpovedných za úlohy vyplývajúce zo zákona o vodách nie je nijako optimistické do budúcnosti, kam by sme všetci chceli mieriť, ak nie so zlepšením stavu životného prostredia, tak aspoň udržať súčasný stav.

Ako hovorí Sv. Otec František v Encyklike Laudato si': „Sestra Zem protestuje proti zlu, ktoré jej spôsobujeme nezodpovedným používaním a zneužívaním dobier, ktoré do nej vložil Boh. Vyrastali sme s myšlienkou, že sme jej vlastníckymi a vládcami, oprávnenými na jej drancovanie. Násilie, ktoré je v ľudskom srdci zranením hriechom, sa prejavuje aj v príznakoch choroby,

³ <http://www.vuvh.sk/download/RSV/PMCP2/Hron/HronVP.pdf>

ktorú vnímame v pôde, vo vode, vo vzduchu a v živých bytostiach. Preto medzi najopustenejšími a najviac zneužívanými úbožiakmi je naša sužovaná a zdevastovaná Zem, ktorá vzdychá a zvíja sa v pôrodných bolestiach. Zabúdame, že aj my sami sme Zemou, naše telo je zložené z prvkov planéty.“⁴

Cieľ práce

Dôvodom monitoringu toku Jasenica bola myšlienka kontroly a sledovania zmien základných fyzikálno-chemických ukazovateľov znečistenia, nakoľko mnoho ľudí z miest prichádzalo na rekreačné posedenia a stanovanie blízko toku do romantického, horami obklopeného prostredia. Nakoľko sa okolo toku nachádzajú dve miestne aglomerácie (len čiastočne odkanalizované) a roztrúsené obydľia s hospodárskou činnosťou, vyplynula otázka, nakoľko je takýto pobyt v prírode vhodný a rieka čistá.

Materiál a metódy

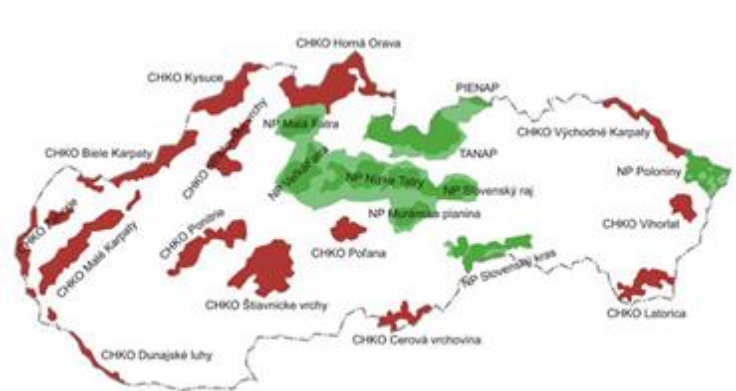
V príspevku sme sa zaoberali kvalitou povrchovej vody toku Jasenica, v čiastkovom povodí Hrona (obr. 1). konkrétne jeho ľavostranného prítoku. Pramení juhovýchodne od Banského Studenca a ústí v Hronskej Breznici v rkm 145,7 do Hrona. Celková dĺžka toku je 21,5 km, má charakter bystrinného toku a je vymedzený ako samostatný útvar tečúcich povrchových vôd s kódom SKR 0063.



Obr. 1: Čiastkové povodie rieky Hron

Jasenica preteká chránenou oblasťou Štiavnických vrchov (obr. 2), ktorá z klimatickej stránky leží v dvoch oblastiach. Územie nachádzajúce sa vo vrcholovej polohe je charakteristické mierne teplou oblasťou, ostatné územia sa nachádzajú v chladnej klimatickej oblasti. Má sedem ľavostranných a päť pravostranných prítokov.

⁴ Porov. Encyklika svätého otca Františka : *Laudato si'*. Trnava: SSV, 2015, s. 15.



Obr. 2: Chránené krajinné oblasti v rámci územia Slovenska

Z geomorfologického hľadiska sú Štiavnické vrchy neovulkanické pohorie zastúpené horninami: andezity, ryolity, bazalty a ich vulkanoklastiky. Tieto efúzne horniny sa vyznačujú nízkou priepustnosťou (0,3 – 2,0 l/s).

Jasenica je tok vhodný pre život a reprodukciu pôvodných druhov rýb a patrí do pásma lososovitých.

Cieľom práce bolo sledovať zmeny ukazovateľov znečistenia v kvalite toku Jasenica v priebehu 4 rokov (september 2011 – september 2015) zo 7 monitorovaných miest (obr. 3), ktoré boli zvolené na základe zvoleného cieľa – sledovať difúzne znečistenie a prípadne nájsť zdroje znečistenia. Odoberané vzorky boli označené podľa miesta odberu nasledovne:

- 1 – v strednej časti obce Banská Belá;
- 2 – pod čistiacou stanicou kanalizácie Banská Belá;
- 3 – asi 5 km nad obcou Kozelník;
- 4 – na konci obce Kozelník;
- 5 – asi 3 km za obcou Kozelník;
- 6 – Jasenica pred ústím do Hrona;
- 7 – Hron pred vtokom Jasenice.

Vo vzorkách bolo stanovovaných desať fyzikálno-chemických parametrov, indikujúcich znečistenie povrchovej vody:

- | | |
|---|--------|
| 1. teplota | [°C] |
| 2. reakcia vody pH | |
| 3. elektrická vodivosť | [mS/m] |
| 4. rozpustený kyslík O ₂ | [mg/l] |
| 5. biochemická spotreba kyslíka BSK ₅ | [mg/l] |
| 6. chemická spotreba kyslíka CHSK _{Cr} | [mg/l] |
| 7. amoniakálny dusík N-NH ₄ ⁺ | [mg/l] |
| 8. dusičnanový dusík N-NO ₃ ⁻ | [mg/l] |
| 9. dusitanový dusík N-NO ₂ ⁻ | [mg/l] |
| 10. fosforečnany PO ₄ ³⁻ | [mg/l] |



Obr. 3: Mapa toku Jasenica s miestami odberov

Všetky stanovenia boli vykonané v súlade s doporučenými metódami stanovenia NV 269/2010 Z. z. Postupy a podmienky sú uvedené v literatúre (Samešová, D., Hybská, H.).

Namerané hodnoty boli porovnávané s imisnými limitmi podľa súčasnej platnej legislatívy. Limitné hodnoty meraných parametrov podľa Nariadenia vlády 269/2010 Z. z. príloha č. 1:

1. teplota	< 26 °C
2. reakcia vody pH	6 – 8,5
3. elektrická vodivosť	110 mS/m
4. rozpustený kyslík	O ₂ > 5 mg/l
5. biochemická spotreba kyslíka BSK ₅	7 mg/l
6. chemická spotreba kyslíka CHSK _{Cr}	35 mg/l
7. amoniakálny dusík N-NH ₄ ⁺	1 mg/l
8. dusičnanový dusík N-NO ₃ ⁻	5 mg/l
9. dusitanový dusík N-NO ₂ ⁻	0,02 mg/l
10. fosforečnany PO ₄ ³⁻	0,4 mg/l

Bilančný stav (BS) je vyjadrený ako pomer hodnoty prípustného znečistenia ($c_{\text{príp}}$) k hodnote skutočného znečistenia (c_{skut}). Výsledný bilančný stav v danom monitorovacom mieste je určený ukazovateľom s najnepriaznivejším vypočítaným pomerom. BS je hodnotený tromi stupňami:

A – priaznivý $BS \geq 1,1$

B – napätý $0,9 < BS < 1,1$

C – pasívny $0,9 \geq BS^5$

Vyhodnotenie výsledkov bolo realizované softvérom STATISTICA (Version 12, StatSoft Company, Tulsa, USA).

Výsledky a diskusia

V rámci Čiastkového monitorovacieho systému – VODA, vykonávaného SHMÚ v sledovanom období tok Jasenica nie je monitorovaný. V rokoch 2010 – 2013 bolo monitorované miesto: Beliansky potok – ústie pod Banskou Belou, od roku 2014 už aj toto miesto odberu z ČMS vypadlo úplne. Namerané hodnoty boli v súlade s NV SR 269/2010, príloha č. 1, až na dusitanový dusík N-NO_2^- a koncentráciu Mn (tab. 4).

Tab. 4: Prekročené limity ukazovateľov dusitanový dusík N-NO_2^- a celkový mangán⁶

	koncentrácia (min – max) (mg/l)	priemer (mg/l)	limitná hodnota* (mg/l)
2010	N-NO_2^- (0,006 – 0,132)	0,032	0,02
	Mn nemerané	-	0,3
2011	N-NO_2^- (0,013 – 0,097)	0,037	0,02
	Mn (0,098 – 0,73)	0,38	0,3
2012	N-NO_2^- (0,016 – 0,072)	0,044	0,02
	Mn (0,082 – 0,44)	0,239	0,3
2013	N-NO_2^- (0,004 – 0,073)	0,028	0,02
	Mn (0,1 – 0,58)	0,30	0,3

* NV SR 269/2010, príloha č. 1

Hodnoty v tab. 4 naznačujú nepriaznivé výsledky merania, čo potvrdili aj následné merania uskutočnené v rámci rokov 2011 – 2014. Z približne 1300 nameraných priemerných hodnôt v desiatich ukazovateľoch, na siedmich miestach a v 21 odberoch sme zistili nasledovné:

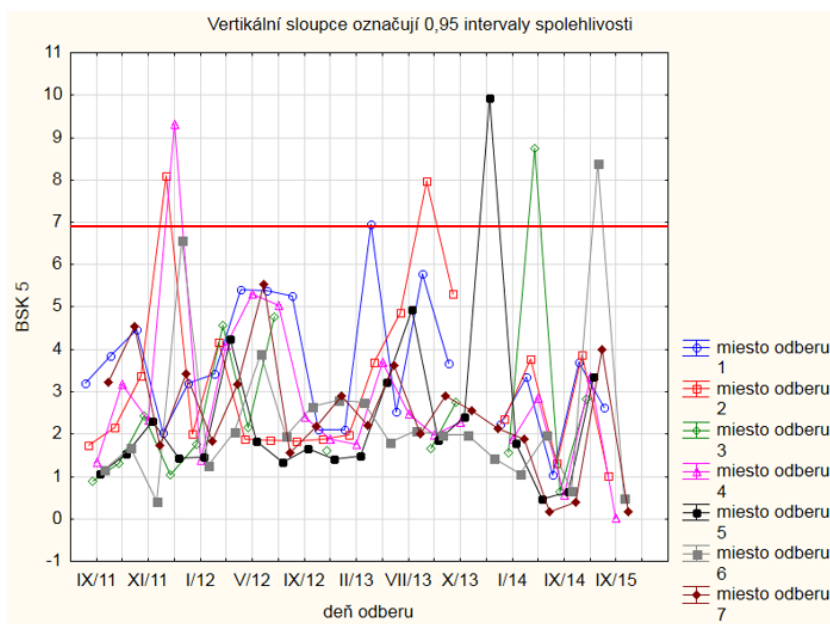
- Z desiatich meraných parametrov boli z hľadiska čistoty toku významné hlavne O_2 , BSK_5 , CHSK_{Cr} , N-NO_2^- , N-NO_3^- , N-NH_4^+ a PO_4^{3-} . Rozpustený kyslík mal nepriaznivé len dve hodnoty – na jar roka 2012, kedy

⁵ http://www.kvhk.sk/dokumenty/predmety_katedry/vodne_hospodarstvo/vodna_bilancia_06.pdf

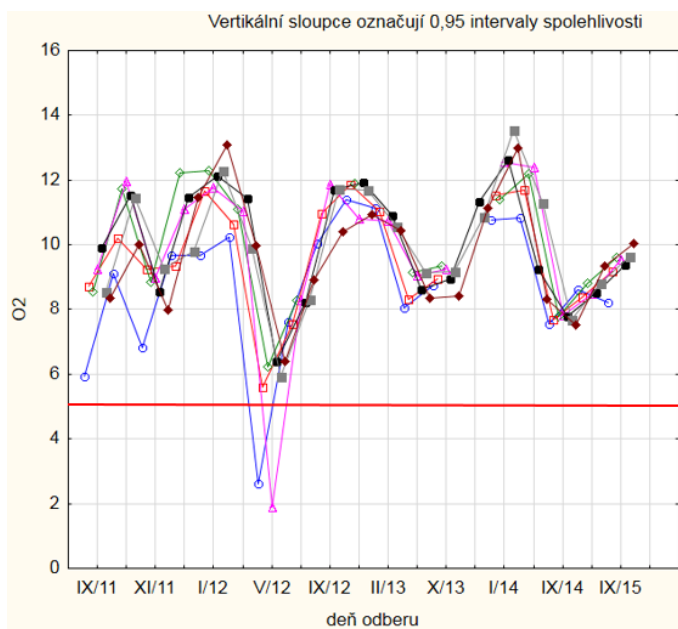
⁶ <http://www.shmu.sk/sk/?%20page=1776>

sme zachytili pravdepodobne veľké množstvo znečistenia priamo v obciach na sledovanom toku (obr. 5).

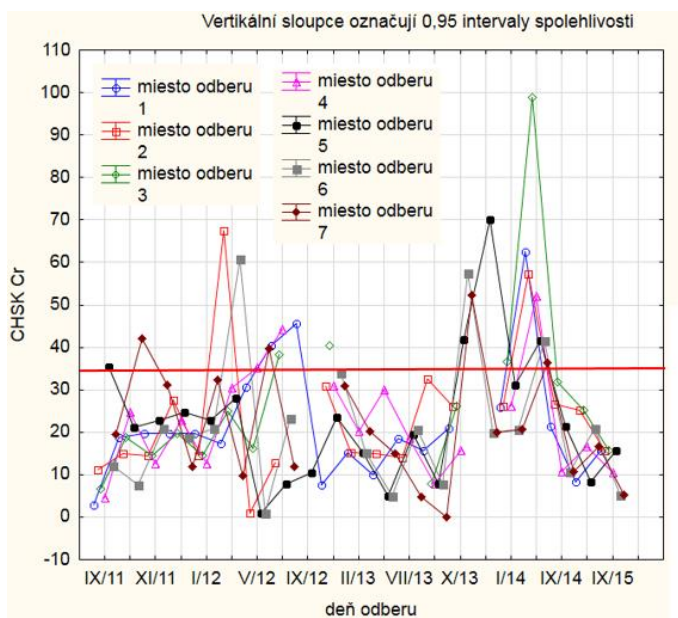
- Obrázok 4 a 6 ukazuje nadlimitných hodnôt v parametroch BSK_5 a $CHSK_{Cr}$ viac, väčšinou ide o hodnoty merané v zimných mesiacoch, kedy je rozklad organických látok brzdený nízkou teplotou, nadlimitné hodnoty nie sú signifikantné pre niektoré konkrétne miesto.
- Dusíkové parametre (obr. 7, 8, 9) vykazujú najviac nadlimitných meraní. Jednoznačne najvyššie množstvo prekročení sa ukázalo pri $N-NO_2^-$. Naproti tomu $N-NO_3^-$ a $N-NH_4^+$ nie sú v prekročeníach až tak vysoko, ale vzájomný transport veľkého množstva dusíka je zrejmý.
- Obrázok 10 znázorňuje koncentráciu fosforečnanov ($P-PO_4^{3-}$), ktoré sú podobne ako $N-NO_3^-$ a $N-NH_4^+$ vo väčšej miere pod limitou zákona, avšak najvyššie hodnoty boli pozorované v jesenných a zimných mesiacoch a v mieste odber 7 Hron. Predpokladáme súvislosť s poľnohospodárskou činnosťou jesenných prác a dažďovými splachmi počas zimných mesiacov z polí do toku rieky. Druhé najvýznamnejšie miesto je 1 a 2. Miesto 1 odráža vysokú koncentráciu splachov s čistiacimi prostriedkami a miesto 2 blízkosť poľnohospodárskeho družstva a jeho činnosti.



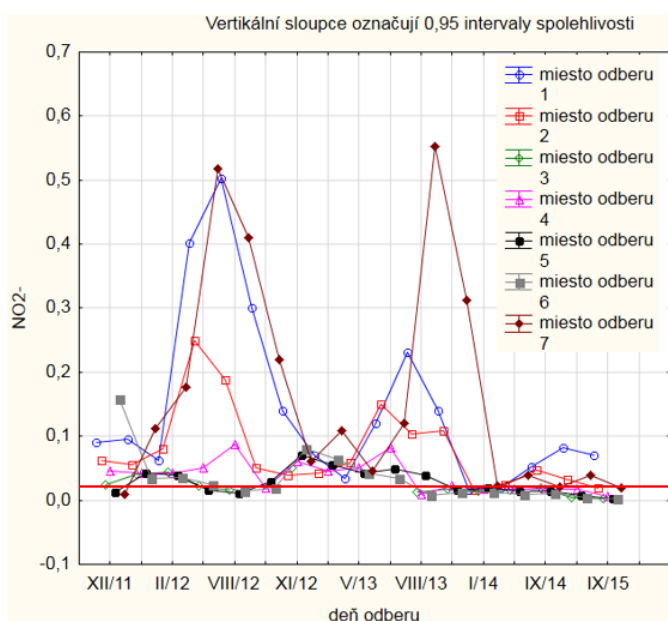
Obr. 4: Namerané hodnoty znečistenia vyjadrené parametrom BSK_5 (mg/l)



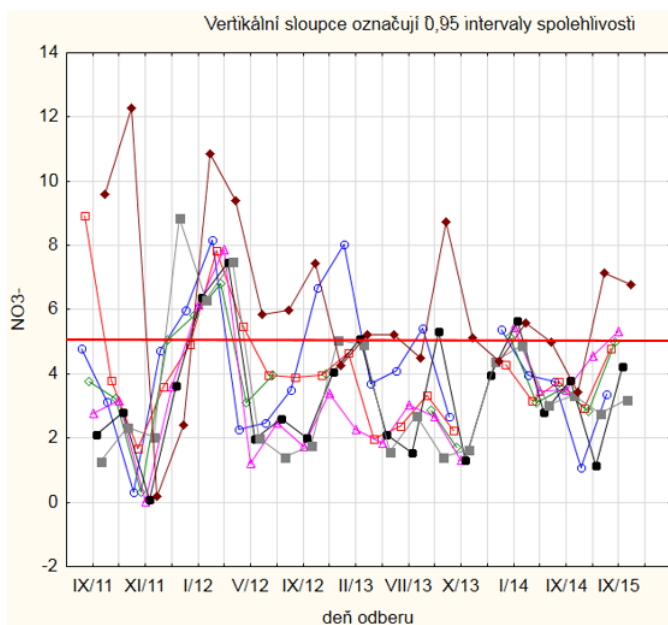
Obr. 5: Namerané hodnoty rozpusteného kyslíka O₂ (mg/l)



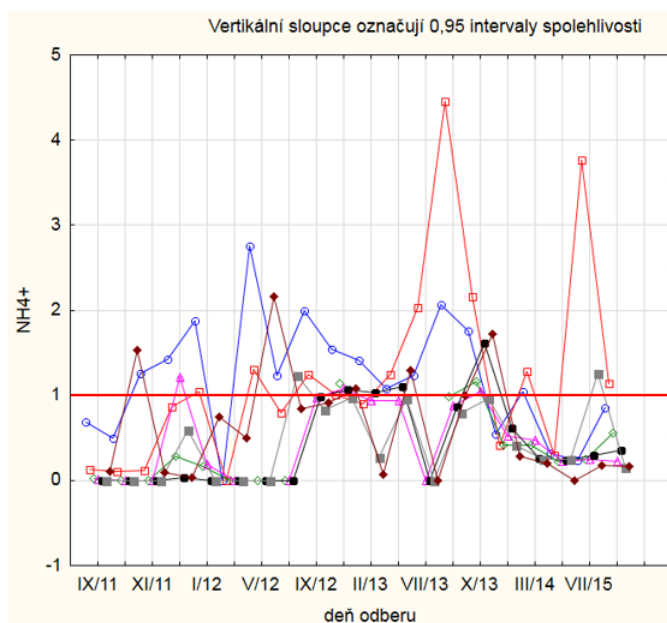
Obr. 6: Namerané hodnoty znečistenia vyjadrené parametrom CHSK_{Cr} (mg/l)



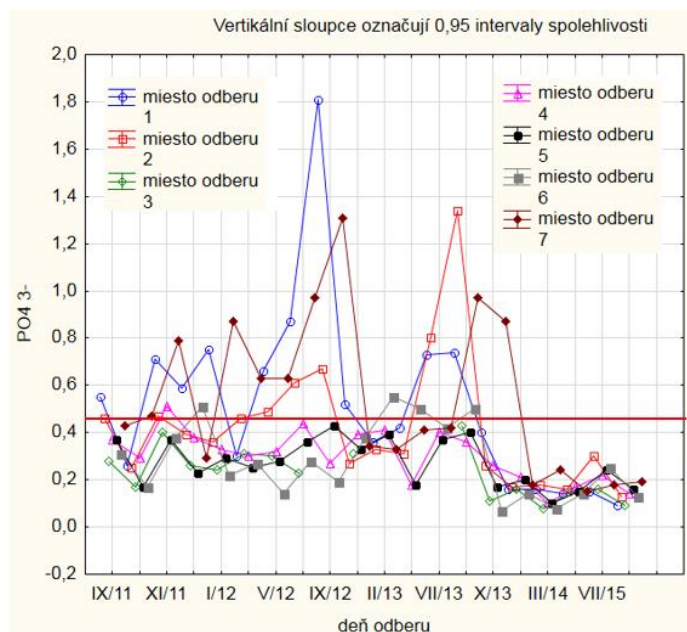
Obr. 7: Namerané hodnoty dusitanového dusíka N-NO₂⁻ (mg/l)



Obr. 8: Namerané hodnoty dusičnanového dusíka N-NO₃⁻ (mg/l)



Obr. 9: Namerané hodnoty amoniakálneho dusíka N-NH₄⁺ (mg/l)



Obr. 10: Namerané hodnoty fosforečnanov PO₄³⁻ (mg/l)

Komplexnejšie vyjadrenie čistoty toku v jednotlivých meraných miestach a parametroch možno hodnotiť cez bilančný stav znečistenia. Tabuľka 5 ukazuje zvýšené množstvá látok spôsobujúcich eutrofizáciu vôd, tabuľka 6 organické znečistenie. Spriemerované hodnoty pre daný rok a miesto vyrovňávajú jednotlivé merania a pohľad na parametre znečistenia je ucelenejší. Napriek tomu dusitany NO_2^- ako znečisťujúci faktor prevládajú (75 % pasívny BS), dusičnany NO_3^- a amoniakálny dusík N-NH_4^+ majú rovnakú situáciu pasívneho a napätého bilančného stavu 23 %, fosforečnany PO_4^{3-} až 31 %.

Pre kyslíkové parametre je táto bilancia pozitívnejšia, takmer všetky hodnoty sa nachádzajú v žltom A poli – priaznivý stav, hodnoty CHSK sú priaznivé na 86 %.

Z pohľadu odberových miest je najviac znečisťované miesto 1, avšak očakávalo by sa, že miesto 2 bude značne čistejšie vzhľadom k procesom na čistiacej stanici. Tento predpoklad sa však nenaplnil. Druhé kritické miesto na toku Jasenica je odberové miesto 4, čo zodpovedá znečisteniu vzhľadom na aglomeráciu bez čistenia odpadových vôd. Tretím znečisteným miestom je miesto 7 – Hron, ktorý prúdi k prítoku Jasenice už s parametrami znečistenia nespĺňajúce požiadavky na kvalitu povrchových vôd.

Tab. 5: Pozdĺžne čistotárske profily eutrofizačných zložiek

Miesto/rok	2011	2012	2013	2014	2015	Miesto/rok	2011	2012	2013	2014	2015
1 D		C	C	C	C	1 A	B	C	C	A	A
2 U		C	C	C	C	2 M	A	A	C	A	C
3 S		C	C	A	A	3 ÓN	A	A	B	A	A
4 I		C	C	A	C	4 NY	A	C	A	A	A
5 TA		C	C	A	A	5 KA	A	A	B	A	A
6 NY		C	C	A	A	6 TI	A	A	A	A	A
7		C	C	C	C	7 ÓN	A	A	A	A	A
Miesto/rok	2011	2012	2013	2014	2015	Miesto/rok	2011	2012	2013	2014	2015
1 D	A	A	B	A	A	1 FO	C	C	C	A	A
2 U	A	B	A	A	A	2 S	B	C	C	A	A
3 S	A	A	A	A	A	3 FO	A	A	A	A	A
4 I	A	A	A	A	B	4 R	B	A	A	A	A
5 Č	A	A	A	A	A	5 EČ	A	A	A	A	A
6 NA	A	A	A	A	A	6 NA	A	A	B	A	A
7 NY	C	C	B	B	C	7 NY	C	C	C	A	A

Tab. 6: Pozdĺžne čistotárske profily „kyslíkových parametrov“

Miesto/rok	2011	2012	2013	2014	2015
1	A	A	A	A	A
2	A	A	A	A	A
3 B	A	A	A	A	A
4 S	A	A	A	A	A
5 K	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A
7	A	A	A	A	A
Miesto/rok	2011	2012	2013	2014	2015
1	A	A	A	B	A
2	A	A	C	B	A
3 CH	A	A	A	C	A
4 S	A	A	A	A	A
5 K	A	A	A	C	A
6	A	A	A	A	A
7	A	A	A	A	A
Miesto/rok	2011	2012	2013	2014	2015
1 K	A	A	A	A	A
2 Y	A	A	A	A	A
3 S	A	A	A	A	A
4 L	A	A	A	A	A
5 Í	A	A	A	A	A
6 K	A	A	A	A	A
7	A	A	A	A	A

Záver

Stav toku Jasenica vykazuje z meraných hodnôt nadlimitné koncentrácie hlavne dusitanového dusíka N-NO_2^- . Jeho prítomnosť súvisí s parametrami amoniakálneho N-NH_4^+ a dusičnanového dusíka N-NO_3^- , ktoré však nevykazovali až takú zlú bilanciu, nakoľko v toku už prebiehali ich rozkladné procesy nitrifikácie a denitrifikácie.

Na základe monitorovania vybraných ukazovateľov kvality vody v toku nachádzajúcom sa v CHKO vyplynulo, že je potrebné naďalej sa venovať hlavne riešeniu ako zamedziť ďalšiemu znečisťovaniu. Najväčším zdrojom znečisťovania sú plošné zdroje (aglomerácie bez zmysluplného čistenia splaškových vôd), dôležitá je aj väčšia kontrola vypúšťaných vôd z poľnohospodárskej činnosti miestneho družstva, prípadne zriadenie infiltračného ochranného pásma pozdĺž vodného toku. Difúzny zdroj znečistenia na pozorovanom úseku toku Jasenica nebol zistený.

Odberové miesto 5, pozorované ako navštevované rekreačné miesto, vychádza z analýz počas štyroch rokov ako miesto s priaznivým stavom kvality povrchovej vody.

Na konci tohto príspevku, kde sa konštatuje nie práve najpriaznivejší stav malého toku v srdci Slovenska, je potrebné urobiť ďalší krok. Tak ako je uvedené v diele *Laudato si'*, musí nastúpiť Environmentálna výchova povolaná vytvárať „ekologické občianstvo“, ktoré sa neobmedzuje len na poskytovanie informácií, ale musí pomôcť vytvárať návyky, vlastný životný štýl s environmentálnou zodpovednosťou, ktorý vyjadruje našu dôstojnosť.⁷

⁷ Porov. Encyklika svätého otca Františka : *Laudato si'*. Trnava: SSV, 2015, s. 126.

Bibliografia

- Encyklika svätého otca Františka : Laudato si'.* Trnava: SSV, 2015. 151 s.
ISBN 978-80-8161-180-3.
- Implementácia smernice 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000: Plán manažmentu čiastkového povodia Hrona.* Aktualizácia. MŽP SR, december 2015. [online]. [Citované 2017-12-12]. Dostupné na: <<http://www.vuvh.sk/download/RSV/PMCP2/Hron/HronVP.pdf>>
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky 269/2010 Z.z., z 25. mája 2010, ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.* [online]. [Citované 2017-10-12]. Dostupné na: <http://www.cepta.sk/attachments/article/465/Nariadenie%20vlady%20269_2010%20o%20dobrom%20stave%20vod.pdf>
- Program monitorovania stavu vôd na rok 2010.* [online]. [Citované 2017-11-20]. Dostupné na: <<http://www.shmu.sk/sk/?page=1536>>
- Rámcový program monitorovania stavu vôd na roky 2010 – 2015.* [online]. [Citované 2017-11-21]. Dostupné na: <<http://www.shmu.sk/sk/?page=1535>>
- Rehák K.: *Vodné hospodárstvo.* Bratislava: SPU, 2007. 132 s.
ISBN 9788080699451.
- Samešová, D., Hybská, H.: *Water technology.* Zvolen: Technical University in Zvolen, 2015. 170 s. ISBN 178-80-228-2816-1.
- Smernica 2000/60/EC Európskeho Parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky.* [online]. [Citované 2017-11-21]. Dostupné na: <<http://www.vuvh.sk/download/VaV/Vyznamne%20dokumenty%20EU/RSV.pdf>>
- Smernica Rady 91/271/EHS o čistení komunálnych odpadových vôd v znení smernice Komisie 98/15/ES a nariadenia Európskeho parlamentu a Rady 1882/2003/ES z júna 2006.* [online]. [Citované 2017-11-21]. Dostupné na: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A31991L0271>>
- Správy: Hodnotenie kvality povrchovej vody Slovenska za rok 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.* Dostupné na: www.shmu.sk
- Valúchová, M., Tóthová, L., Rajczyková, E., Dömenyová, J., Bartík, I., Paľušová, Z., Fábryová, D., Barbušová, Ľ., Kobelová, M., Matulík, D., Pašerbová, E., Rozdobud'ková, N., Škoda, P., Kuníková, E., Majerová, M.: *Hodnotenie kvality povrchových vôd Slovenska za rok 2009: Správa, SVP, š. p., VÚVH, SHMÚ, 2011.*

The Acidity of Rainfall and its Dynamics in the Willow Ecosystem

Die Acidität der Niederschläge und seine Dynamik im Weide Ökosystem

Acidita zrážok a jej dynamika vo vrbovom ekosystéme

Ján Machava, Jaroslav Demko, Gabriela Hrkľová,
Eduard Bublinec

Abstract

The work was aimed at monitoring the chemistry of precipitation after passing through the willow ecosystem. Precipitation samples were evaluated for 2 years. Most of the observed rainfall was acidic. The highest acidity of precipitation was recorded in an open area in continuous open collector (pH = 5.51). The lowest acidity was measured at throughfall willow ecosystem (pH = 5.77). Chemical analyzes of atmospheric precipitation have shown a slight increase in acidity. The great extremity of values (3.72 to 7.04) was found in pH results collected over the course of two years. According to the precipitation scale, the lower extreme pH falls to very acidic and the upper value to a neutral range. The lowest bottom pH was recorded in December in the open collector and the highest upper value in November in the same collector. Except for actual acidity, the extremity of values has certainly a negative impact on the stability of forest and soil ecosystems. As for the individual annual periods, most acidic precipitation fell in the winter to the part-covering collector. In other seasons, precipitation were less acidic. The average pH values in individual seasons (spring, summer, autumn and winter) have occurred in the interval from 5.22 to 5.83 in the part-covering collector (K1), 5.01 – 5.81 in the opened collector (K2) and 5.32 – 6.00 in the collector in the willow ecosystem (K3). At assessing the resulting pH in the individual collectors, it can be concluded that the acidity of precipitation has not changed significantly. This natural relation is also confirmed by the average figures for the whole period. All average pH values lie in a slightly acidic region.

Keywords: Liptov Basin. Precipitation pH. Annual periods.

Úvod

Zrážky vyčesávajú z atmosféry do životného prostredia celý rad rozpustných i nerozpustných látok, zachytených prachových a aerosolových častíc. Na identifikáciu ich možných negatívnych účinkov je potrebné spoznať ich ráz. Ak sa v zrážkach nachádza viac látok kyslého charakteru, ktoré posúvajú pH do kyslej oblasti, hovorí sa o kyslých dažďoch. Tie vznikajú v dôsledku intenzívneho spaľovania fosílnych palív bohatých na obsah síry a dusíka, najmä hnedého uhlia. Takouto cestou sa do atmosféry dostáva veľké množstvo oxidov síry (S) a dusíka (N) na úkor hydrogenuhličitanov (HCO_3^-). Dôležitá je však aj tretia zložka – kyselina chlorovodíková (HCl) vznikajúca pri spaľovaní plastických látok, najmä PVC. Tieto exhaláty v ovzduší reagujú so zrážkovými vodami a do prostredia sa vracajú ako kyslé zrážky vo forme dažďa alebo snehu. Ich hlavným zdrojom je smog vznikajúci vo veľkých priemyselných centrách, ktorý stadiaľ vietor ženie nielen do blízkeho okolia, ale aj vzdialenejších hôr a lesov. Oxidy S a N reagujú zložitou chemickou cestou s vodnou parou a tvoria kyselinu sírovú (H_2SO_4) a dusičnú (HNO_3). Hlavným problémom týchto emisií je, že ľahko a rýchlo zasahujú aj emisne čisté oblasti. Na zníženie emisného zaťaženia prostredia slúžia vysoké komíny elektrární a tovární, ktoré emisie rozptyľujú do omnoho väčších vzdialeností. Rozptyľovanie emisií podporujú aj ich reakcie so vzdušnou vlhkosťou, ktorými sa stávajú súčasťou oblakov. Tie sú taktiež okysľované, ale hlavne sú ľahšie unášané vetrom do veľkých vzdialeností od pôvodného emisného zdroja. Ukázkovým príkladom tohto dramatického scenára je Nórsko, ktorého energetické zdroje sú pomerne čisté a má dostatok vodnej energie. Avšak i napriek tomu sú nórske vody a lesy kontaminované, hlavne diaľkovým transportom zo západnej a strednej Európy. Z 56 000 ton síry, ktorá spadla na územie Nórska, až 84 % pochádzalo zo zahraničia.

Kyslé zrážky neboli ani v minulosti neznámym fenoménom, avšak v minulosti mali hlavne prírodný pôvod. Vznikali aktivitou sopiek, močiarov a planktónu v oceánoch, ktoré exhalovali do ovzdušia oxidy S, N a uhlíka (C). Vedci však upozornili na to, že kyslosť zrážok za posledných 200 rokov prudko vzrástla. Anglický chemik Smith ako prvý poukázal na kyslosť dažďov v súvislosti so zadymeným prostredím v okolí Manchestra v roku 1852. O 20 rokov neskôr použil aj ako prvý pojem „kyslý dážď“. Odborníci sa začali intenzívnejšie venovať kyslým dažďom až v roku 1967, keď švédsky pôdoznalec Oden opísal súvislosť medzi stúpajúcou kyslosťou dažďových zrážok, časom a zemepisnými oblasťami. Najkyslejší dážď, ktorý vôbec spadol, bol zaznamenaný pri búrke vo Wheelingu v USA v roku 1980 a mal pH 1,5 (10-krát kyslejší ako ocot). Najkyslejší dážď v Európe bol zaznamenaný nad Škótskou vysočinou v roku 1974 a mal hodnotu pH 2,4. (Pre porovnanie – ocot používaný v domácnosti má pH 2,5.) Vo Vysokých Tatrách majú dažde hodnotu pH 4,3 – 5,5 a v Bratislave 4,9 – 5,7. V Pensylvánii padal dážď, ktorého pH bolo okolo 2,7. V západnej Virgínii však zaznamenali dážď s hodnotou pH až 1,5 (www.eko.skola.sk).

1 Opis výskumnej plochy

1.1 Prírodné pomery a lokalizácia výskumu

Výskum sa vykonával cca 2000 m severovýchodne od Ružomberka pri obci Martinček (obr. 1). Územie obce patrí do okresu Ružomberok, do Liptovskej kotliny. Táto predstavuje rozsiahlu terénnu depresiu nepravidelného tvaru, predĺženú v západo-východnom smere v dĺžke 80 km a v maximálnej šírke 15 km. Vodné toky, pritekajúce do kotliny z okolitých pohorí, rozčleňujú kotlinu plytkými údoliami na sieť chrbtov z oboch strán Váhu, čím jej vtlačajú pahorkovitý zráz. Jej pozdĺžnou osou preteká rieka Váh.

Liptovskú kotlinu ohraničujú zo všetkých strán horstvá patriace do vnútorných Západných Karpát. Západnú časť ohraničuje pohorie Veľká Fatra (Ostredok s nadmorskou výškou 1592 m), ktoré ju oddeľuje od susednej Turčianskej kotliny. Severné ohraničenie tvorí Chočské pohorie (Veľký Choč s 1611 m) a Západné Tatry. Južné ohraničenie je tvorené západnou časťou Nízkych Tatier (Veľká Chochuľa, 1753 m n. m.) oddeľujúcou Liptov od Pohronia. Východnú hranicu Liptovskej kotliny tvorí málo výrazný terénny chrbát, ktorý je zložený z paleogénnych hornín. Chrbát vychádza juhovýchodne od Važca, pokračuje do Tatranskej Štrby v smere na Štrbské pleso (Gros et al., 1980; Oľahel, Poláčik, 1987; www.Liptov.sk).



Obrázok 1: Mapa obce Martinček pri Ružomberku. Lokalizácia výskumnej plochy. (<https://mapa.zoznam.sk>)

1.2 Klimatické pomery

Vzhľadom na polohu a veľkú výškovú členitosť je klíma regiónu veľmi rôznorodá. Poloha Liptovskej kotliny ovplyvňuje priebeh zrážok, lebo kotlina sa nachádza v zrážkovom tieni Veľkej Fatry a Chočských vrchov (zrážky sú zachytávané na západných svahoch). Na území Liptovskej kotliny spadne priemerne ročne cca 737 mm zrážok, avšak na vrcholových častiach pohorí, ktoré ohraničujú Liptovskú kotlinu, spadne takmer ich dvojnásobné množstvo. Snehová pokrývka sa vyskytuje v Ružomberku v priemere od poslednej dekády novembra až do konca marca. Jej trvanie je v priebehu zimy občas prerušené. Snehová pokrývka trvá priemerne 130 dní, v pohoriach až 160 dní. Najväčšia oblačnosť je v zimných mesiacoch, najnižšia v septembri. Priemerná výška snehovej pokrývky dosahuje 15 cm.

Najteplejšou časťou v okolí rieky Váh je vlastná Liptovská kotlina. Okres Ružomberok patrí do dvoch klimatických oblastí. Najnižšie položená časť kotliny, niva Váhu v okolí Ružomberka, je klasifikovaná ako mierne teplá klimatická oblasť s júlovou teplotou nad 16 °C. Ostatné územie je klasifikované ako chladná oblasť s júlovou teplotou pod 16 °C. Smerom k horám sa teplota znižuje. V priebehu roka je najteplejším mesiacom júl (16,8 °C) a najchladnejším január s priemernou mesačnou teplotou vzduchu -3,9 °C.

Liptovská kotlina je charakteristická vysokým podielom dní s inverznou teplotou vzduchu (127 – 148 dní v roku), čo predstavuje veľmi významný faktor pre reálny stav znečistenia ovzdušia v najnižších vrstvách atmosféry. Obdobia s inverznou teplotou vzduchu sa vyskytujú počas celého roka, avšak celodenná inverzia alebo inverzie niekoľko dní za sebou sa vyskytujú hlavne v zimných mesiacoch.

1.3 Znečisťovanie ovzdušia

Stav ovzdušia v Ružomberku a jeho okrese je ovplyvnený existujúcimi zdrojmi s nízkymi, strednými a vysokými komínmi, nachádzajúcimi sa priamo v meste, ďalej automobilovou dopravou a transportom emisií zo vzdialených zdrojov. Inverzné situácie, ktorých býva v roku až 142 dní, nepriaznivo ovplyvňujú koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší. Zdroje s vysokými komínmi spolu s diaľkovými prenosmi sa podieľajú na regionálnom znečistení ovzdušia, s homogénne rozptýlenými emisiami. Špecifickým znakom znečistenia ovzdušia v regióne je pachové znečistenie, ktoré spôsobujú emisie organosírných látok. Odpadové vody zo závodu Mondi Business Paper SCP, z mestskej kanalizácie a ostatných priemyselných závodov na území mesta Ružomberka sú privádzané kanalizačnými zberačmi do SČOV v mestskej časti Hrboltová, kde je zabezpečené ich mechanické a biologické čistenie. Prichádzajúce odpadové látky, ako je sulfán, metylmerkaptán, dimetylsulfid, dimetyldisulfid a iné sa prirodzeným procesom uvoľňujú a spôsobujú zápach v areáli čistiarne i mimo neho.

Tabuľka 1: Emisná situácia v Ružomberku v rokoch 1998 – 2001

	Emisie SO ₂ (t/rok)				Merné územné emisie SO ₂ (t/rok.km ²)			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
Ružomberok	2495	3427	3672	2805	3,856	5,297	5,676	4,336
	Emisie NO _x (t/rok)				Merné územné emisie NO _x (t/rok.km ²)			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
Ružomberok	1235	1246	1283	1250	1,909	1,926	1,984	1,932
	Emisie CO (t/rok)				Merné územné emisie CO (t/rok.km ²)			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
Ružomberok	3304	1784	1802	2305	5,107	2,757	2,785	3,562

Na znečistení ovzdušia v Ružomberku sa podieľa aj doprava. Nepriaznivá imisná situácia je najmä v blízkosti hlavných komunikácií, kde koncentrácie oxidu uhľnatého (CO₂) boli namerané v rozsahu od 10 do 300 µg.m⁻³. Príspevok dopravy k znečisteniu ovzdušia v meste sa odhaduje na 50 – 80 %. Na porovnanie uvádzame emisnú situáciu do roku 2001 podľa základných znečisťujúcich látok v Ružomberku znázornenú v tab. 1.

Od roku 2000 bol zaznamenaný klesajúci trend u väčšiny emisných znečisťujúcich látok a možno ho považovať za pozitívny. V roku 2015 išlo o pokles emisií NO_x, CO, MP₁₀ a NH₃. Slovensko si naďalej plnilo záväzky vyplývajúce z príslušných medzinárodných dohovorov týkajúcich sa emisií znečisťujúcich látok do ovzdušia. V kvalite ovzdušia bol od roku 2000 evidovaný pozitívny trend vo vývoji aj napriek mierne kolísavému priebehu. V roku 2015 boli znížené počty prekročení limitných hodnôt oproti predchádzajúcemu roku. V roku 2016 boli prekročené povolené hodnoty vo väzbe na ochranu ľudského zdravia pre PM₁₀ a prízemný O₃. Avšak v Ružomberku namerané hodnoty sú optimistické: NO_x (20 µg.m⁻³) predstavoval len polovicu z limitnej hodnoty, pri PM₁₀ (17 µg.m⁻³) to boli 3/4 z limitu na 24 hodín, hodnoty MP_{2,5} (23 µg.m⁻³) sa blížili k limitnej hodnote. Expozičný index pre ochranu vegetácie AOT₄₀ (3875 µg.m⁻³.h) dosahoval len 1/5 z limitu. Pri prízemnom O₃ boli ročné priemerné koncentrácie rovné nule (limit je 120 µg.m⁻³). V roku 2016 nebol na Slovensku vôbec prekročený výstražný (240 µg.m⁻³) a ani informačný prah (180 µg.m⁻³) pre upozornenie a varovanie verejnosti (MŽP SR, 2016).

1.4 Zrážkové vody

Pre charakteristiku územia v našich podmienkach sú najpodstatnejšie atmosférické zrážky a z nich predovšetkým dážď a sneh. Zrážky sú zároveň aj dôležitým transportným médiom pre väčšinu prvkov. Významnú úlohu tu zohrávajú aj snehové zrážky, pretože sú na určitú časť roka dôležitým

miestom akumulácie živín, ktoré sa môžu do snehu dostať buď pri precipitácii v procese tvorby snehovej vločky, alebo suchou depozíciou na už existujúcu snehovú pokrývku (Kuhn 2001).

Chemické zloženie zrážkových vôd je dané aj znečistením ovzdušia, ako aj skupenstvom a formou zrážok. Horizontálne zrážky (hmla, rosa, mráz, inovať) sú spravidla viac znečistené ako vertikálne (dážď, sneh).

Prechodom atmosférou sa zrážková voda znečisťuje, lebo sa dostáva do kontaktu s aerosólmi, čo sú v podstate znečisťujúce rozptýlené častice kvapalín a tuhých látok. Obsah cudzorodých látok v zrážkových vodách býva v priemere v rozsahu 10 – 100 mg.dm⁻³. V oblastiach so silnou vulkanickou a priemyselnou činnosťou sa obsah minerálií v zrážkovej vode zdesaťnásobuje (Holoubek, Kalavská, 1989). Chemické zloženie zrážkových vôd ovplyvňuje najmä vrstva atmosféry siahajúca od zemského povrchu do výšky 1000 – 1500 m. Pri prechode touto vrstvou kvapky dažďa a sneh „vymývajú“ zo vzduchu značné množstvo aerosólov, ktorých najdôležitejšie zdroje sú okrem antropogénnych zdrojov kontinentálny prach, soli strhané vetrom z povrchu ľadu, z hladiny morí, resp. povrchových tokov, vulkanická a antropogénna činnosť. Okrem množstva a zloženia aerosólov vznik chemického zloženia zrážkových vôd závisí najmä od vodnatosti oblakov, množstva zrážok, rázu predzrážkového obdobia, veľkosti častíc aerosólov, dĺžky trvania zrážok, veľkosti kvapôčok a pod. Zrážková voda obsahuje:

- a) rozpustené plyny, ktoré tvoria normálne zloženie vzduchu (O₂, N₂, CO₂ a vzácne plyny),
- b) plynné znečistiny ovzdušia (SO₂ a SO₃, NO_x, NH₃ a pod.) a
- c) tuhé látky (častočky prachu, dymu, rastlín, mikroorganizmov a pod.) (Tölgyessy a kol., 1984).

1.5 Fyzikálno-chemické vlastností vody

Hodnota pH je jedným z najvýznamnejších ukazovateľov stavov v prírodných vodách. Kyslosť vodných tokov je spôsobená nadbytkom oxóniových a zásaditosť nadbytkom hydroxidových iónov. Vo vodnom prostredí sa protón H⁺ nikdy nenachádza voľný, lebo je veľmi reaktívny, hneď sa viaže na voľný elektrónový pár kyslíka vody za tvorby hydroxóniového kationu H₃O (H⁺ + H₂O → H₃O⁺). Čistá destilovaná voda má pri 25 °C pH = 7 a označujeme ju ako neutrálna. Roztoky s pH < 7 sú kyslé a s pH > 7 zásadité. Roztok s a_{H⁺} = 1 má pH = 0. pH slúži na posudzovanie kyslosti a zásaditosti vody a je indikátorom obsahu látok, ktoré ju spôsobujú. Indikačne ju stanovujeme pomocou lakmusu – indikátorový papierik, ktorého farba sa z kyslého do zásaditého prostredia mení z červenej do modrej. Čím je koncentrácia H₃O⁺ alebo OH⁻ vyššia, tým je vyššia aj intenzita sfarbenia. Toto stanovenie je zaťažené určitou chybou (môže to byť aj jedna jednotka stupnice). pH sa stanovuje podľa farebnej stupnice. Presnú hodnotu pH

stanovujeme potenciometricky. V minulosti to bolo za pomoci sústavy referenčnej (kalomelovej) a indikačnej (sklenenej) elektródy, dnes používame kombinovanú elektródu, ktorú okalibrujeme na príslušné tlmivé pufráčne roztoky ($\text{pH} = 4$ a $\text{pH} = 7$) a následne meriame pH roztokov.

V čistých prírodných vodách je hodnota pH v rozmedzí 4,5 – 8,3 daná zvyčajne rovnováhou medzi voľným a viazaným CO_2 , to je tzv. uhličitanovou rovnováhou (Gábriš et al., 1998). Túto závislosť môžu však ovplyvňovať napr. humusové látky a katióny ľahko podliehajúce hydrolyze. Pokles hodnoty pH vody pod 4,5 je spôsobený prítomnosťou voľných anorganických a organických kyselín (Pitter, 1999). Pri hodnotách $\text{pH} > 8,3$ prírodné vody obsahujú ióny CO_3^{2-} a pri hodnotách nad 10 hydroxidové OH^- ióny (Biskupič, 1991). Dažďová voda, aj keď nie je znečistená, je čiastočne kyslá a hodnota pH je nižšia než 7. Bežná dažďová voda má pH 5,0 – 5,6, je mierne kyslá, pretože so vzdušnou kyslosťou sa zo vzduchu absorbuje CO_2 a okysľuje ju. Dažďovú vodu s $\text{pH} < 5$ považujeme za antropogénne ovplyvnený kyslý dážď.

Hodnotu pH vody môžu výrazne ovplyvniť v nej prebiehajúce chemické a biologické procesy. Ide buď priamo o uvoľňovanie alebo spotrebu iónov H_3O^+ , resp. OH^- , alebo nepriamo o uvoľňovanie alebo spotrebu voľného CO_2 . Napríklad pri biologickej nitrifikácii sa uvoľňujú vodíkové ióny, ktoré reagujú s prítomnými hydrogenuhličitanmi (HCO_3^-) za súčasného uvoľnenia voľného CO_2 . Tiež asimiláciou prítomných živočíšnych organizmov sa uvoľňuje CO_2 a pH vody klesá (Holobradý a kol., 1991). Vzrast pH vody sa dá naopak pozorovať pri biologickej denitrifikácii alebo redukcii síranov (SO_4^{2-}) (Tölgyessy, Malicherová, 2000).

Schopnosť vody viazať vodíkové a hydroxidové ióny Pitter (1999) nazýva neutralizačná (acidobázická) kapacita. Je významnou základnou vlastnosťou všetkých vôd a je riadená rôznymi protolytickými systémami. Predstavuje látkové množstvo silnej jednosýtnej kyseliny alebo zásady, ktoré spotrebuje 1 liter vody k dosiahnutiu určitej hodnoty pH . Preto rozoznávame kyselinovú a zásadovú kapacitu v mmol.l^{-1} . Schopnosť neutralizovať pridanú kyselinu nazývame alkalitou vody a neutralizovať pridanú zásadu aciditou vody (Hudec, 1996).

2 Materiál a metódy

Vzorky zrážok sa odoberali dva roky v lokalite Martinček. Obec leží pri vrchu Mních, východne od Ružomberka, v nadmorskej výške 580 m. Zrážky sa zachytávali v troch rôzne umiestnených kolektorov. Kolektory sú plastové nádoby s priemerom 24 cm umiestnené v železných stojanoch vo výške 117 cm. Celková záchytná plocha atmosférických zrážok je 452 cm^2 . Prvé dva kolektory boli umiestnené na voľnej priestrannej ploche (obrázok č. 2), tretí kolektor sa nachádzal v segmente vrbového stromového ekosystému (obrázok č. 3) so *Salix fragilis* (vrba krehká). Z prvých dvoch kolektorov bol

prvý otvorený len počas dažďa alebo sneženia (K1), druhý bol otvorený stále, takže v ňom sa zachytili nielen škodlivé látky nachádzajúce sa v atmosférických zrážkach (K2), ale aj ďalšie iné sedimentujúce škodliviny a prach (prašnosť). Tretí kolektor umiestnený vo vrbovom ekosystéme (K3) bol taktiež stále otvorený (bulk deposition).



Obrázok 2: Umiestnenie prvých dvoch kolektorov (K1 – zakrytý kolektor, K2 – trvale otvorený kolektor)

Obrázok 3: Uloženie tretieho kolektora v korune *Salix Fragilis*

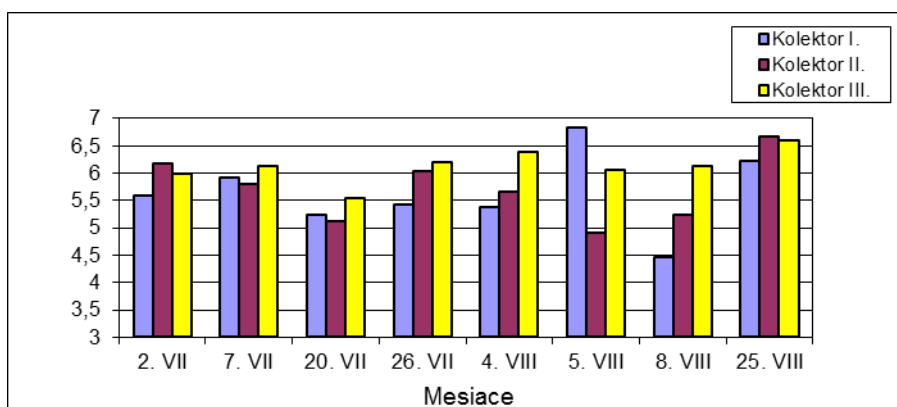
Zdroj obrázkov: Bublinec, E. a kol., 2014

Zachytené atmosférické zrážky sa merali a odoberali po každej zrážkovej udalosti buď o 7.00 hod. ráno, alebo večer o 17.00 hodine. V každej odobratej vzorke sme merali objemové množstvo zachytenej zrážky a následne aj pH.

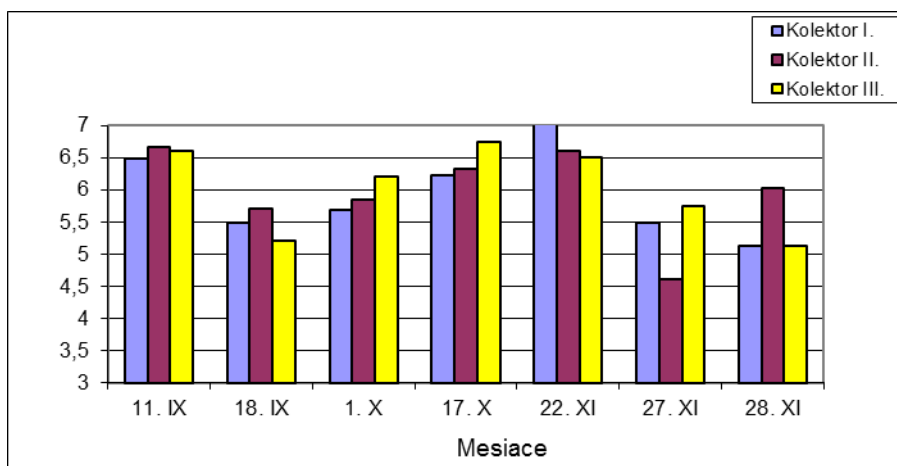
Celkový počet získaných vzoriek v sledovanom období bol 108. Na meranie pH sa použil Laboratory Digital pH meter OP-211/1. Hodnota pH sa stanovila potenciometricky kombinovanou pH elektródou. Pre lepšiu prehľadnosť sa namerané výsledky zoskupovali do 4 ročných období – jar (marec – máj), leto (jún – august), jeseň (september – november) a zima (december – február). Zároveň sa vypočítali priemery za jar, letné, jesenné a zimné obdobie a identifikovali sa extrémne a priextrémne hodnoty.

3 Výsledky

Namerané výsledky pH sú znázornené v grafickej podobe. Pre lepšiu prehľadnosť sa pri konštrukcii týchto grafov urobila určitá generalizácia, ktorej podstata spočíva vo vyrovnaní konkrétnych nameraných údajov do kriviek metódou klzavých priemerov (obr. 8 a 14). Časové krivky sa začínajú vždy júlom (letom), aby sa jednotlivé ročné obdobia dali ucelene charakterizovať. Preto grafické porovnanie výsledkov má značnú preukaznosť a vysokú výpovednú hodnotu. Relatívne vysoká hustota a časnosť odberov dáva dobrý obraz o časovej dynamike zmien pH.



Obr. 4: Hodnoty pH namerané v letnom období júl – august 2005



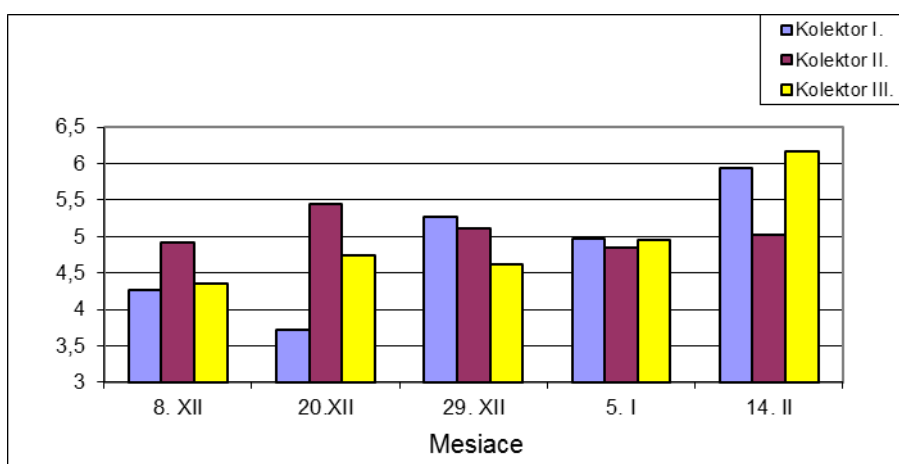
Obr. 5: Hodnoty pH namerané v jesennom období september – november 2005

Grafické znázornenie pH počas 1. roku v jednotlivých ročných obdobiach je na obrázkoch 4, 5, 6 a 7. V mesiaci apríli z jarného obdobia neboli zaznamenané žiadne zrážkové udalosti, preto tento mesiac na obrázku č. 7 chýba.

Veličina pH charakterizuje povahu zrážok, ich kyslosť alebo zásaditosť, t. j. či prevláda pôsobenie zakysľujúcich alebo alkalizujúcich látok. Hodnotíme ju podľa stupnice navrhutej Bublincom (tab. 2).

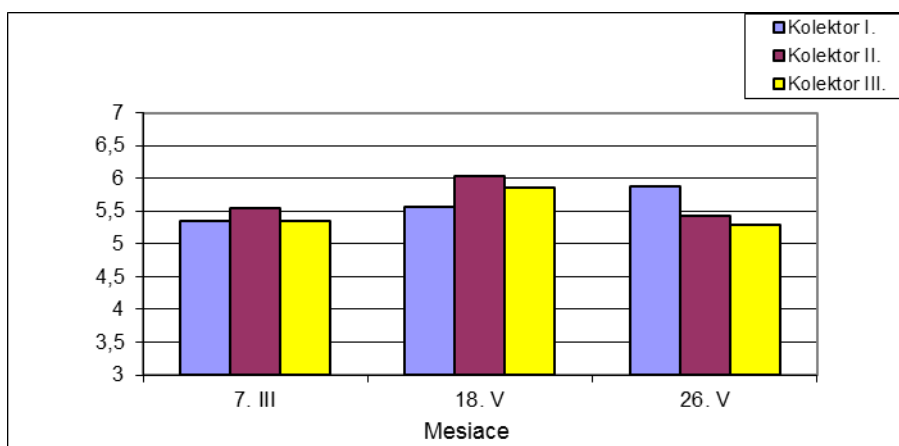
Tabuľka č. 2: Stupnica kyslosti vôd (Bublinec a Dubová, 2011)

Rozpätie kyslosti (pH)	
Veľmi silné kyslé	< 3,5
Veľmi kyslé	3,6 – 4,5
Kyslé	4,6 – 5,5
Mierne kyslé	5,6 – 6,5
Neutrálne	6,6 – 7,2
Mierne alkalické	7,2 – 8,5



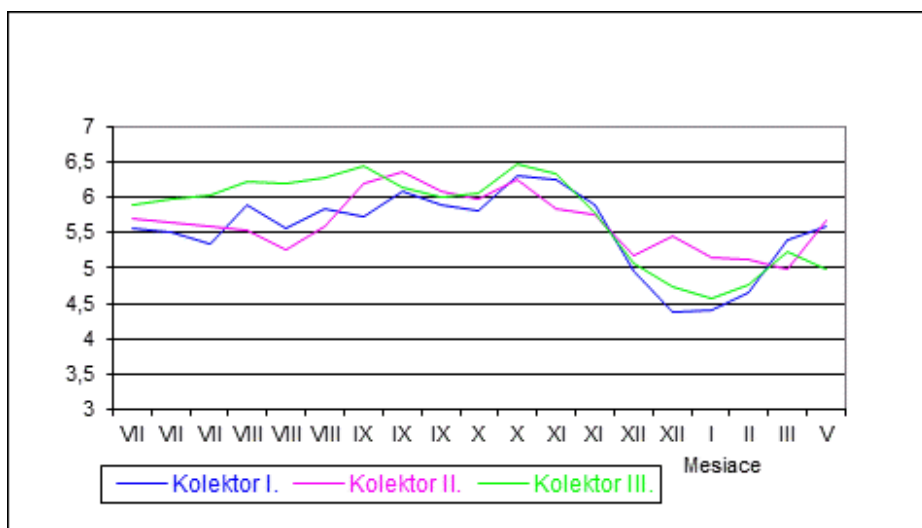
Obr. 6: Hodnoty pH namerané v zimnom období december 2005 – február 2006

Kyslé zrážky boli zaznamenané najmä v zimnom období, najmenej kyslé zasa v letnom a jesennom období. Zrážky v zakrytom kolektore (K1) dosahujú minimálne hodnotu $\text{pH} = 3,72$, ktorú možno v stupnici pH zaradiť do rozpätia veľmi kyslej oblasti. Maximálna hodnota v K1 dosahuje hodnotu $\text{pH} = 7,04$, čo je rozpätie neutrálnej oblasti. Priemerné hodnoty pH v sledovanom období v K1 sú 5,5 (aritmetický priemer), resp. 5,49 (medián). Najčastejšie vyskytujúcou hodnotou pH z nameraných hodnôt v K1 je 5,49 (modus). Variabilita rozpätia hodnôt pH v sledovanom období je 14 % (variačný koeficient). Smerodajná odchýlka z nameraných hodnôt je $\pm 0,77$.



Obr. 7: Hodnoty pH namerané v jarnom období marec – máj 2006

Zrážky v kolektore II. (K2), ktorý bol trvalo odkrytý, dosahujú minimálnu hodnotu pH = 4,61, čo je rozpätie kyslej oblasti. Maximálna hodnota v K2 dosahuje hodnotu pH = 6,67, čo je rozpätie neutrálnej oblasti. Priemerné hodnoty pH v sledovanom období v K2 sú 5,64 (aritmetický priemer), resp. 5,66 (medián). Najčastejšie sa vyskytujúcou hodnotou pH z nameraných hodnôt v K2 je 5,11(modus). Variačný koeficient $s_x\%$ pre pH v sledovanom období v K2 je 11 %. Smerodajná odchýlka z nameraných hodnôt pH je v porovnaní s predchádzajúcim kolektorom nižšia $\pm 0,61$.



Obr. 8: Kľúčové priemery pH v jednotlivých kolektoroch júl 2005 – máj 2006

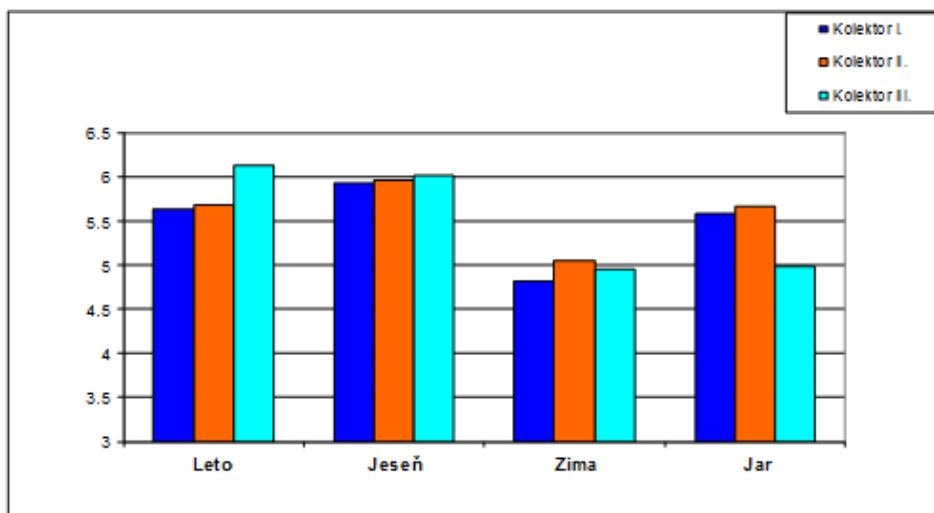
Zrážky pod korunami vrbí v kolektore III. (K3) dosahujú minimálnu hodnotu pH = 4,35, čo je rozpätie kyslej oblasti. Najvyššie pH = 6,74 v K3 sa nachádza v neutrálnej oblasti. Aritmetický priemer nameraných hodnôt v sledovanom období v K3 je pH = 5,76, resp. medián pH=6,0 a modus pH = 6,14. Všetky hodnoty patria do mierne kyslej oblasti. Variačné rozpätie hodnôt $s_x\%$ je v sledovanom období v K3 11 %, podobne ako v K2. Smerodajná odchýlka z nameraných hodnôt pH je $\pm 0,69$.

Kľzavé priemery pH v jednotlivých kolektoroch graficky znázorňuje nasledujúci obrázok (8).

Základné informácie o kyslosti letných, jesenných zimných a jarných zrážok na jednotlivých plochách a priemerné, priextremné (prilahlé ku krajným hodnotám) a extrémne hodnoty pH sa uvádza tab. 3.

Tabuľka 3: pH letných, jesenných, zimných a jarných zrážok v kolektoroch.

Plocha	Leto	Jeseň	Zima	Jar	Sledované obdobie	(Extrémne) a priextremné hodnoty pH
Kolektor	1.	5,64 $\pm$ 0,71	5,94 $\pm$ 0,67	4,83 $\pm$ 0,86	5,60 $\pm$ 0,25	5,55 $\pm$ 0,77 (3,72) 4,26 – 6,84 (7,04)
	2.	5,70 $\pm$ 0,66	5,97 $\pm$ 0,70	5,07 $\pm$ 0,23	5,67 $\pm$ 0,33	5,64 $\pm$ 0,61 (4,61) 4,84 – 6,61 (6,67)
	3.	6,14 $\pm$ 0,30	6,07 $\pm$ 0,60	4,96 $\pm$ 0,71	4,99 $\pm$ 1,05	5,69 $\pm$ 0,81 (4,35) 4,61 – 6,60 (6,74)

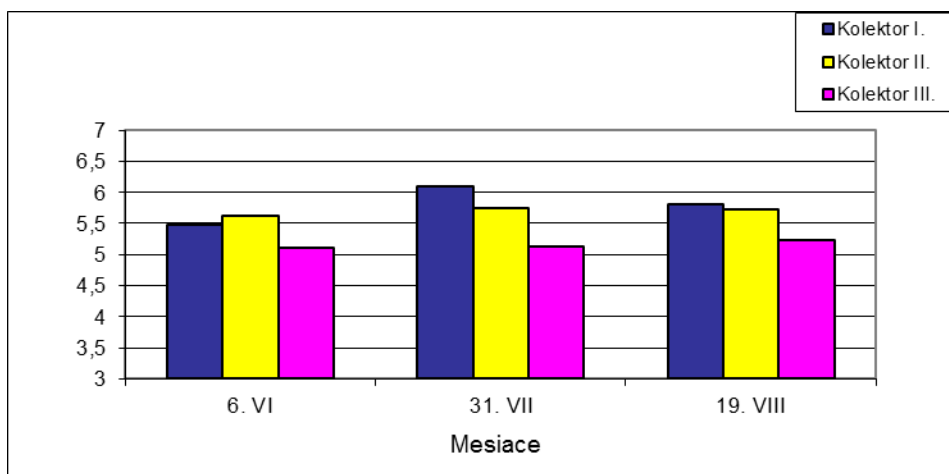


Obr. 9: Priemerné koncentrácie pH za jednotlivé ročné obdobia

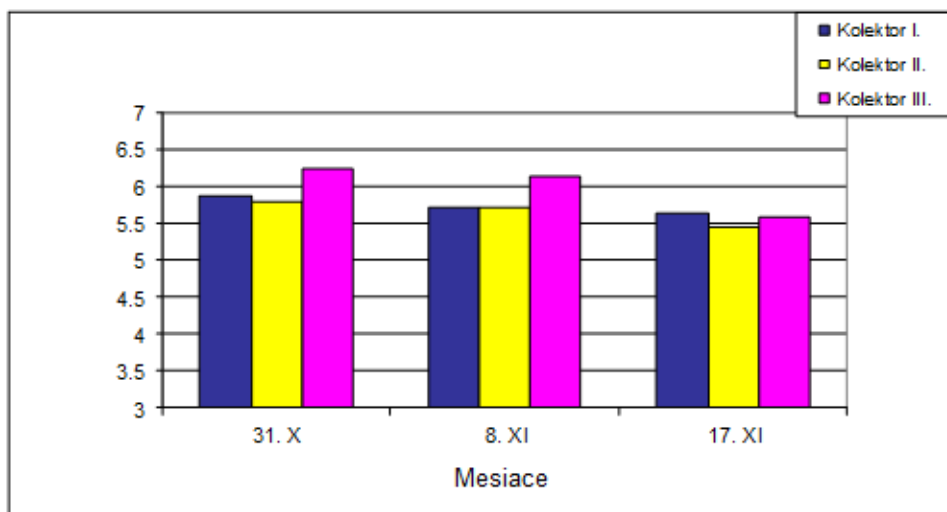
V priebehu roka najkyslejšie zrážky boli v zime (pH = 3,72), a to v K1. V priebehu prvého roka sa veľmi silne kyslé zrážky (pH < 3,5) vôbec nevyskytli. Najväčšie zastúpenie kyslých zrážok bolo zaznamenané pod korunami vrbí v zimnom období. Všetky priemerné hodnoty pH sa nachádzali

v mierne kyslej oblasti (5,6 – 6,5). Z rozdielov minimálnych a maximálnych hodnôt vyplýva, že v priebehu prvého roku došlo k nasledovným zmenám pH: K1 – 3,32, K2 – 2,06 a K3 – 2,39 jednotky pH. Tieto extrémne zmeny môžu nepriaznivo pôsobiť na ekosystém pôdy, ako aj na vegetáciu vrbového ekosystému.

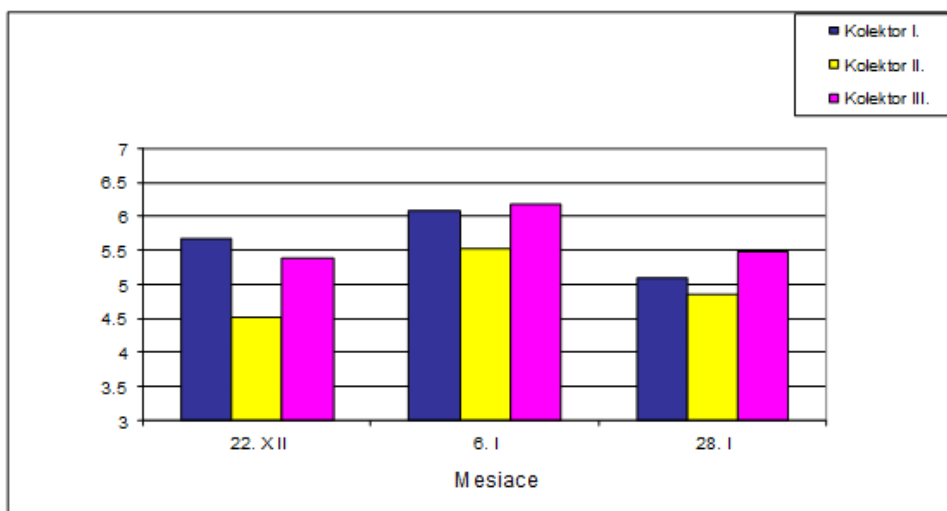
Grafické znázornenie priemerných hodnôt pH za jednotlivé ročné obdobia (leto, jeseň, zima a jar) vo všetkých troch kolektoroch uvádza obr. 9. Počas celého sledovaného obdobia (júl až máj) sa zaznamenali niektoré fenomény. Je to predovšetkým zimná depresia pH, ktorá je osobitne typická v zakrytom kolektore 1 a pre zrážky pod korunami vrb (Salix fragilis v kolektore 3 (obr. 3). V letných a jesenných mesiacoch boli zrážky relatívne najmenej kyslé. Snehové a dažďové zrážky sa nedajú porovnať, lebo boli zmiešané do jednej tej istej vzorky (napr. 2 snehové zrážky a jedna nasledujúca dažďová zrážka), aby sa získal minimálny objem 500 ml.



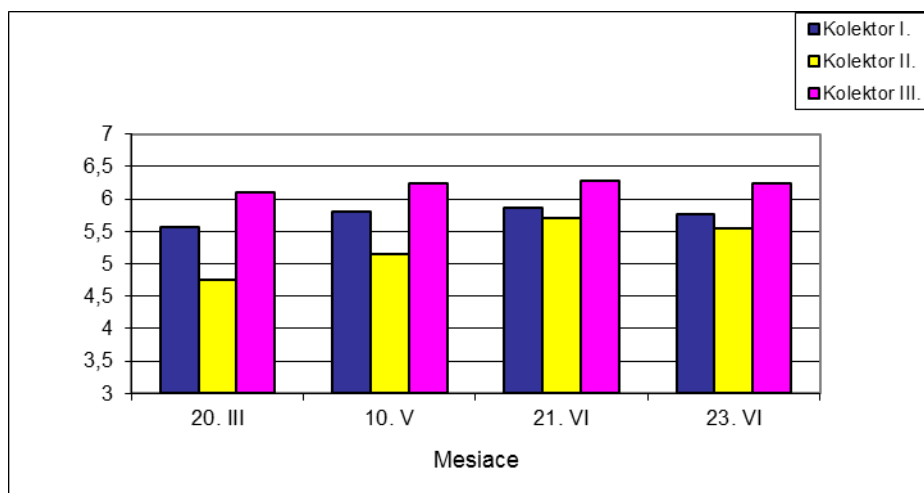
Obr. 10: Hodnoty pH namerané v letnom období jún – august 2006



Obr. 11: Hodnoty pH namerané v jesennom období september – november 2006



Obr. 12: Hodnoty pH namerané v zimnom období december 2006 – február 2007



Obr. 13: Hodnoty pH nameraná v jarnom období marec – jún 2007

Kyslé zrážky boli zaznamenané v zimnom období, najmenej kyslé zasa v jarnom období. Najnižšia hodnota pH = 5,1 v zakrytom kolektore (K1) sa nachádzala v rozpätí kyslej oblasti, najvyššia hodnota pH = 5,73 už bola v mierne kyslej oblasti. V tejto oblasti sa za sledované obdobie nachádzal aritmetický priemer pH = 5,73, medián pH = 5,76, ako aj modus pH = 5,87. Variačný koeficient $s_x\%$ hodnôt pH v sledovanom období je 5 % a smerodajná odchýlka z nameraných hodnôt je $\pm 0,26$.

Podobne aj v trvale otvorenom kolektore (K2) najnižšie pH = 4,52 zrážok sa nachádzalo v kyslej oblasti. Najvyššie pH = 5,80 už bolo v mierne kyslej oblasti. Tu sa nachádzal aritmetický priemer pH = 5,39, medián pH = 5,54 a modus pH = 5,72. Variačný koeficient $s_x\%$ hodnôt pH v sledovanom období v K2 je 8 % a smerodajná odchýlka z nameraných hodnôt je $\pm 0,43$.

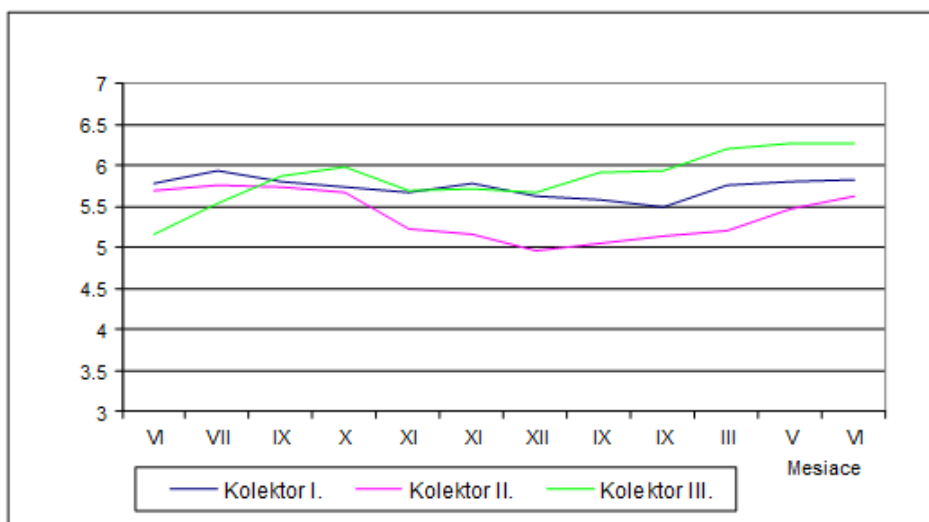
Podobne pomery boli aj v kolektore pod korunou vrby (K3). Najnižšie pH = 5,11 bolo v kyslej oblasti, najvyššie pH = 6,28 patrilo už do mierne kyslej oblasti. V nej sa nachádzal aritmetický priemer pH = 5,79, medián pH = 6,1 a modus pH = 6,25. Variačný koeficient $s_x\%$ hodnôt pH v sledovanom období v K3 je 8 % a smerodajná odchýlka z nameraných hodnôt je $\pm 0,48$.

Základné informácie o kyslosti ročných zrážok v jednotlivých kolektoroch a priemerné, priextrémne a extrémne hodnoty pH uvádza nasledujúca tabuľka (4).

Kľzavé priemery pH v jednotlivých kolektoroch grafický znázorňuje nasledujúci obrázok (14).

V priebehu roka najkyslejšie zrážky pH = 4,96 boli zaznamenané v K2 v zime. Veľmi silne kyslé zrážky (pH < 3,5) sa tiež nevyskytli. Z rozdielov minimálnych a maximálnych hodnôt vyplýva, že v priebehu prvého roku došlo k nasledovným zmenám pH: K1 – 3,32, K2 – 2,06 a K3 – 2,39 jednotky pH. Tieto rozdiely sú v porovnaní s predchádzajúcim rokom podstatne menšie. To znamená, že pH nemá až takú veľkú časovú dynamiku. Acidita pH závisí

od zastúpenia sledovaných iónov. Čím je viac zásadito pôsobiacich katiónov (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) v zrážkach, tým je pH vyššie – to znamená, že acidita je nižšia (zrážky sú menej kyslé). Naopak, čím viac iónov, ako je SO_4^{2-} a NO_3^- , sa nachádza v zrážkach, tým je pH nižšie a acidita je vyššia.

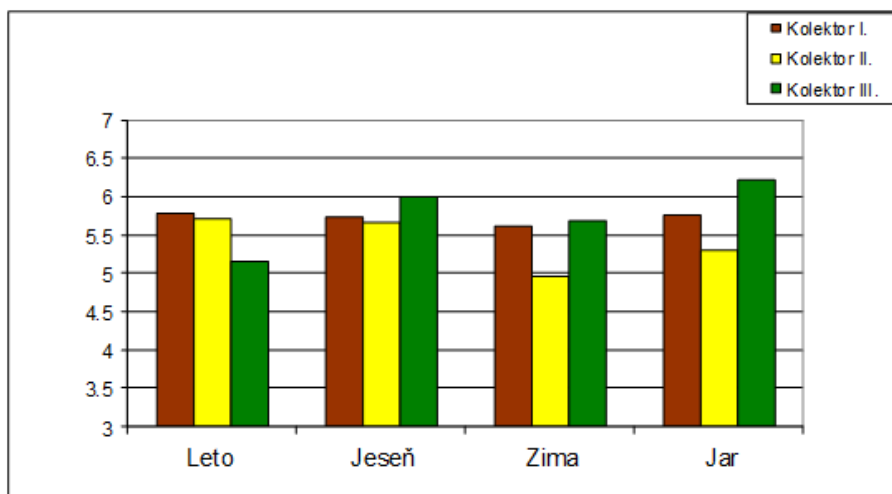


Obr. 14: Kľúčové priemery pH namerané v jednotlivých kolektoroch

Tabuľka 4: Priemerné hodnoty pH v jednotlivých kolektoroch a ročných obdobiach počas 2. roku

Plocha		Leto	Jeseň	Zima	Jar	Sledované obdobie	(Extrémne) a priextrémne hodnoty pH
Kolektor	1.	5,79 ± 0,32	5,74 ± 0,12	5,62 ± 0,50	5,75 ± 0,13	5,73 ± 0,26	(3,72) 4,26 – 6,84 (7,04)
	2.	5,70 ± 0,06	5,66 ± 0,18	4,96 ± 0,51	5,29 ± 0,42	5,39 ± 0,43	(4,61) 4,84 – 6,61 (6,67)
	3.	5,15 ± 0,06	5,99 ± 0,35	5,68 ± 0,44	6,22 ± 0,08	5,79 ± 0,48	(4,35) 4,61 – 6,60 (6,74)

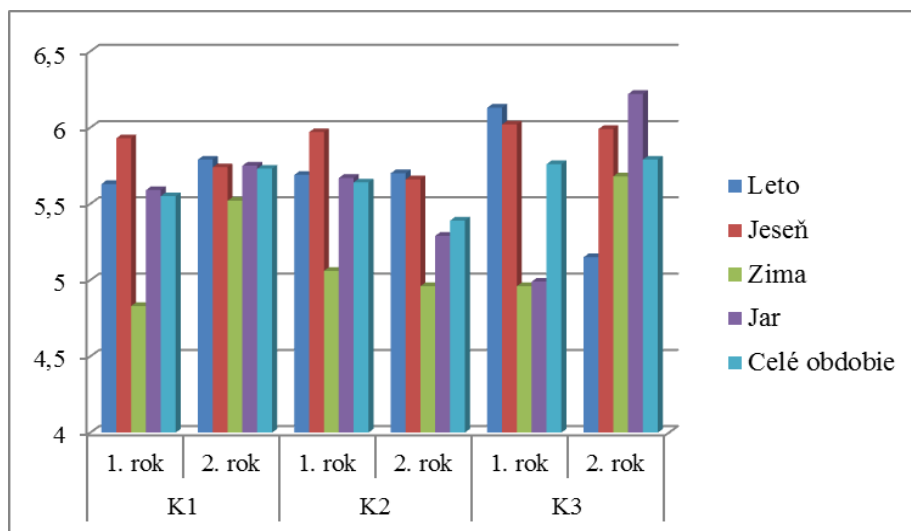
Priemerné hodnoty pH za jednotlivé ročné obdobia v druhom roku sledovania vo všetkých troch kolektoroch graficky znázorňuje obrázok 15.



Obr. 15: Priemerné koncentrácie pH za jednotlivé ročné obdobia

4 Diskusia

V tejto časti porovnávame zistené výsledky sledovania pH zrážok a ich porovnanie s výsledkami iných autorov. Všeobecne môžeme skonštatovať, že sa zaznamenali rozdiely medzi lokalizáciou kolektorov. Medzi voľnými plochami, t. j. medzi otvoreným a zatvoreným kolektorom (K1 a K2) nie sú veľké rozdiely.



Obrázok 16: Priemerné hodnoty pH zrážok v kolektore K1, K2 a K3 za 1. a 2. rok merania

Výrazný rozdiel pH sa zaregistroval v podkorunových zrážkach vrby (K3) oproti zrážkam na voľnej ploche (K1 a K2). Zo sledovaných plôch vyplýva, že najnižšie hodnoty boli namerané v zrážkach, ktoré boli zachytené na voľnej ploche v zakrytom kolektore (K1). O niečo vyššie hodnoty boli v zrážkach v kolektore K2, ktorý bol stále otvorený. Najvyššie hodnoty sa zistili pod korunami vrby v kolektore K3. Tieto základné údaje najvýstižnejšie demonštrujú grafy kľzavých priemerov pH. Pre lepšiu predstavivosť priemerné hodnoty pH za prvý a druhý rok sledovania graficky znázorňuje obrázku 16.

Vzájomným porovnaním priemerných hodnôt pH na obr. 16 sa neznamenali extrémne rozdiely v hodnotách medzi prvým a druhým kolektorom. Najvyššie hodnoty sa zaznamenali v treťom kolektore pod korunami vrby. Zrážky, ktoré spadli v 1. roku 2005/06 vo všetkých troch kolektoroch, patria do mierne kyslej oblasti pH (K1 – 5,55, K2 – 5,64 a K3 – 5,76). Zrážky v 2. roku boli o niečo kyslejšie, a to najmä pH v K2 (K1 – 5,73, K2 – 5,39 a K3 – 5,79). Keď tieto výsledky porovnáme s meraniami LVÚ (Pavlenda et al., 2007) na Poľane a s výsledkami stanice EMEP v Starej Lesnej (Ronchetti et al. 2005), tak hodnoty pH sú porovnateľné. V oboch rokoch zrážkové vody z voľných plôch (K1 a K2) vykazujú nižšiu aciditu ako uvedené lokality. Mindáš a Kunca (1997) na Poľane v Hukavskom Grúni uvádzajú v zrážkach aritmetický priemer pH = 4,01 za rok 1995. Bublinec – Dubová (1989) zistili tiež v oblasti Poľany (1430 m n. m.) za obdobie 1991 – 1997 hodnoty pH na voľnej ploche 4,88 – 5,66 a v smrekovom poraste 3,75 – 5,24.

Záver

V práci sú spracované výsledky sledovania chemizmu zrážok, mokrej depozície a jej zmeny po prechode vrbovým ekosystémom. Vyhodnotili sa odbery zrážkový vód za dve ročné obdobia. Pri výskume sa vychádzalo z konkrétnych podmienok vyskytujúcich sa počas sledovaného obdobia v Liptovskej kotline na lokalite Martinček. Výsledky vo veľkej miere ovplyvnilo počasie a jeho zmeny v jednotlivých ročných obdobiach.

Väčšina sledovaných zrážok bola kyslá. Najvyššiu aciditu vykazujú zrážky na voľnej ploche s trvale otvoreným kolektorom K2 (pH = 5,51). Najnižšia kyslosť bola preukázaná v podkorunových zrážkach vrbového ekosystému K3 (pH = 5,77). Chemické analýzy atmosferických zrážok dokumentujú mierny nárast kyslosti najmä v otvorenom kolektore K2 (z pH = 5,39) v porovnaní s predchádzajúcim rokom (na pH = 5,64). Z nameraných výsledkov pH sa zistila v priebehu 2 rokov veľká extrémnosť hodnôt (od 3,72 – 7,04). Dolná extrémna hodnota pH patrí podľa stupnice zrážok do veľmi kyslej oblasti a horná hodnota je neutrálnej povahy. Najnižšia dolná hodnota pH bola zaznamenaná v decembri v otvorenom kolektore K1 a najvyššia v novembri v tomto kolektore. Táto extrémnosť hodnôt má okrem kyslosti určite negatívny dopad na stabilitu lesných, ako aj pôdných ekosystémov.

Čo sa týka jednotlivých ročných období, v priebehu sledovaného obdobia najkyslejšie zrážky spadli v zime v zakrytom kolektore K1 (pH = 5,01). V ostatných ročných obdobiach boli zrážky menej kyslé. Najnižšiu kyslosť dosiahli zrážky pod korunami vrby v jesennom období (pH = 6,00). Priemerné hodnoty pH sa v jednotlivých ročných obdobiach (jar, leto, jeseň a zima) vyskytovali v intervale 5,22 – 5,83 v zakrytom kolektore (K1), 5,01 – 5,81 v otvorenom kolektore (K2) a 5,32 – 6,00 kolektor vo vrbovom ekosystéme (K3). V jednotlivých kolektoroch sa hodnoty pH v jarňom období pohybovali od 5,48 do 5,67, v letnom období od 5,64 do 5,71, v jesennom období od 5,83 do 6,00 a v zimnom období to bolo rozpätie 5,01 – 5,32. Pri hodnotení výsledného pH v jednotlivých kolektoroch sa môže konštatovať, že kyslosť zrážok sa výrazne nemení. Túto zákonitosť potvrdzujú aj priemerné údaje za celé sledované obdobie. Všetky priemerné hodnoty pH ležia v mierne kyslej oblasti (v K1 pH = 5,64, v K2 pH=5,51 a v K3 pH=5,77).

Pod'akovanie

Práca bola vykonaná za finančnej podpory projektu VEGA 2/0126/16.

Bibliografia

- BISKUPIČ, F. 1991. Chémia vody. Bratislava : STU, 160 s. ISBN 80-227-0447-4.
- BUBLINEC, E., DUBOVÁ, M. 1989. Celoročná dynamika kyslosti zrážok v bukových a smrekových ekosystémoch. Lesnícky časopis, 35: 463 – 475.
- BUBLINEC, E., DUBOVÁ, M. 2011. Chemizmus zrážok. In: Buk a bukové ekosystémy Slovenska. VEDA – Vydavateľstvo slovenskej akadémie vied, 591 – 620.
- BUBLINEC, E., MACHAVA, J., JANČEKOVÁ, M., DEMKO, J., MACKO, J., BLAHÚTOVÁ, D. 2014. Chemizmus zrážok a jeho dynamika v Liptovskej kotline. Verbum – vydavateľstvo KU v Ružomberku, Pedagogická fakulta KU, 184 s. ISBN 978-80-8084-317-5.
- GÁBRIŠ, L., BANDLEROVÁ, A., HRAŠKO, J. a i. 1998. Ochrana a tvorba životného prostredia v poľnohospodárstve. Nitra: SPU, 461 s. ISBN 80-7137-506-3.
- GROSS, P., KÖHLER, E. a kol. 1980. Geológia Liptovskej kotliny. Bratislava, Geologický ústav D. Štúra, s. 18 – 19.
- HOLOBRADÝ, K., CHRENEKOVÁ, E., VOLLMANOVÁ, A. 1991. Chémia vody. Nitra: VŠP, 80 s. ISBN 80-85175-88.
- HOLOUBEK, I., KALAVSKÁ, D. 1989. Analýza vôd. Bratislava: Alfa 1989, s. 38, 54 – 58, 133 – 134. ISBN 80-05-00065-0.
- HUDEC, I. 1996. Hydrobiológia. Bratislava: Príroda, 236 s. ISBN 80-07-00828-4
- KUHN, M. 2001. The nutrient cycle through snow and ice, a review. In: Aquatic sciences, 63, 2: 150 – 167. ISSN 1420-9055.

- MINDÁŠ, J.; KUNCA, V. 1997. Chemické zloženie atmosférických a podkorunových zrážok v poraste jedľovej bučiny na lokalite Poľana – Hukavský grúň. *Lesnícky časopis Forestry Journal*, 43: 329 – 341.
- MŽP SR. 2016. Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2016. Banská Bystrica: SAŽP, 206 s.
- OŤAHEL J., POLÁČIK, Š. 1987. Krajinná syntéza Liptovskej kotliny. Veda, Bratislava, 126 s.
- PAVLENDA, P., Pajtík, J., Ďurkovičová, J., Ištoňa, J., Leontovyč, R., Pavlendová, H., Priwitzer, T., Raši, R., Stančíková, A., Tóthová, S., Vodálová, A. 2008. Monitoring lesov Slovenska. *Forest Focus, ČMS Lesy* 2007. Zvolen, NLC, 122 s.
- PITTER, P. 1999. *Hydrochemie*. Praha: VŠCHT, 568 s. ISBN 80-7080-340-1
- RONCHETTI, L. et al. (2005): Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike 1997. SHMU a MŽP SR, Bratislava 1999.
- TÓLGYESY, J., MELICHEROVÁ, Z. 2000. *Chémia vody (Voda a jej ochrana)*. Banská Bystrica, UMB, 2000, 154 s. ISBN 80-8055-293-2
- TÓLGYESY, J., BETINA, V., FRAND, V. a i. *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. Bratislava, Veda, 1984, 536 s.
- www.ekoskola.sk
- www.Liptov.sk

Influence of Meadow Management on Epigeic Fauna

Einfluss des Wiesenmanagements auf die epigäische Fauna

Vplyv manažmentu lúk na epigeickú faunu

Jozef Macko, Petra Martincová

Abstract

Epigeic fauna is a diverse group that includes taxonomically and ecologically diverse species. Their ontogenetic development takes place in the top layer of soil or in humus. Thus, they are dependent on the land either for a lifetime or at least in one phase. The research of epigeic fauna was carried out in the Veľká Fatra mts. in the Kalvária east of Ružomberok. The meadows were managed by mulching and mowing. The paper brings the results of changes in abundance and biomass due to different management.

Keywords: Epigeic fauna. Soil. Mowing meadows. Mulch. Biomass.

Vplyv rôznych spôsobov manažmentu na lúčne ekosystémy sledovali viaceré štúdie (Crofts, Jefferson 1999 a During, Willems 1984), v ktorých bolo zistené, že pre zachovanie biologickej diverzity je dôležité pri výbere vhodného manažmentu zohľadniť požiadavky živočíchov. Stanovenie vhodného manažmentového režimu by malo vychádzať z pôvodu a z histórie obhospodarovania daného spoločenstva. Pre zachovanie lúčnych poloprirodných spoločenstiev je potrebné extenzívne obhospodarovanie (Crofts, Jefferson, 1999, Hakova et. al 2004). Z hľadiska životných nárokov vzácnych bezstavovcov je dôležité pri manažmentových zásahoch zachovávať mozaikovitosť (Kirby, 1992, 2001).

V súčasnej dobe sa na lúčnych ekosystémoch v čoraz väčšej miere uplatňujú a využívajú alternatívne nové formy obhospodarovania na lúkach. Takúto novú formu obhospodarovania lúčnych spoločenstiev predstavuje napr. mulčovanie, ktoré sa objavilo asi pred desiatimi rokmi ako nový spôsob poľnohospodárskeho obhospodarovania a udržiavania trávno-bylinných porastov. Mulčovanie predstavuje pokosenie a okamžité rozdrvenie biomasy, ktorá zostane ležať na lúke, kde sa rozkladá (Moravcová, 2003).

Mulčovanie má veľmi drastický vplyv na pôdnu faunu, pretože dochádza k obrovskému úhynu pôdných organizmov, a to rozomletím druhov, ako aj ich vývojových štádií. Autor tiež uvádza, že mulčovanie by v žiadnom prípade

nemalo byť realizované na lokalitách s výskytom ohrozených druhov, preto je vhodné tento manažmentový model použiť len jednorázovo, a to na začiatku obnovového manažmentu lúčnych ekosystémov pred kosením (Devan, 2005). Viaceré štúdie preukázali, že dlhodobé mulčovanie vedie k znižovaniu početnosti druhov, k zvyšovaniu obsahu živín v pôde a k zvyšovaniu pokryvnosti niektorých tráv náročnejších na živiny (Pourová et al., 2010).

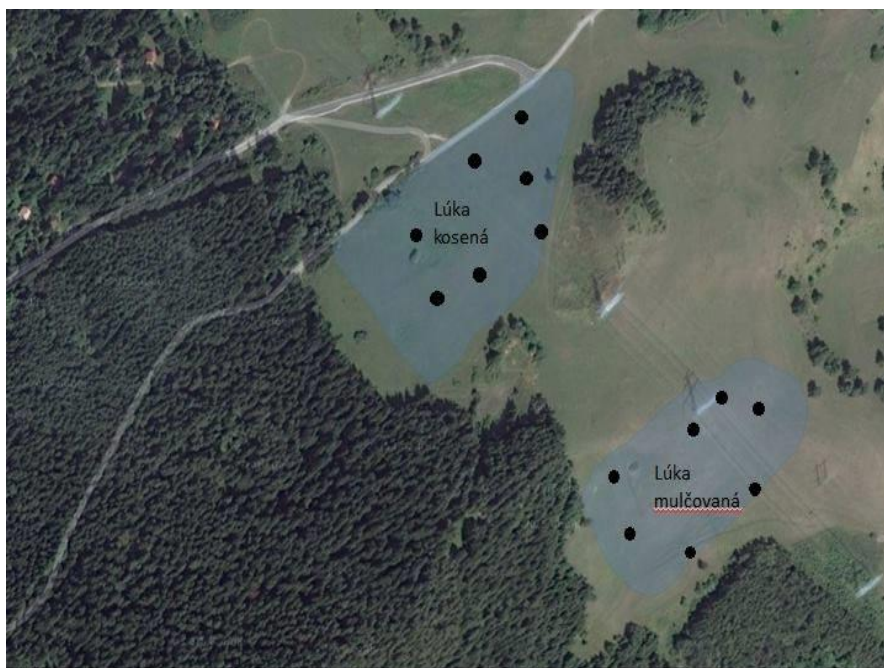
Vhodnejšiu formu manažmentu lúčnych ekosystémov predstavuje kosenie, ako jeden z najdôležitejších zásahov do vegetačného krytu. Ide o tzv. disturbanciu nadzemných častí biomasy. Táto forma udržiavania lúk má menej negatívnych vplyvov na pôdnu faunu. Avšak kosenie by malo prebiehať za všetkých okolností mozaikovite (Jakrlóvá, 1996, Konvička et al. 2005).

Pre jednotlivé skupiny pôdnej fauny je dôležité kedy a akými mechanizmami sa kosba vykonáva. Kosba totiž na určitý čas zásadným spôsobom zmení charakter lúky, a preto čerstvo skosené lúčne porasty nie sú atraktívne pre väčšinu druhov hmyzu, živiacich sa nektárom. Skosené porasty zostávajú približne tri až štyri týždne neosídlené. Z čoho vyplýva, že larválne štádiá niektorých pôdných druhov v tomto období prichádzajú o zdroj potravy. Pre niektoré pôdne druhy (jednogenečné druhy s dlhším larválnym vývojom) je dvojkosný režim výrazným negatívnym faktorom, pretože na takto využívaných plochách dochádza k zániku ich populácií. Na základe štúdií možno usudzovať, že najideálnejším obdobím na kosbu sa z hľadiska hmyzu javí október, resp. koniec septembra. Z toho je zrejmé, že je prakticky nemožné navrhnuť správny termín kosenia lúk tak, aby boli zohľadnené nároky aspoň najvýznamnejších druhov živočíchov. Škodlivá je pre pôdnu faunu najmä kosba v jednom čase na veľkých plochách, pretože pôdne druhy tak stratia možnosť úkrytu a koncentrujú sa na plochách, ktoré zostali nepokosené. Takto sa stávajú ľahkou korisťou a dochádza k veľkému úhynu. Ako alternatívne riešenie sa navrhuje postupné kosenie menších plôch s časovým odstupom niekoľko týždňov (Šefer et al. 2000, Stanová, Valachovič 2002).

Materiál a metodika

Výskum epigeickej fauny bol realizovaný v podhorských lúkach v prehorí Veľkej Fatry v lokalite Kalvária západne od Ružomberka (obr. č. 1). Výskum sme realizovali v rokoch 2014 – 2015.

Prvá výskumná plocha (lúka kosená) sa nachádza v nadmorskej výške 640 m. n. m., GPS súradnice má 49°04'222"N, 19°17'014"E. Expozícia je východ. Druhá výskumná plocha (lúka mulčovaná) sa nachádza v nadmorskej výške 650 m. n. m. GPS súradnice má 49°04'135"N, 19°17'117" E. Expozícia je východ.



Obr. č. 1: Mapa umiestnenia výskumných lokalít

Terénny zber vzoriek bol realizovaný metódou formaldehydových zemných pascí bez návnady (Barber, 1931). Na každej výskumnej ploche sme inštalovali 7 pascí vo vzdialenosti 10 metrov od seba. Ako zemné pasce slúžili 0,5 litrové plastové poháre s priemerom ústia 10 cm. Ako konzervačnú tekutinu sme použili 4 % formaldehyd. Množstvo konzervačnej tekutiny predstavovalo 1/3 výšky zemnej pasce. Roztok formaldehydu pôsobí ako jed a chytené jedince pomerne rýchlo usmrčuje, čím znižuje pravdepodobnosť úniku druhov z pascí, čím poskytuje bohatší materiál odchytených druhov (Stašiov, 2006).

Odobratý biologický materiál bol následne v laboratóriu triedený do jednotlivých taxonomických skupín. Pre výpočet hodnôt biomasy boli vzorky vysušené v sušiarňi pri teplote 105 °C a následne zvážená sušina.

Výsledky

Na výskumných plochách v lokalite Kalvária, okres Ružomberok, bolo celkom odchytených 2 719 jedincov. Odchytené jedince patrili do 8 taxonomických skupín. Spolu bolo exponovaných 14 pascí, 7 na každej výskumnej ploche. Hodnoty abundancie, dominancie a biomasy na jednotlivých plochách sú uvedené v tabuľkách (tab. č. 1, tab. č. 2).

Biomasa epigeónu

V sledovanom období bola celková biomasa na lúke mulčovanej najvyššia v letnom období a najnižšia v jeseni. Zo zaznamenaných skupín bola najvyššia hodnota biomasy na jar u ucholakov (*Dermaptera*), aj keď z hľadiska početnosti boli druhou najpočetnejšou skupinou. Naopak, pavúky (*Araneae*), ktoré mali najvyššiu abundanciu, vykazovali nižšie hodnoty biomasy na danom území. Biomasa ostatných taxonomických skupín bola podstatne nižšia. U väčšiny sledovaných taxónov po mulčovaní v letnom období hodnota biomasy výrazne klesla. Najvyššie hodnoty biomasy v letnom a jesennom období dosiahli chrobáky (*Coleoptera*) (tab. č. 1).

Tab. č. 1: Zaznamenané skupiny epigeickej fauny na lúke mulčovanej

Skupina	mulčovaná lúka								
	jar			leto			jeseň		
	početnosť	dominancia (%)	biomasa (g)	početnosť	dominancia (%)	biomasa (g)	početnosť	dominancia (%)	biomasa (g)
<i>Formicidae</i>	51	7,0	0,045	39	19,2	0,017	0	0,0	0,000
<i>Coleoptera</i>	92	12,7	3,031	108	53,2	1,753	54	43,2	1,779
<i>Dermaptera</i>	173	23,8	3,800	12	5,9	0,130	35	28,0	0,769
<i>Oniscoidea</i>	2	0,3	0,019	0	0,0	0,000	4	3,2	0,038
<i>Araneae</i>	401	55,2	3,745	25	12,3	0,115	15	12,0	0,140
<i>Caelifera</i>	0	0,0	0,000	6	3,0	0,085	16	12,8	0,462
<i>Opilioneida</i>	0	0,0	0,000	8	3,9	0,003	0	0,0	0,000
<i>Acheta</i>	7	1,0	2,469	5	2,5	0,869	1	0,8	0,353
Spolu	726	100	13,110	203	100	2,972	125	100	3,541

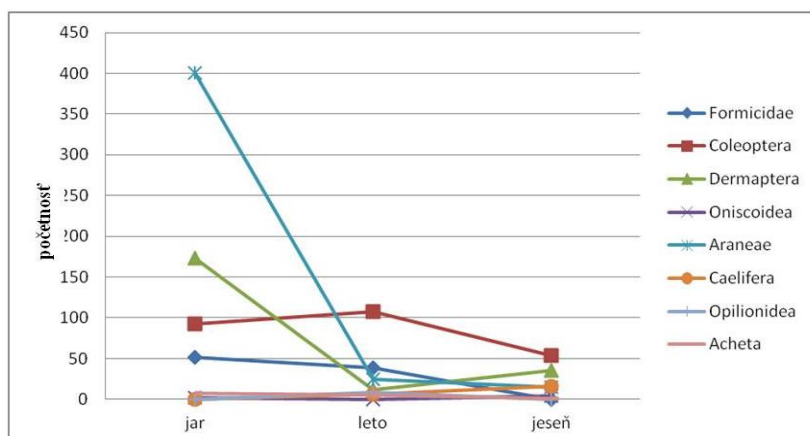
Najvyššiu hodnotu biomasy na lúke kosenej v jarnom aj letnom období dosiahli pavúky (*Araneae*), ktoré zároveň dosahovali aj najvyššiu hodnotu abundancie v týchto obdobiach. V jesennom období vykazovali najvyššie hodnoty biomasy chrobáky (*Coleoptera*). U všetkých sledovaných taxónov bol v jesennom období zaznamenaný pokles biomasy. Avšak najvýraznejší pokles zaznamenala skupina pavúky (*Araneae*) (tab. č. 2).

Tab. č. 2: Zaznamenané skupiny epigeickej fauny na lúke kosenej

Skupina	kosená lúka								
	jar			leto			jeseň		
	početnosť	dominancia (%)	biomasa (g)	početnosť	dominancia (%)	biomasa (g)	početnosť	dominancia (%)	biomasa (g)
<i>Formicidae</i>	20	3,6	0,028	0	0,0	0,000	4	10,3	0,006
<i>Coleoptera</i>	11	2,0	0,148	119	11,1	1,601	21	53,8	0,282
<i>Dermaptera</i>	1	0,2	0,037	43	4,0	1,574	2	5,1	0,073
<i>Oniscoidea</i>	69	12,5	1,932	1	0,1	0,028	0	0,0	0,000
<i>Araneae</i>	451	81,7	3,472	910	84,7	7,006	12	30,8	0,092
<i>Caelifera</i>	0	0,0	0,000	1	0,1	0,014	0	0,0	0,000
<i>Opilionidea</i>	0	0,0	0,000	0	0,0	0,000	0	0,0	0,000
<i>Acheta</i>	0	0,0	0,000	0	0,0	0,000	0	0,0	0,000
Spolu	552	100	5,617	1074	100	10,223	39	100	0,454

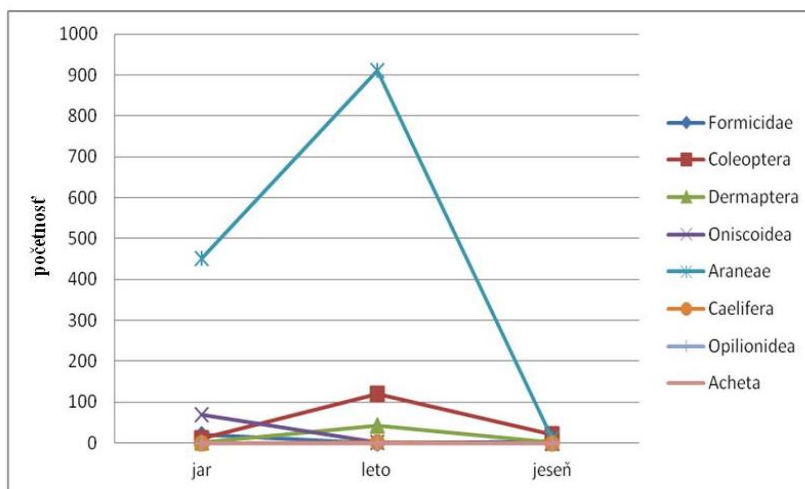
Sezónna dynamika

Na lúke mulčovanej boli v jarnom období eudominantnou skupinou pavúky (*Araneae*), ucholáky (*Dermaptera*) a chrobáky (*Coleoptera*). V letnom období boli eudominantnými chrobáky (*Coleoptera*), pavúky (*Araneae*) a mravce (*Formicidae*). Po mulčovaní ktoré prebehlo v júli, prudko klesla početnosť všetkých skupín, okrem chrobákov (*Coleoptera*), u ktorých nastal mierny nárast. V jesennom období chrobáky predstavovali najpočetnejšiu skupinu epigeickej fauny s dominanciou 43,2 %. Najväčší pokles bol zaznamenaný u pavúkov (*Araneae*), u ktorých sa jarná abundancia znížila zo 401 ex. na hodnotu 25 ex. v lete. V jeseni klesla abundancia na 15 ex. (obr. č. 2).



Obr. č. 2: Sezónna dynamika na lúke mulčovanej

Na lúke kosenej boli v jarnom období eudominantnou skupinou pavúky (*Araneae*) a rovnakonôžky (*Oniscoidea*). Po pokosení, ktoré bolo vykonané v júni, stúpila celková abundancia z hodnoty 552 ex. na jar, na hodnotu 1074 ex. v lete. Najvyššiu abundanciu v lete zaznamenali taktiež pavúky (*Araneae*), avšak druhou najpočetnejšou skupinou boli chrobáky (*Coleoptera*) s hodnotou 119 ex. V jesennom období predstavovali chrobáky najpočetnejšiu skupinu. Tvorili až 53,8 % všetkých jedincov. Abundancia rovnakonôžok (*Oniscoidea*) klesla z hodnoty 69 ex na hodnotu 1 ex v lete, nakoniec až k absencii danej skupiny v jeseni (obr. č. 3).



Obr. č. 3: Sezónna dynamika na lúke kosenej

Záver

Manažmentom mulčovania sa zaoberal Deván (2005) a uvádza, že tento spôsob obhospodarovania lúčnych ekosystémov má veľmi negatívny vplyv na pôdnu faunu, a to z toho dôvodu, že dochádza k obrovskému úhynu epigeických druhov, a to rozomletím jedincov, ako aj ich vývojových štádií. Taktiež uvádza, že mulčovanie by v žiadnom prípade nemalo byť realizované na lokalitách s výskytom ohrozených druhov, preto je vhodné tento manažmentový model použiť len jednorázovo, a to na začiatku obnovného manažmentu lúčnych ekosystémov pred kosením. Je možné súhlasiť s týmto autorom, nakoľko aj výsledky nášho výskumu potvrdili, že mulčovanie má negatívny vplyv na väčšinu sledovaných taxónov epigeickej fauny, ktoré sú zaznamenané vo výsledkoch. Najvýraznejší pokles abundancie bol zaznamenaný v skupine pavúky (*Araneae*) a ucholaky (*Dermaptera*).

Na základe porovnania zistených výsledkov na jednotlivých sledovaných lokalitách s rozdielnou formou manažmentu, možno konštatovať, že mulčovanie má výraznejšie negatívnejší vplyv na celkovú početnosť u sledovaných skupín

epigeickej fauny v porovnaní s kosením. Taktiež možno konštatovať, že vplyv kosenia a mulčovania v jesennom období nie je možné jednoznačne posúdiť, vzhľadom na vývinové štádiá jednotlivých sledovaných skupín. Na posúdenie vplyvu manažmentu na početnosť a biomasu v jesennom období by bol potrebný dlhodobjší výskum epigeickej fauny.

Bibliografia

- BARBER, H. S. (1931) Traps for cave inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46, 259 – 266.
- CROFTS, A., JEFFERSON, R. G. (eds.), 1999: *The Lowland Grassland Management Handbook*. 2nd edition. English Nature/The Wildlife Trusts. Royal Society for Nature Conservation. <http://www.english-nature.org.uk/pubs/handbooks>
- DEVÁN, P., 2005: Je mulčovanie lúk prospešné ochrane prírody? *Chránené územia Slovenska*, Vol. 65/2005: 12 – 13.
- DURING, H. J., WILLEMS, J. H., 1984: Diversity models applied to a chalk grassland. *Vegetatio Dordrecht*, 57: 103 – 114.
- HAKOVA, A., KLAUDISOVA, A., SADLO, J. (eds.), 2004: *Zasady peče o nelesni biotopy v rámci soustavy Natura 2000*. Ministerstvo životního prostředí, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 157 s.
- JAKRLOVÁ, J. (1996): Produkční charakteristika aluviálních luk (Projekt Lanžhot), In: STRAŠKRABOVÁ, J., PRACH, K., JOYCE Ch., WADE, M. (ed.): *Aluviální louky – jejich současný stav a možnosti obnovy*, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha Darwin Initiative, s. 35 – 42.
- KIRBY, P., 1992: *Habitat management for invertebrates: a practical handbook*. The Royal Society for the Protection of Birds, Sandy (UK).
- KIRBY, P., 2001: *Habitat management for invertebrates: a practical handbook*. Ed. 2. The Royal Society for the Protection of Birds, Sandy (UK).
- KONVIČKA, M., BENEŠ, J., ČÍŽEK, L., 2005: *Ohroženy hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management*. Sagittaria, Olomouc. 127 s.
- MORAVCOVÁ, A. 2003. Vliv mulčování a hnojení na horská luční společenstva v Krkonoších. *Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc*. pp. 81.
- POUROVA, K., SVOBODOVA, A., KRAHULEC, F., 2010: Dlouhodobý vliv mulčování na horskou louku v Krkonošském národním parku. *Opera Corcontica* 47/1: 139 – 152.
- STANOVÁ, V., VALACHOVIČ, M.: *Katalóg Biotopov Slovenska*. Bratislava. DAPHNE – Inštitút aplikovanej Ekológie, 2002. 225 s.
- STAŠIOV, S.: *Ekológia pôdných organizmov*. Zvolen. Technická Univerzita, 2006. 70 s. ISBN 80-228-1700-7.
- ŠEFFER, J., STANOVÁ, V., LASÁK, R., GALVÁNEK, D., VICENÍKOVÁ, A.: *Mapovanie trávnej vegetácie Slovenska. Metodická príručka*. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava. 2000. 34 s.

Behavioural Patterns in Wallcreeper (*Tichodroma muraria*)

Das Verhalten bei das Mauerläufer (*Tichodroma muraria*)

Typy správania u murárika červenokrídleho (*Tichodroma muraria*)

Miroslav Saniga

Abstract

From 1982-2017 behavioural patterns of the wallcreeper (*Tichodroma muraria*) were studied in the mountains of central Slovakia. All breeding sites, which were situated between 400 m to 1550 m a. s. l., consisted of limestone. Winter sites created prevalingly abandoned limestone quarries in the vicinity 4 to 15 km from the breeding habitats at an altitude between 450-700 m a. s. l. The proportion of the birds activity devoted to different behavioural forms differed with season. Two facts – conspicuous coloration of wings and visual display play an important role in social behaviour in wallcreeper. They developed as communication means among individuals of this bird species and also with other bird species sharing the same habitat as compensation instead of acoustic communication. Both conspicuous coloration and visual displays became ethological necessity in wallcreeper in the noisy environment of the gorges.

Keywords: Wallcreeper. Behaviour. West Carpathians.

Introduction

The fact that the wallcreeper (*Tichodroma muraria*) is a typical habitat specialist, occupying rock faces often remote from human civilization explains the low level of the knowledge on the life and behaviour of this very rare bird species. There are studies into the ethology of this bird from Central Europe, both in the wild (e.g. Zollikofer in Noll 1957, Müller 1962, 1965, Bezzel 1967, 1993, Hauri 1970, 1978, Dorka 1976, Maire 1987, Gauthier-Clerc 1991, Hernández et al. 1993a,b, Géroutet 1994a,b), and in captivity (Zollikofer in Noll 1956, Kottek 1965). The most comprehensive appraisal of the biology of the wallcreeper was given by Löhrl (1967, 1970, 1971, 1975, 1976), who had studied wallcreepers both in the wild and in the captivity.

I systematically studied population of the wallcreeper in the Veľká Fatra mountains from 1979 to 2017 and in the Malá Fatra mountains from 1988 to 1998. Some results concerning ethology of this bird have already been published (Saniga 1993, 1995c, 1999). The aim of this study was to describe characteristic behavioural patterns in the wallcreeper.

Study Area

Wallcreeper population was studied in the mountains of central Slovakia (Veľká and Malá Fatra mountains, Chočské vrchy mountains 18°50'-19°35' E; 48°47'- 49°19' N). Behavioural observations were carried out on 15 breeding haunts and 11 winter sites. Breeding localities were characterized exclusively by limestone rock faces at an altitude between 400 and 1550 m a. s. l. Winter sites created prevailingly abandoned limestone quarries in the vicinity 4 to 15 km from the breeding habitats at an altitude between 450-700 m a. s. l.

Material and Methods

In 1982-2017, ecology and ethology of the wallcreeper was studied in the wild in the course of the year. Altogether, 322 „whole observation days“ (observation from dawn till dark) and 1702 „partial observation days“ were carried out. The high numbers of behavioural observations during the breeding season (May-July) than in the rest of the year (August-April) resulted both from the fact that during the breeding season wallcreeper localities were visited more frequently and also from the fact that observations outside the breeding season are much less probable.

Investigations of the behaviour of the wallcreeper were carried out with regard to rareness of this bird species. Wallcreepers were observed from the hiding-places, so that birds were not affected.

Results and Discussion

Characteristic behavioural patterns

Social behaviour

Two facts – conspicuous colouring of wings and visual display play an important role in social behaviour in the wallcreeper. They developed as communication means among individuals of this bird species and also with other bird species sharing the same habitat as compensation instead of acoustic communication. As acoustic display play an unimportant role in the noisy wallcreeper environment, voice, which is the most important communication

mean in birds, was compensated by special visual communication displays with very conspicuous coloured parts of the bird (especially wings). White spots on primaries and red patterns on primary coverts, lesser and median upperwing coverts and on remiges have important signal effect, announcing presence and facilitating contact with conspecific birds, to some extent serving as substitute for contact-calls.

Coloration (red patterns) is not conspicuous on folded wings. Wallcreepers had a habit of continually flicking their wings. Characteristic flicking with disproportionately large elliptical, conspicuous coloured wings marked from inconspicuous wallcreeper, merging perfectly with blau-grey background, very conspicuous bird object. Wing-flicking was a slow movement, performed constantly when climbing, feeding or resting briefly (Fig. 1). Juveniles did this as soon as they fledged. Wallcreepers expressed their excitement or alertness by extent and angle of the wing-flicking. In normal low-intensity wing-flicking, outer wing moved to side or even down, revealing white spots on primaries. As excitement increased, birds flicked with wings faster and also more upward. White elliptical spots on 2-5 primaries and deep red pattern colour on primary coverts, lesser and median upperwing-coverts and remiges then flashing (Fig. 2).

Wallcreepers ceased wing-flicking immediately they remarked aerial predator and freezed remaining motionless and silent for several minutes (Fig. 3), though slight downward tail movement continued. Such behaviour patterns when bird does not inform its surroundings neither in acoustic nor visual ways about threatening danger is among birds exceptional (Cramp & Perrins 1993). It apparently connects with the fact that wallcreeper is not social bird and a great part of a year it lives solitary (September-March, Löhrl 1976).

Both conspicuous coloration and visual displays became ethological necessity in wallcreeper in the noisy environment of the gorges.

Display behaviour

Males sang mainly by territory demarcation and by attraction of females. Males sang mostly while climbing or perched (see also Dorka 1976). Males especially alternated between aggression and apparent courtship with nest-showing. In nest-showing, males performed circling-flights usually starting and ending at potential nest-crevice. Male flew on erratic course with sharp turns and steep descents and ascents. Circling-flight may change to courtship-flight in which flight speed slowed, yet wings beaten more rapidly than normal (Löhrl 1976). Males often advertised potential nest-hole to the female in characteristic head-up posture, drawing attention to his black throat and upper breast, with wings slightly dropped (Fig. 4). Müller (1965) described also aerial display which presumably refer to circling- or courtship-flight (Cramp & Perrins 1993).

Males sang usually in the vicinity (up to 100-150 m) of the nest hole. Mating took place also in the vicinity of the chosen nest-crevice (up to 30 m). Male moved along next to female, circled her, drooping or raising wings, wagging tail, and extending head forward. This behaviour pattern was accompanied with variety of calls. Male flew to female from some distance and copulation took only 2-4 seconds. After copulation male flew off while female shook and then started preening (see also Hauri 1978). By copulation both partners shivered in high frequency.

Antagonistic behaviour

Wallcreepers are known to be very antagonistic bird species (Löhrl 1976). Antagonism was shown at any chance encounters outside the breeding season. Birds were apparently more aggressive in late autumn when establishing winter territories than in spring when setting up breeding territories. Aerial chases were common not only between males but also between partners of a pair. Chance encounter of partners anywhere within territory led to harmlessly fluttering about each other and sometimes to wild chase and usually withdrawal of the male. Males were aggressive during the breeding season towards intruders. Tussles of the rivals took place almost exclusively in the air (Fig. 5). Outside the breeding season, meeting of two birds also led to chase. Birds fluttered and whirled each other. Similar observation were described by Löhrl (1976) and Hauri (1978).

Aggression towards conspecific bird or another species (e.g. *Phoenicurus ochruros*, *Prunella collaris*) wallcreepers expressed conspicuously when sitting on the rock face and when the intruder appeared in the vicinity of the nest. When wallcreepers threatened intruders of its own species or other birds they splayed the wings without the white spots on the primaries were visible and tail raised just above horizontal. At highest intensity, wallcreepers let down the wings lower and tail raised higher (see also Löhrl 1967, 1976).

Roosting

Wallcreepers roosted during the night in small-diameter horizontal or vertical crevices usually under overhangs. Day rest spent wallcreepers on rock-faces usually well concealed. Birds did not like being exposed while resting. Complete rest was preceded by bout of preening.

Comfort behaviour

All forms of comfort behaviour are well described by Löhrl (1967, 1976). Comfort behaviour took place only on a horizontal surface and often was preceded by bout of rest. In the pauses between sun-, sand-, and waterbathing birds cleaned their feathers. Sunbathing was often combined

with sandbathing. In a typical sunbath posture bird lay flat on the sand, and turned its back to the sun, opened its wings out sideways as they would go (Fig. 6).

While sandbathing bird lay with body and head on a sand covered stone slab and moved backwards and forwards on the base, making struggling movements sideways and propping itself up with the wings spread open. Wallcreepers waterbath under the fine splashing water (small waterfalls). Wallcreepers visited favourite places for sand-, sun-, and waterbathing regularly every day.

Characteristic types of flight and climbing

Flight

Wallcreepers showed great agility and manoeuvrability in the air. Large elliptical, butterfly-like wings enables Wallcreeper various aerial manoeuvres (Figs. 7, 8). Wallcreepers were rather agile in flight around rock faces and pinnacles and usually performed a fluttering, jerky flight.

„An investigative flight“ of the wallcreeper recalled butterfly and hoopoe (*Upupa epops*), having erratic, flitting, and skipping action, allowing quite rapid ascents and manoeuvres around rock faces. Wing-beats appeared exaggerated, with alternate splaying and closing of flight-feathers causing dramatic changes in size and bright flashing of wings.

„A calm flight“ of the wallcreeper along the rock face recalled nutcracker (*Nucifraga caryocatactes*) (Fig. 9). Wallcreepers re-entered the depths in „a gliding flight“. Wallcreepers performed characteristic downward „gliding flight“ like „falling leaf“ usually while flying down from heights with prey to nest-crevice (Fig. 10).

Wallcreepers were able to soar in the wind without much expenditure of energy. Bird faced into the wind and was blown upwards without moving with its wings during this manoeuvre. Bird was carried upwards by the wind with minimal energy consumption, wings outspread and with only insignificant wing beats.

Wallcreepers often showed extraordinary agility and manoeuvrability especially while being attacked by aerial predators (*Falco peregrinus*, *Falco subbuteo*, *Falco tinnunculus*, *Accipiter nisus*). Birds fluttered about wildly in all directions close to rock face, thus evading attack. Predators after unsuccessful attacks gave up chase (see also Hauri 1970, and Löhrl 1976). The disproportionately large elliptical wings enabled wallcreepers the undulating flight and various aerial acrobatics.

Wallcreepers showed extraordinary manoeuvrability especially in aerial tussles of rivals or when male and female flutter about each other by chance meeting in the vicinity of the nest.

Wallcreepers brokeed „a swooping dive“ with a typical „landing manoeuvre“. Extraordinary large elliptical wings enabled wallcreepers to curb swift „swooping flight“. Wallcreepers used „a swooping dive“, during which the wings are held close to the body, when flew from great heights. Adults carrying food to juveniles made either ponderous ascending or descending flight with many stops, fluttering up by moving from side to side or flew directly to nest-crevice in „a diving flight“ with almost folded wings.

Climbing

Climbing in the wallcreeper was completely different from bird species climbing on trees. Woodpeckers and treecreepers, which hop with the feet situated parallel, support by climbing on the tail. Nuthatch, which does not use its tail for support (similarly as wallcreeper), climbs usually aslant upward and puts its feet transverse one over the other.

Wallcreepers can climb on the rock face with the feet placed parallel. Birds used the wings as a support in climbing and maked small hopes with the feet alone. Gait was mainly a short, jerky hop varied by sidling, creeping, and walking on both vertical and horizontal surfaces.

Wallcreepers hitched upwards in small jumps using usually the wings (flicking) so that they give a push-off. Birds were able to hop up to 15-20 cm without using the wings. Wallcreepers helped themselves often by climbing with a short flight. Bird rested the centre of gravity directly against the rock wall shortly before hop (Fig. 11) and then flicked with the wings upwards, lightens its feet and makes the hop.

Wallcreepers suppressed not only climbing but also wing-flicking when potential aerial predator appeared. Birds freezed, with head and bill pointing upwards, in the face of a threat from an aerial predator (Fig. 12). Wallcreepers sometimes suspended climbing and wing-flicking to look around.

Bibliography

- BEZZEL, E.: *Einige Notizen über den Mauerläufer (Tichodroma muraria) in den Bayerischen Alpen*. In: *Anz. orn. Ges. Bayern*. 1967, vol. 8: p. 172 – 174.
- BEZZEL, E.: *Der Mauerläufer Tichodroma muraria im Werdenfelser Land, Oberbayern*. In: *Limicola*. 1993, vol. 7: p. 35 – 48.
- CLERC, M. G.: *Le Tichodrome échelette nicheur dans le massif du Jura français*. In: *Nos Oiseaux*. 1991, vol. 41: p. 237 – 246.
- CRAMP, S. & PERRINS, C. M.: *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa*. Voll. VII., 1993, 574 p. Oxford University Press.

- DORKA, V.: Beobachtungsnotizen zum Nestbau - und Lautverhalten eines Pyrenäen-Mauerläufers. In: Anz. orn. Ges. Bayern. 1976, vol. 15: p. 202 – 215.
- GÉROUDET, P.: *Le Tichodrome échelette (Tichodroma muraria) dans le Jura suisse: répartition des nicheurs.* In: Nos Oiseaux. 1994a, vol. 42: p. 379 – 410.
- GÉROUDET, P.: *Autour du Tichodrome et de ses nidifications jurassiennes: réflexions sur l'oiseau et es hommes.* In: Nos Oiseaux. 1994b, 42: p. 461 – 475.
- HAURI, R.: *Zur Lebensweise des Mauerläufers Tichodroma muraria im Winter.* In: Ornithol. Beob. Bern. 1970, vol. 67: p. 14 – 34.
- HAURI, R.: *Beiträge zur Brutbiologie des Mauerläufers Tichodroma muraria.* In: Ornithol. Beob. Bern. 1978, vol. 75: p. 173 – 192.
- HERNÁNDEZ, A., ALEGRE, J., VELASCO, T. & CASAS, V. M.: *Hábitat del Treparriscos Tichodroma muraria en la Península Ibérica e Islas Baleares.* In: Butll. GCA. 1993, vol. 10: p. 39 – 45.
- KOTTEK, E.: *Die Aufzucht junger Mauerläufer, Tichodroma muraria (L.) 1766.* In: Beitr. z. Vogelkde. 1965, vol. 11: p. 48 – 54.
- LÖHRL, H.: *Bewegungsweisen des Mauerläufers Tichodroma muraria im Hinblick auf die Anpassung an seinen Biotop.* In: J. Ornithol. 1967, vol. 108: p. 165 – 186.
- LÖHRL, H.: *Studies of less familiar birds. 158 Wallcreeper.* In: Brit. Birds. 1970, vol. 63: p. 163 – 168.
- LÖHRL, H.: *Tichodroma muraria (Sittidae), Sand- und Sonnenbaden.* In: Encyclopaedia Cinematographica. 1971, 135 p. Göttingen.
- LÖHRL, H.: *Brutverhalten und Jugendentwicklung beim Mauerläufer, Tichodroma muraria.* In: J. Ornithol. 1975, vol. 116: p. 229 – 262.
- LÖHRL, H.: *Der Mauerläufer.* A. Ziemsen Publishers Wittenberg-Lutherstadt. 1976, p. 123.
- MAIRE, M.: *Nidification du Tichodrome au Salève (Haute-Savoie).* In: Nos Oiseaux. 1987, vol. 39: p. 49 – 52.
- MÜLLER, A. K.: *Zur Biologie des Mauerläufers (Tichodroma muraria).* In: Anz. orn. Ges. Bayern. 1962, vol. 6(4): p. 359 – 361.
- MÜLLER, A. K.: *Weitere Beiträge zur Biologie des Mauerläufers (Tichodroma muraria).* In: Anz. orn. Ges. Bayern. 1965, vol. 7(3): p. 333 – 335.
- NOLL, H.: *Aus Leben und Forschung von E. H. Zollikofer.* In: Ber. St. Gallen naturw. Gesellschaft. 1956, vol. 75: p. 68 – 74.
- NOLL, H.: *Notizen von E. H. Zollikofer über das Freileben des Mauerläufers, Tichodroma muraria.* In: Ornithol. Beob. Bern. 1957, vol. 54: p. 45 – 50.
- SANIGA, M.: *Some knowledge on the Wallcreeper (Tichodroma muraria L.) in the Malá and Veľká Fatra mountains.* Tichodroma. 1993, vol. 5: p. 143 – 153 (in Slovak, with a summary in English).

SANIGA, M.: *Recent knowledge of the breeding biology of Wallcreeper (Tichodroma muraria) in the Malá and Veľká Fatra mts., Slovakia*. In: *Sylvia*. 1995, vol. 31: p. 26 – 37.

SANIGA, M.: *An ecological and ethological study of Wallcreeper (Tichodroma muraria) in the Slovak Carpathians*. In: *Folia Zoologica, Monographs* 2. 1999. 54 p. ISSN 0139-7839

Texts to figures



Fig. 1. Characteristic wing-flicking in wallcreeper (*Tichodroma muraria*) was slow movement performed constantly when climbing, feeding or resting briefly (male) (Miroslav Saniga).



Fig. 2. During wing-flicking, primaries were moved outwards briefly, displaying the white spots as well the red coverts (male) (*Miroslav Saniga*).



Fig. 3. Wallcreepers (*Tichodroma muraria*) ceased wing-flicking immediately they remarked aerial predator and froze remaining motionless and silent for several minutes (male) (*Miroslav Saniga*).



Fig. 4. Wallcreeper (*Tichodroma muraria*) males often advertised potential nest-hole to the females in characteristic head-up posture, drawing attention to his black throat and upper breast (Miroslav Saniga).

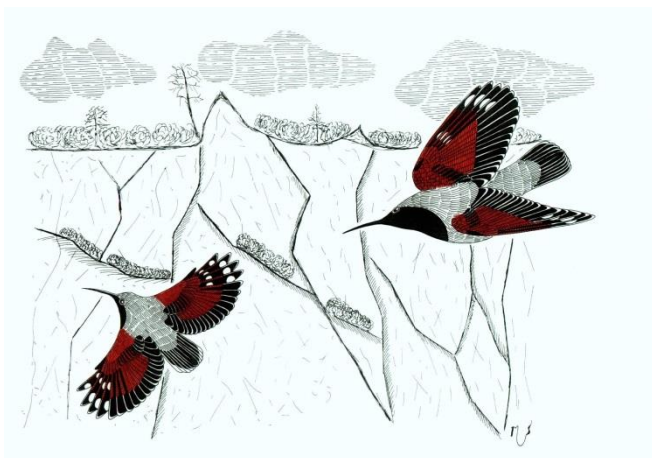


Fig. 5. Wallcreeper (*Tichodroma muraria*) males were aggressive during the breeding season against intruders. Tussles of the rivals took place almost exclusively in the air (Miroslav Saniga).

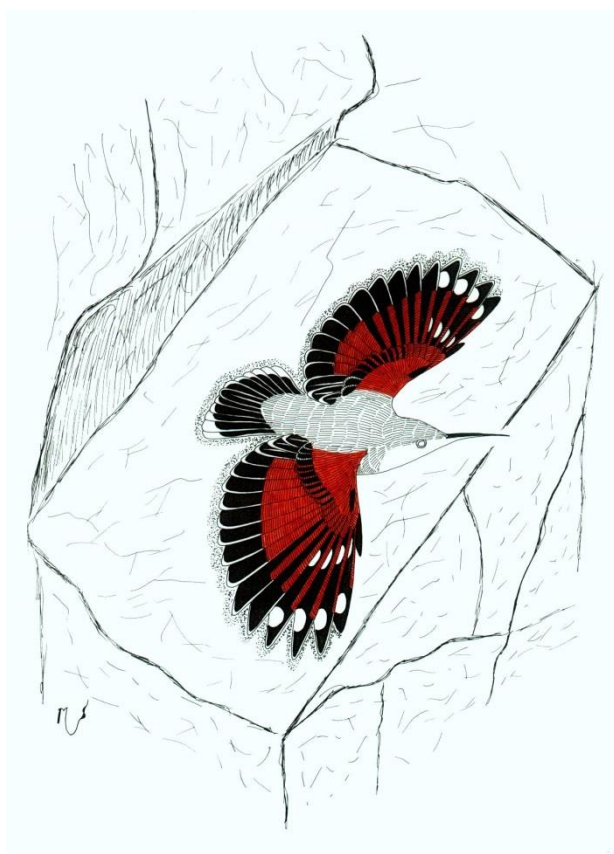


Fig. 6. Wallcreeper (*Tichodroma muraria*) female by sunbathing. Bird usually lay flat on the rock, turned his back to the sun, opening his wings out sideways as far as they would go (*Miroslav Saniga*).



Fig. 7. Wallcreeper (*Tichodroma muraria*) in „a calm flight“ from above. Conspicuous are large, elliptical, butterfly-like wings (*Miroslav Saniga*).



Fig. 8. Wallcreeper (*Tichodroma muraria*) male in „a calm flight“ from below (Miroslav Saniga).



Fig. 9. „A calm flight“ of the wallcreeper (*Tichodroma muraria*) male along the rock face (Miroslav Saniga).



Fig. 10. Conspicuous „gliding flight“ of the wallcreeper (*Tichodroma muraria*) female like „falling leaf“ (Miroslav Saniga).



Fig. 11. Wallcreeper (*Tichodroma muraria*) male by vertical climbing shortly before the hop (Miroslav Saniga).



Fig. 12. Wallcreepers (*Tichodroma muraria*) ceased both climbing and wing-flicking the moment they remarked potential aerial predator (male) (Miroslav Saniga).

Ascorbic Acid – Vitamin C

Ascorbinsäure – Vitamin C

Kyselina askorbová – Vitamín C

Dana Blahútová, Alžbeta Kviatková, Mária Balážová

Abstract

Vitamin C – L-ascorbic acid is one of the basic antioxidants. Because of its diverse functions, this acid is indispensable to the organism. It is a key factor in regenerating and maintaining health. While the most of the organisms are able to synthesize L-ascorbic acid, the human being lacks the major enzyme L-gulonolactone oxidase, the crucial enzyme for synthesis of L-ascorbic acid. The body can store vitamin C only in a very small amounts, so it must be supplemented to our body several times a day.

Keywords: Ascorbic acid. Daily rations. Skorbut. Vitamin C.

Úvod

Ľudstvo už od nepamätí pozná účinky vitamínu C. Vitamín C bol pre ľudí veľkou neznámou. Na jeho nedostatok doplatilo veľa námorníkov, ktorí trpeli smrteľnou chorobou skorbut, ktorej príčinu nepoznali. Prvé správy o tejto chorobe pochádzajú od antických lekárov, napr. Hippokrata, Plinia, Marcella. Toto ochorenie bolo najväčšou pohromou námorníkov v 15. – 16. storočí. Aj keď skorbut je známy ako ochorenie námorníkov v čase hladomoru, trpeli na toto ochorenie aj obyvatelia miest, v dôsledku čoho vznikla epidémia (Cass, English, 2002).

Prvé náznaky liečby tejto zákernej choroby vyslovil Jaques Cartier, ktorý sa zúčastnil expedície do Newfoundlandu (1535 – 1536), kde posádka na jeho lodi takmer podľahla skorbutu. Záchrana prišla od domorodého indiána, ktorý ich liečil vývarmi z kôry stromov a ihličia bieleho cédra. Keď sa Cartier vrátil zo svojej výpravy, predložil tento objav lekárskej komore, ktorá ho však vysmiala a tento návrh na liečbu smrteľnej choroby zavrhol (Bown et al., 2003).

Ďalším bádateľom v oblasti liečby skorbutu bol lodný lekár anglického námorníctva James Lind (1747), pochádzajúci zo Škótska. Jeho poznatky obsahovali dôkazy o tom, že u námorníkov, ktorí mali vo svojej strave zaradené citrusové plodiny, sa neobjavovali príznaky smrteľnej choroby. V roku 1753 Lind vydal knihu určenú pre námorníkov, v ktorej popisuje

jednoduché kroky, ako sa tejto chorobe vyhnúť. Touto knihou sa inšpiroval aj kapitán James Cook (1728 – 1779), ktorý úspešne ochránil svoju posádku, aj vďaka tomuto zisteniu kráľovské námorníctvo zaviedlo povinnú dávku 30 ml šťavy z citrónu pre každého námorníka denne. Táto povinná dávka citrónovej šťavy zvýšila obranyschopnosť námorníkov (Kiple, Ornelas, 2000).

V roku 1912 – 1913 bola vydaná teória, v ktorej poľský biochemik Casimir Funk publikoval, že skorbut, beri – beri, xeroftalmia sú ochorenia, ktoré vznikajú nedostatkom významného faktora (Bown et al., 2003).

Až v roku 1925 sa o výskum intenzívne zaujímal maďarský biochemik Albert Szent-Györgyi, ktorý ho v roku 1928 prvýkrát chemicky izoloval, vtedy ešte pod názvom kyselina hexuronová. V roku 1932 Charles Glen King z Pittsburghskej univerzity dokázal, že ide o rovnakú chemickú látku, ktorá sa nachádza v ovoci a zabraňuje skorbutu (nezávisle na ňom a približne v rovnakej dobe k tomuto objavu dospel i Albert Szent-Györgyi). V roku 1933 zmenili Szent-Györgyi a Haworth pôvodný názov kyseliny hexuronovej na kyselinu askorbovú (po označení antiskorbutického účinku tejto kyseliny). Sir Walter Norman Haworth dokázal vyrobiť vitamín C syntetickou cestou a vypracoval jeho presnú chemickú štruktúru (Hanus, 2003; Hickey, Saul, 2008).

Všeobecná charakteristika vitamínov

Výraz vitamín pochádza približne z roku 1930. Predstavuje spojenie výrazu víta – život a amin – odborné chemické označenie veľkej skupiny látok biologického pôvodu, obsahujúceho aminoskupinu ($-NH_2$). Vitamíny sú organické nízko molekulárne zlúčeniny, ktoré sú syntetizované autotrofnými organizmami. Heterotrofné organizmy ich syntetizujú len v obmedzenej miere a získavajú ich ako exogénne látky predovšetkým potravou. Môžeme ich označiť ako exogénne esenciálne katalyzátory heterotrofných organizmov. V živých objektoch plnia významnú úlohu prekursorov kofaktorov rôznych enzýmov (vitamíny skupiny B), iné sa uplatňujú v redoxných systémoch (vitamín C a E). V ľudskom tele majú vitamíny funkciu katalyzátorov biochemických reakcií. Podieľajú sa na metabolizme bielkovín, tukov a cukrov (Hoza, Kramářová, 2006).

Niektoré látky, ktoré samé nevykazujú fyziologické účinky, môžu slúžiť ako prekursor vitamínov. Takéto látky nazývame provitamíny, ktoré sa v živočíšnom tele pomocou enzýmov menia na vitamíny. Vitamíny sú látky s rôznou chemickou štruktúrou. Pre ich označenie sa používajú triviálne názvy alebo veľké písmená abecedy, pri vitamínoch s podobnými fyziologickými účinkami sa používajú pri písmene číselné indexy (Velíšek, 1999).

Primárne sa vyskytujú v rastlinných tkanivách na rozdiel od živočíšnych tkanív, do ktorých sa dostávajú konzumáciou rastlinnej potravy alebo vďaka mikroorganizmom, ktoré sa nachádzajú v organizme.

Vitamíny môžeme rozdeliť:

Podľa rozpustnosti na:

- Lipofilné rozpustné v tukoch (nepolárnych rozpúšťadlách) sú chemické zlúčeniny, ktoré majú vo svojej chemickej štruktúre dlhý bočný uhlíkovodíkový reťazec, čím sa stávajú hydrofóbne. Podľa dĺžky uhlíkovodíkového reťazca sa zosilňuje alebo zoslabuje tento hydrofóbny charakter, to znamená, čím dlhší reťazec, tým lepšia rozpustnosť v tuku. Do tejto skupiny vitamínov patria vitamín A (retinol), vitamíny D (kalciferoly), vitamíny E (tokoferoly a tokotrienoly), vitamíny K (fylochinony a farnochinony) a vitamín F (esenciálne mastné kyseliny). Lipofilné vitamíny vykazujú rôzne funkcie. Ak je v organizme zhoršené trávenie tukov, nastáva slabšie vstrebávanie lipofilných vitamínov.
- Hydrofilné rozpustné vo vode (polárne rozpúšťadlo) sú nízkomolekulárne chemické zlúčeniny, a teda sú ľahko rozpustné vo vode. Do tejto skupiny vitamínov patria všetky vitamíny skupiny B (B₁-tiamín, B₂-riboflavín, B₃-niacín, B₅-kyseliny pantoténové, B₆-pyridoxín, B₉-kyselina listová, B₁₂-kobalamín), kyselina lipoová, H-biotín a vitamín C. Kým vitamíny rozpustné v tukoch sa ukladajú v organizme do zásoby, vitamíny rozpustné vo vode sú pri nadbytku vylučované z tela von močom. Pri nadmernom množstve vitamínov môže nastať hypervitaminóza (McDowell, Russell, 2000).

Vitamíny je možné rozdeliť aj podľa ich funkcie na:

Koenzymy:

- Vitamíny B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, biotín, kyselina listová, kyselina nikotínová, kyselina pantoténová, vitamíny A, E, K.
Koenzymy je možné ďalej rozdeliť podľa reakcií, ktorých sa zúčastňujú ako súčasť enzymatických reakcií. Ide o koenzýmy pôsobiace na:
 - prenos jednouhlíkových jednotiek – vitamín B₁₂ a kyselina listová,
 - prenos karboxylovej skupiny – vitamín K a biotín,
 - prenos karboxylovej a aminoskupiny – vitamín B₆,
 - dekarboxylačné reakcie – vitamín B₁,
 - energetický metabolizmus – vitamín B₂ a niacín,
 - kyselina pantoténová – súčasť koenzýmu A – biosyntetické a katabolické reakcie.

Antioxidačné látky:

- vitamín C,
- vitamín E.

Hormonálne aktívne látky:

- vitamín D,
- vitamín A (Sobotka 2003).

Vitamíny sú zastúpené v bežnej potrave, a preto sa len zriedka vyskytuje ich nedostatok v organizme. V bežnom živote je ich nedostatok výnimočný, a tak isto aj ich nadbytok, pretože telo sa ich zbavuje prirodzene močom (Finaud, Lac, 2006).

Existujú látky, ktoré inhibujú vitamíny alebo bránia plnému využitiu vitamínov. Tieto látky – antivitamíny určitým spôsobom eliminujú funkciu daného vitamínu, čo môže viesť až k prejavom deficiencie. Nedostatok niektorého vitamínu sa označuje ako hypovitaminóza, ktorá sa na živých objektoch prejavuje chorobnými príznakmi. Ťažšia forma nedostatku vitamínu sa označuje ako avitaminóza, dlhotrvajúca avitaminóza môže viesť až k smrti organizmu. Naopak, nadbytok niektorých vitamínov sa označuje ako hyper-vitaminóza. Jedná sa hlavne o zvýšené dávky vitamínov A a D (Wirth, 2006).

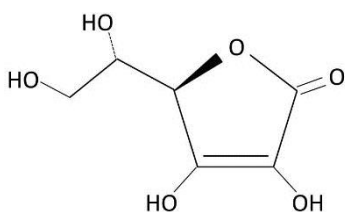
Všeobecná charakteristika vitamínu C

Vitamín C patrí medzi základné antioxidanty, zúčastňuje sa rôznych metabolických procesoch. Ľudia, primáty, morčatá a netopiere stratili schopnosť syntetizovať vitamín C. Príčinou bola mutácia v genetickom kóde L-gulonolaktónoxidázy enzýmu, ktorý je potrebný pre biosyntézu vitamínu C. Preto človek, primáty, morčatá, niektoré netopiere, vtáky, ryby nedokážu syntetizovať vitamín C. Rastliny a takmer všetky zvieratá (okrem primátov, morčiat a netopierov živiacich sa ovocím) v tomto ohľade človeka prekonávajú.

Vitamín C je nevyhnutný pri syntéze kolagénu, karnitínu, dopamínu, stereoidných hormónov v nadobličkách, zúčastňuje sa metabolizmu železa, medi a žľčových kyselín, metabolizmu kyseliny listovej a niektorých aminokyselín. Má dôležitú úlohu v imunitnom systéme, stimuluje leukocyty k zvýšenej degradácii baktérií a vylučovaniu protilátok, zvyšuje odolnosť proti chladu (Ursellová, 2008; Buchánek et al., 2005).

Chemické zloženie vitamínu C

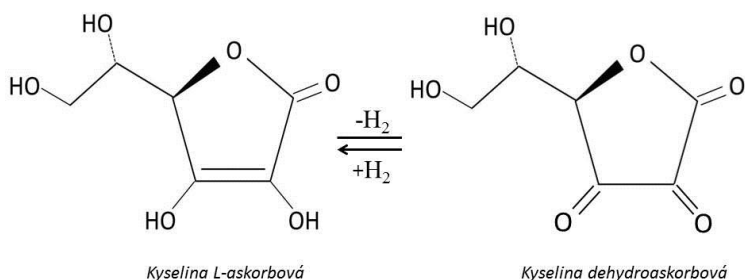
Patrí medzi deriváty sacharidov, funkčne ku kyselinám (kyselina askorbová) a fyziologicky k vitamínom. Chemický názov kyseliny askorbovej je γ -laktón 2-oxo-L-gulonová kyselina, čiže 2-oxo-L-threo-hexono-1,4-laktón-2,3-enediol, má molekulovú hmotnosť $176,13 \text{ g.mol}^{-1}$, sumárny chemický vzorec $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ a štruktúrny vzorec kyseliny L-askorbovej je:



Obr. 1: Chemický vzorec vitamínu C

Kyselina askorbová je kryštalická látka kyslej chuti, b.t. 192°C. Vo vodných roztokoch sa správa ako silná kyselina, pričom stabilita tejto kyseliny je najvyššia pri pH 4 – 6. Je nerozpustná v organických rozpúšťadlách. Kyslosť a silné redukčné vlastnosti sú spôsobené charakteristickým usporiadaním hydroxylových skupín (-OH) na 2 a 3 uhlíku (obr.1) (Fennema, 1996; Zachar, 2004; Naidu, 2003).

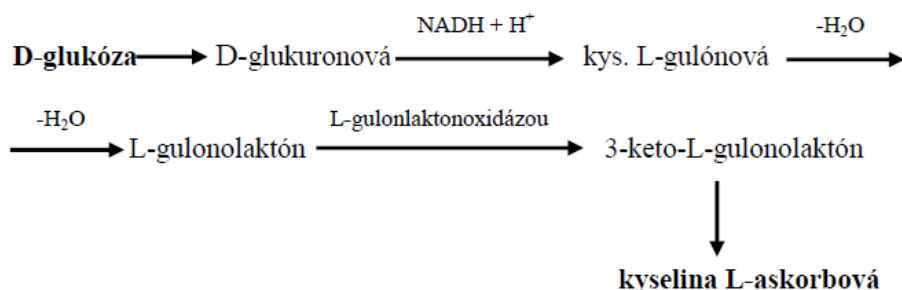
Vytvára stereoizoméry. Je pravotočivá, z ktorých iba kyselina L-askorbová je biologicky aktívna (Tuhársky, 2014). Kyselina askorbová pôsobí ako redukovadlo v redoxnom systéme (obr. 2), pričom oxidovaná forma kyselina dehydroaskorbová môže slúžiť ako zdroj vitamínu. Je redukčným činidlom s redox-potenciálom +0,08 V, ktorý jej umožňuje redukovať substráty ako molekulový kyslík, nitráty (Murray et al., 2002; Velíšek, 1999).



Obr. 2: Redoxný systém

Jej polčas rozpadu nastáva pri 37 °C a trvá približne 6 – 20 minút. Porušením kruhovej štruktúry kyseliny L-askorbovej zaniká aktivita vitamínu C. Kyselina L-askorbová je dobre rozpustná v každom vodnom prostredí, či už v kyslom, zásaditom alebo neutrálnom a v prítomnosti kovov sa ľahko oxiduje za vzniku kyseliny L-dehydroaskorbovej. V metabolizme vitamínu C sa uplatňuje rada oxidoreduktáz, ide hlavne o askorbát oxidáz, monodehydroaskorbát reduktázu, askorbát peroxidázu a ďalšie (Roginski, 2003).

Biosyntéza kyseliny L-askorbovej (obr. 3) vychádza z D-glukózy a postupuje cez kyselinu D-glukuronovú, ktorá sa redukuje na kyselinu L-gulonovú. Táto kyselina dehydratáciou vytvára L-gulonolaktón, ktorý je potom oxidovaný L-gulonlaktón oxidázou na 3-keto-L-gulonolaktón, ktorý sa enolizuje na kyselinu L-askorbovú (Murray et al., 2002; Škarka, Ferenčík, 1987).



Obr. 3: Vznik kyseliny L-askorbovej

Výskyt vitamínu C

Vitamín C sa vyskytuje najčastejšie vo forme kyseliny askorbovej hlavne v ovocí a zelenine. Hlavnými zdrojmi vitamínu C sú citrusové plody, čierne ríbezle, kiwi, šípky, paprika, jahody, rajčiny, brokolica, zemiaky, kapusta. Množstvo vitamínu C (tab. 1) sa mení v závislosti na odrode, klimatických podmienkach, skladovaní a spôsobe spracovania surovín (Mandžuková, 2005).

Jedným najzákladnejším druhom zeleniny v našej strave, ktorý obsahuje vysoké množstvo vitamínu C, sú zemiaky. Hoci sa vo vyváženej strave vyskytuje zelenina aj ovocie, ich obsah vitamínu C nie je dostačujúci pre základný príjem tejto látky za jeden deň. (Tuharský, 2014).

Tab. 1: Obsah vitamínu C v ovocí a zelenine (Asard et al., 2004).

Druhy ovocia a zeleniny	Obsah vitamínu C (mg/100g)
Čierne ríbezle	180
Karfiol	70
Kapusta	55
Zemiaky	28
Mrkva	8
Hrach	25
Jablká	10
Pomaranč	55
Paprika	84 – 120
Paradajky	19 – 38
Citróny	30 – 50
Šípky	600 – 1000

Vitamín C patrí k nestabilným vitamínom, jeho najväčšie straty sú pri vystavovaní potravín kyslíku, vtedy nastáva katalyzovaná degradácia. Tieto straty môžu byť v rozmedzí 20 až 80 %. K najvyšším stratám vitamínu C v ovocí a zelenine dochádza najmä varením, konzervovaním či umývaním, z toho dôvodu, že vitamín C je rozpustný vo vode. Tieto straty závisia od teploty a množstva vody, od prítomnosti kyslíka a pH prostredia. K stratám môže tiež dochádzať pri kvasení zeleniny alebo pri lúpaní kôrky z plodov. Aj tieto straty je možné znížiť hlavne:

- obmedzením pôsobenia vzduchu na potraviny,
- obmedzením kontaktu potravín so železitými a meďnatými iónmi,
- obmedzením priaznivých podmienok pre vzniknutie kovových iónov (Velišek, 1999).

Odporúčané denné dávky vitamínu C

Odporúčaná dávka vitamínu C je definovaná minimálnou dávkou, ktorá je prevenciou proti skorbutu. Príjem 10 mg vitamínu C nie je pre náš organizmus dostačujúci a pri takomto množstve sa môžu začať prejavovať príznaky z jeho nedostatku. Vitamín C by mal byť vo zvýšenej miere dopĺňaný pri rôznych druhoch ochorení, pri strese, infekcii, úraze, ale tiež pri fajčení. (Aghová et al., 1993).

V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené odporúčané dávky vitamínu C v závislosti od pohlavia, veku, zamestnanosti, fyzickej záťaži a iných faktorov.

Tab. 2: Odporúčaný denný príjem vitamínu C pre jednotlivé skupiny detí (Kajaba et al., 1999)

Výživový faktor	Dojčatá (mesiace)		Deti predškolského veku (roky)		Deti školského veku		
					7 – 10 r.	11 – 14 r.	
	0 – 6	7 – 12	1 – 3	4 – 6		chlapci	dievčatá
Vitamín C (mg)	50	50	55	60	65	80	90

Tab. 3: Odporúčaný denný príjem vitamínu C pre dospievajúcu mládež (Kajaba et al., 1999)

Výživový faktor	Dospievajúci chlapci 15 r. – 18 r.		Dospievajúce dievčatá 15 r. – 18 r.	
	študujúci	fyzická záťaž	študujúce	fyzická záťaž
Vitamín C (mg)	100	110	90	100

Tab. 4: Odporúčané denné dávky vitamínu C pre ženy na materskej dovolenke a pre nepracujúce ženy (Kajaba et al., 1999)

Výživový faktor	Ženy		Nepracujúce	
	Tehotné	Dojčiace	55 r. – 74 r.	75 r. a viac
Vitamín C (mg)	120	130	75	75

Tab. 5: Odporúčané denné dávky vitamínu C pre pracujúce ženy. (Kajaba et al., 1999)

Výživový faktor	Pracujúce ženy 19 r. – 34 r.			Pracujúce ženy 35 r. – 54 r.		
	ľahká práca	stredná práca	ťažká práca	ľahká práca	stredná práca	ťažká práca
Vitamín C (mg)	75	80	90	75	80	90

Tab. 6: Odporúčané denné dávky pre pracujúcich mužov (Kajaba et al., 1999).

Výživový faktor	Pracujúci muži 19 r. – 34 r.			Pracujúci muži 35 r. – 39 r.			Nepracujúci	
	ľahká práca	stredná práca	ťažká práca	ľahká práca	stredná práca	ťažká práca	60 – 74 r.	75 a viac
Vitamín C (mg)	80	85	90	80	85	90	75	75

Tab. 7: Odporúčané dávky vitamínu C v krajinách (Buchánek et al., 2005)

Vitamín C (mg/deň)				
	USA	Kanada	Nemecko	Slovensko
0 – 3 r.	30 – 40	20	40 – 55	50 – 55
4 – 6 r.	45	25	60	60
7 – 10 r.	45	25	65	65
> 10 r. mužská populácia	50 – 60	25 – 40	70 – 75	70 – 100
> 10 r. ženská populácia	50 – 60	25 – 30	70 – 75	70 – 100
Gravidné ženy	70	30 – 40	100	95
Kojace ženy	90 – 95	55	125	120 – 150
Fajčiari	100	45 – 60		

Vitamín C podlieha rýchlej metabolizácii, a preto sa v organizme nedokáže dlho udržať. Z tohto dôvodu musíme vitamín C do organizmu neustále dopĺňať, a to v strave bohatej na vitamín C, hoci v priemernej

vyváženej strave ho stále nie je dostatočné množstvo. V dospelosti denná potreba vitamínu C (tab. 7) sa zvyčajne uvádza v rozmedzí 70 – 100 mg, pričom pri fyzickej záťaži sa denná dávka zvyšuje o 10 mg. Pri fajčení (aj pasívnom) sa denná dávka zvyšuje až o 60 – 100 %, aby fajčiar mal v krvi rovnakú koncentráciu vitamínu C ako nefajčiar, ktorého denná potreba je 60 mg, musel by byť jeho denný príjem okolo 200 – 250 mg vitamínu C. Ako už bolo spomínané, pre každú skupinu ľudí sú dané určité dávky denného príjmu vitamínu C (tab. 2 – 7), ak táto dávka klesne čo i len o 50 mg, nastáva riziko nedostatku vitamínu (Buchanec et al., 2005; Englerová, 2014).

Prejavy nedostatku vitamínu C

Nedostatok vitamínu C sa môže objavovať aj u ľudí, ktorí sú presvedčení, že ich strava je pestrá a dostačujúca. Hypovitaminóza sa prejavuje najmä u tehotných žien a u matiek dva mesiace po pôrode. Približne 6 % ľudí, ktorý sa javia ako zdraví, trpia nedostatkom vitamínu C (Buchanec et al., 2005).

Nielen u dospelých, ale aj u detí môžeme pozorovať prejavy nedostatku vitamínu C. Hypovitaminóza sa u detí mladšieho veku prejavuje zlým alebo spomaleným vývojom kostí, a tiež môže nastať spomalený rast u postihnutých detí. Deti s nedostatkom tohto vitamínu sú často nekludné, hyperaktívne, chudokrvné, taktiež sa môže objaviť zlá pružnosť ciev, či krvácanie slizníc alebo pokožky. Hypovitaminóza u detí je len veľmi ťažko pozorovateľná (Naidu, 2003).

Aj v dnešnej dobe sa stretávame so skorbutom, a to najmä u starších ľudí, pretože ich strava je veľmi jednoduchá a málo pestrá. Taktiež ľudia žijúci na ulici, bez domova, môžu trpieť nedostatkom vitamínu C (Žambroch, 1996).

Ľudia trpia v súčasnosti klinickým skorbutom, ktorý sa dá vyliečiť, ale zároveň je rozšírený aj chronický skorbut, ktorého liečba nie je taká jednoduchá. Chronický skorbut nie je možné vyliečiť bežným dopĺňaním stravy bohatej na vitamín C, ale je potreba zvyšovať vitamín C inými dostupnými výživovými doplnkami stravy. Hypovitaminóza sa môže prejavovať pri ťažkej fyzickej práci, pri strese, chlade, dochádza k narušeniu a oslabeniu imunity, srdcovo-cievnyim ochoreniam a iným patologickým ochoreniam (Tuharský, 2014).

Tento nedostatok vitamínu C poškodzuje tkanivá v organizme a imunitu, a tiež spomaľuje regeneráciu buniek a regulačné procesy (Buchanec et al., 2005).

Avitaminóza sa u človeka prejavuje v jarnom období a je sprevádzaná nechutenstvom, infekciami, únavou, sťahovacími bolesťami v lýtkach a negatívnou náladou. Z prejavov na tele sa avitaminóza dá zistiť začervenaním, poruchou ústnej mikroflóry, krvácaním z ďasien alebo zápachom z úst, v tele sa znižuje hladina vitamínu C v leukocytoch a sére (Melicherčíková, 2006).

Prejavy nadbytku vitamínu C

Vitamín C sa zaraďuje k liečivám s veľmi nízkou alebo zriedkavou toxicitou. Keďže sa jeho zvýšené množstvo v tele automaticky vylučuje z tela von močom, nedochádza často k hypervitaminóze, preto sa považuje za bezpečné liečivo. Prekročenie dennej odporúčanej dávky u zdravého človeka nemá žiadne následky. Celková tolerancia organizmu je veľmi vysoká, nie je známy žiadny prípad toxického predávkovania. Jediným známym prejavom nadbytku je jednorazová mierna hnačka bez akýchkoľvek následkov (Cass, English, 2002).

Avšak ani na zvýšené dávky vitamínu C nie sú jednotné názory, zatiaľ čo jedni autori uvádzajú, že zvýšený príjem vitamínu C je neškodný, iní autori majú odlišný názor. Zvýšená hladina vitamínu C môže tiež skresliť výsledky testov na diagnostikovanie rakoviny hrubého čreva. Ak sa v stolici nachádza krv, vitamín C ju dokáže zamaskovať a testy sú negatívne (Ursellová, 2004).

Kyselina askorbová môže stimulovať hladinu kreatinínu a glukózy a inhibovať množstvo kyseliny močovej. Predávkovanie vitamínom C je veľmi vzácné a taktiež sa môže prejavovať poklesom hladiny vitamínu B₁₂, až anémiou (Štípek et al., 2000).

Melicherčíková (2006) uvádza, že zvýšené dávky vitamínu C by mali užívať tehotné ženy, športovci a ľudia, ktorí majú zvýšené nároky na obranoschopnosť organizmu. Dostupné výskumy ukazujú, že pri dosiahnutí a udržaní optimálnej vysokej hladiny v krvi a/alebo tkanivách nastáva rapidne vyliečenie mnohých, najmä infekčných a toxických ochorení. Má silné virucídne, baktericídne, protibolestivé a protitoxické účinky.

Záver

Problematika zdravého stravovania a zdravej výživy je vždy aktuálna. K zdravej a vyváženej strave bezpochyby patria aj vitamíny. Vitamín C je základným výživovým doplnkom, ktorý chráni život a pomáha predchádzať chorobám. Človek a niektoré živočíchy si nevedia syntetizovať vitamín C, a preto ho musia prijímať vo forme potravy. S otázkou vitamínov, ich nadbytku, či nedostatku sa dostávame do kontaktu každý deň. Prvým signálom, ktorý nás varuje pred nevyváženosťou vitamínov je náš organizmus. Preto by sme nemali zanedbávať jeho signály, ktoré nám pomôžu predchádzať hypovitaminóze až avitaminóze.

Bibliografia

- AGHOVÁ, Ľ. a kol.: *Hygiena*. Banská Bystrica: Osveta, 1993, 267 s. ISBN 80-217-0515-9.
- ASARD, H., MAY, J. M., SMIRNOFF, N.: *Vitamin C, Functions and biochemistry in animals and plants*. New York: Garland Science/BIOS Scientific Publishers, 2004, 285 s. ISBN 1-85996-293-9.

- BOWN, S. R. 2003. *Scurvy: How a Surgeon, a Mariner, and a Gentleman Solved the Greatest Medical Mystery of the Age of Sail*. New York: St. Martin's Press, 2003. 229 s. ISBN 0-312-31391-8.
- BUCHANEC, J., MIKLER, J., ĎURDÍK, P.: *Vitamín C – Čo o ňom (ne)vieme*. In: *Klin Farmakol Farm*. 2005, č. 19, s. 53 – 56. ISSN 1212-7973. [online]. [2018]. [Citované 2018-01-07]. Dostupné na: <<http://www.klinickafarmakologie.cz/pdfs/far/2005/01/11.pdf>>
- CASS, H., ENGLISH, J.: *Basic health publications user's guide to vitamin C*. United States of America: Basic health publications, 2002, 90 s. ISBN 1-59120-021-0.
- ENGLEROVÁ, A.: *O skúsenostiach s infúznou terapiou vitamínom C*. In: *Lekárneň a liek*. 2014. roč. 8, č. 1, s. 21 – 22. ISSN 1337-0065.
- FENNEMA, O. R.: *Food chemistry*. 3. vyd. New York: Marcel Dekker, 1996, 1069 s. ISBN 0-8247-9691-8.
- FINAUD, J., LAC, G.: *Oxidative stress – relationship with exercise and training*. In: *Sports medicine*, 2006, roč. 36, s. 328 – 358. ISSN 0112-1642.
- HANUS, J.: *Albert Szent-Gyorgyi and his life*. In: *Journal of molecular structure Theochem*, 2003, roč. 666, s. 691 – 786. ISSN 0166-1280.
- HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D.: *Potravinářská biochemie II*, Zlín: FT UTB, 2006, ISBN 80-7318-395-1.
- HICKEY, S., SAUL, W. A.: *Vitamin C The Real Story*. Laguna beach: Basic health publications, 2008, 175 s. ISBN 978-1-59120-223-3.
- KAJABA, I., ŠIMONČIČ, R., GINTER, E.: *Odporúčané výživové dávky pre obyvateľstvo Slovenska (8. revízia OVD)*. In: *Výživa a zdravie*, 1999, roč. 44, č. 2, s. 25 – 29.
- KIPLE, K., F., ORNELAS, K., C.: *The Nutrients – Deficiencies, Surfeits, and Food-Related Disorders*. Part 1. United Kingdom: Cambridge University Press, 2000, 1119 s. ISBN 9780521402149.
- MANDŽUKOVÁ, J.: *Léčivá síla vitamínů, minerálů a dalších látek: praktický domácí rádce*. 1. vyd. Benešov: Start, 2005, 267 s. ISBN 80-86231-36-4.
- MCDOWELL, RUSSELL, L.: *Vitamins in Animal and Human Nutrition*, 2nd Edition. Wiley-Blackwell. 2000, 793 s. ISBN: 978-0-8138-2630-1.
- MELICHERČIKOVÁ, D.: *Výživa, prostredie a zdravie*. Banská Bystrica: Pedagogická fakulta UMB, 2006, 141 s. ISBN 80-8083-307-9.
- MURRAY, R. K.: *Harperova biochemie*. 23. vyd., 4. české vyd. Jinočany: H & H, 2002, 872 s. ISBN 80-7319-013-3.
- NAIDU, K. A.: *Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview*. In: *Nutr J*. [online], 2003, vol. 2, pp. 7 [cit. 2018-01-12].
- ROGINSKI, H., FUQUAY, J., FOX, P.: *Encyklopedia of Dairy Science*. Londýn: Academic Press, 2003, 702 s. ISBN 0-12-227239.
- ŠKÁRKA, B., FERENČÍK, M.: *Biochémiá*. 2. vyd., Bratislava: Alfa, 1987, 741 s.
- SOBOTKA, L.: *Vitamíny*. In: *Interní medicína pro praxi* [online]. [2003]. [cit. 2018-01-12]. Dostupné na: <<https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2003/02/04.pdf>>

- ŠTÍPEK, S. a kol.: *Antioxidanty a voľné radikály ve zdraví a v nemoci*. Praha: Grada Publishing, 2000, 314 s. ISBN 80-7169-704-4.
- TUHARSKÝ, P.: *Vitamín C a megaskorbická liečba – zabudnutý poklad*. B.m.: Jupiter, 2014, 473 s. ISBN 978-80-8046-662-6.
- URSELLOVÁ, A.: *Príručka vitamínov a minerálnych látok*. Bratislava: Noxi. 2004, 128 s. ISBN 80-89179-01-0.
- VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin II*. 2. vyd. Tábor: OSSIS. 1999, 328 s. ISBN 80-902391-4.
- VODRÁŽKA, Z. 1996. *Biochémia: Živý systém jako chemický stroj*. Praha: Academia, nakladatelství ČSAV, 1996, 191 s. ISBN 80-200-0600-1.
- WIRTH, R.: *Vitamins and trace elements in nutritio*. In: *Medizinische klinik*, 2006, roč. 101, s.163 – 166. ISSN 0723-5003.
- ZACHAR, D.: *Humánná výživa II. Živiny*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004, 217 s. ISBN 80-228-1293-5.
- ŽAMBOCH, J.: *Vitamíny*. Praha: Grada Publishing, 1996, 77 s. ISBN 80-7169-322-7.

Health Problems Associated with Childhood Obesity

Gesundheitliche Komplikationen von Fettleibigkeit bei Kindern

Zdravotné komplikácie spojené s detskou obezitou

Marek Krška

Abstract

Childhood obesity is a disease where the affected have to fight not only with being overweight but also with the health issues connected to it. These affect all organ systems and significantly decrease the quality of life for these children. The aim of this article is to put together a basic classification of these issues by organ systems and point out the most common and most serious issues. Neglecting these issues leads to chronic health problems that can last for a lifetime. That's why it is necessary to eliminate this disease during childhood, since it forms the basis of a healthy adulthood.

Keywords: Childhood. Obesity. Health problems.

Úvod

Zdravotné komplikácie, ktoré sprevádzajú detskú obezitu aj nadváhu, sú napriek svojej závažnosti často podceňované. S nárastom hmotnosti sa však neustále prehlbujú a stávajú problematickými. Mnohí ich však berú na ľahkú váhu, nakoľko spočiatku sa prejavujú len nevýrazne a rozvíjajú sa postupne. S časom však prerastajú do vážnych poškodení organizmu, ktoré sú mnohokrát nezvratné a pretrvávajú aj po redukcii váhy. S nárastom hmotnosti tieto riziká stúpajú a z detstva sa prenášajú do dospelosti. Život takéhoto človeka má potom nielen zníženú kvalitu, ale aj dĺžku (Martiník, 2007; (Kitahara et al., 2014).

Zdravotné komplikácie, ktoré so sebou obezita prináša, je možné klasifikovať do nasledujúcich skupín:

Skeletálny systém

Vysoká hmotnosť neúmerne zaťažuje kosťu dieťaťa. Takáto záťaž vedie k opotrebovaniu kĺbov, problémom s chrbticou a zvyšuje riziko vzniku osteoartritídy. Deti majú tiež problémy s bežnými činnosťami – vstávanie zo

sedu, behanie aj chodenie po schodoch. Tuk nahromadený v oblasti brucha prehýba telo smerom dopredu a vytvára tak tlak na stavce. Artritída neskôr vedie k problémom, ktoré je možné riešiť len operatívne, ale mnohí pacienti z dôvodu vysokej hmotnosti ani operatívne zákroky nemôžu podstúpiť. U obéznych detí je okrem iného možné pozorovať aj skoliózu, kyfózu, problémy v postavení kolenných kĺbov a ploché nohy. Udržiavanie zdravej hmotnosti tak umožňuje deťom vykonávať bežné činnosti bez problémov, bolesti a obmedzení (Hainer, 2004; Makk, 2007).

Cievny systém

Na poruchách cievneho systému sa priamo aj nepriamo podieľajú biochemické a neurohormonálne procesy, ktoré obezita aktívne podmieňuje. Tieto procesy zvyšujú riziko aterosklerózy, či iných srdcovo-cievnych chorôb u postihnutých jedincov. Obezita zvyšuje riziko srdcovej arytmie i vysokého krvného tlaku. Ten môže vyvolať infarkt, mozgovú príhodu i zlyhanie obličiek. Obezita viac ako dvojnásobne zvyšuje riziko vzniku ochorení koronárnych ciev. Všetky tieto poruchy môžu v konečnom dôsledku spôsobiť smrteľné zlyhanie srdca. Redukcia hmotnosti preto vedie k zlepšeniu funkcie srdca, upravuje tep, prietok krvi, využívanie kyslíka. Dochádza k zníženiu rizika upchatia ciev a infarktu. Tieto problémy majú svoj pôvod najčastejšie práve v detskej obezite a preto je potrebné s prevenciou začať už vtedy, a nie až v dospelosti, kedy býva omnoho komplikovanejšia (Ibarra, 2009; Bridger, 2009).

Pečeň

Pod vplyvom obezity trpí v detskom organizme aj pečeň. U mnohých z nich býva rozvinutá nealkoholová steatóza pečene. Pri tomto ochorení sa do buniek pečene ukladá tuk, a to nie z dôvodu nadmernej konzumácie alkoholu, ale v dôsledku inzulínovej rezistencie a metabolického syndrómu. Tomuto stavu sa však dá predchádzať a je reverzibilný. Bohužiaľ, v neliečenom stave môže prejsť až do cirhózy pečene, a preto je dôležité ho eliminovať (Mathur, 2007; Masopust, 2005).

Respiračný systém

Okrem iných zdravotných problémov preukázali výskumy na obéznych deťoch aj oslabenú funkciu pľúc. Boli potvrdené znížené hodnoty rezervného i reziduálneho objemu pľúc, aj maximálnej voľnej ventilácie. Z dôvodu obezity dochádza k problémom s dýchacími svalmi, brzdí sa funkcia dýchacích elementov. Dýchacie cesty postihnutých sú celkovo negatívne ovplyvnené. Negatívne zdravotné následky tiež vyvoláva nesúmerný rast pľúc počas vývinu, ktorý súvisí s detskou obezitou. Tento stav sa potom prejavuje najmä

v neskoršom veku. Obezita sa navyše podieľa aj na rozvíjaní aspiračnej pneumónie, pulmonárnej insuficiencie a pulmonárneho tromboembolizmu. V niektorých prípadoch môže viesť až k zlyhaniu dýchania a stáva sa rizikovým faktorom pre spánkové apnoe. Najnovšie výskumy tiež dokazujú negatívny vplyv obezity v rozvoji astmy (Eisenmann, 2007; Fiorino, Brooks, 2009).

Pohlavný systém

Pod vplyvom obezity je u detí aj ich pohlavná sústava. U chlapcov spôsobuje zdanlivý hypogenitalizmus. Ich vonkajšie pohlavné orgány sú vtedy vnorené do tukového vankúša v spodnej časti brucha. Okrem tohto zdanlivého hypogenitalizmu sa vyskytuje aj skutočný hypogonádizmus, ktorý spôsobuje znižovanie sekrécie mužských pohlavných hormónov. Obézni chlapci v pubertálnom období, no aj dospelí muži, majú tiež významne nižšie hodnoty celkového testosterónu. Stále viac sa objavujú aj dôkazy o negatívnom vplyve obezity na plodnosť mužov. Hromadenie tuku v oblasti bokov, prs a zadku spôsobuje u chlapcov dievčenský vzhľad. Tieto zmeny sú spôsobené vplyvom enzýmu aromatázy, ktorý mení androgény na estrogény. Aromatáza je lokalizovaná v tukovom tkanive a z toho dôvodu je jej hladina u obéznych ľudí niekoľkonásobne zvýšená. U dievčat je pod vplyvom obezity mierne zrýchlený pohlavný vývin. Platí to len v prípade obezity nižšieho stupňa. V ťažkých prípadoch obezity dochádza k poruchám funkcie vaječníkov a k prepuknutiu syndrómu polycystických ovárií. Tento syndrón je spojený s nepravidelnou menštruáciou, až jej absenciou. Tiež sa u nich objavuje hirsutizmus – nadmerný výskyt ochlpenia (Pařízková, Lisá et al., 2007; Palmer et al., 2012).

Koža

Okrem vnútorných orgánov postihuje obezita aj kožnú sústavu. Najčastejšie sa objavuje acanthosis nigricans, hnedé až čierne flaky vyskytujúce sa v oblasti pazúch, krku a iných kožných záhyboch; acrochordon, malé svetlohnedé útvary na stopkách, ktoré sa taktiež vyskytujú v kožných záhyboch, ale aj na tvári a očných viečkach. V mnohých prípadoch spozorujeme aj keratosis pilaris pripomínajúce husiu kožu, a bežné sú tiež ochorenia vznikajúce z poruchy tvorby pohlavných hormónov, napríklad už spomínaná nadmerná tvorba ochlpenia. Bežne sa objavujú strie, drobné jazvy v koži. Tie vznikli jej náhlým natiahnutím, spôsobeným rapidným nárastom hmotnosti. Objavujú sa najčastejšie v oblasti brucha, bokov a prs. Zriedkavo sa objavuje aj Dercumova choroba. Tá je charakterizovaná bolestivými tukovými depozitmi na rôznych častiach tela. Ďalší súbor kožných chorôb obezita síce priamo nevyvoláva, no výrazne zhoršuje ich prejavy. Tu patrí napríklad lymfedém, čo je vlastne lymfatický opuch, hyperkeratóza i chronická žilová nedostatočnosť. Typický je tiež výskyt

celulitídy, takzvanej pomarančovej kože, rôznych kožných infekcií, intertriga, psoriázy a kožných prejavov dny. Aj keď sa spolu s obezitou rozvíja nesmierne množstvo kožných prejavov, stále sa im venuje len veľmi málo pozornosti (Yosipovitch at al., 2007; Lauk, Höger, 2013).

Metabolické následky

Okrem toho, že je tukové tkanivo zásobárňou energie, funguje aj ako aktívny endokrinný orgán, produkujúci množstvo metabolicky aktívnych látok. Jedným z dôsledkov hormonálnej aktivity tohto tkaniva môže byť aj zvýšený výskyt diabetes mellitus, s úzkym vzťahom k artériovej hypertenzii. Výskumy dokázali, že po znížení telesnej hmotnosti sa zdravotný stav pacienta s týmito ochoreniami výrazne zlepšuje. S obezitou súvisia aj mnohé iné poruchy v metabolizme tukov a glukózy. Preto je už aj v detstve možné pozorovať náznaky objavujúceho sa metabolického syndrómu. Len včasnou prevenciou je potom možné zabrániť závažným, až fatálnym následkom, ktoré sú s ním spojené. Metabolický syndróm je fenomén, ktorý vytvára skupina príznakov zvyšujúcich riziko vzniku civilizačných ochorení. Postihnutých je 20 až 30 percent obyvateľstva vyspelých krajín. Objavovanie sa prvých príznakov je možné pozorovať už v období dospievania, až u 11 percent mladistvých. Príznakom je nahromadený tuk v oblasti brucha, znížená hladina „dobrého“ HDL cholesterolu, zvýšený krvný tlak a zvýšené hodnoty cukru a tuku v krvi. Následne hrozí poškodenie ciev, zmeny v obličkách, zvýšenie LDL cholesterolu, poruchy inzulínovej produkcie a zrážania krvi. Zdravý životný štýl je opäť najúčinnnejšou prevenciou (Pařízková, Lisá et al., 2007; Béderová, 2010; Krahulec, 2010; Owens, Galloway, 2014).

Psychologické aspekty

Do psychického vývoja dieťaťa už od narodenia zasahuje strava. Má vplyv nielen na samotný vývoj nervovej sústavy, ale aj na kognitívne, emočné a vôľové procesy dieťaťa. Tie tvoria podstatu jeho osobnosti. Najvýznamnejšie je obdobie predškolského veku. V ňom vzniká základ pre vzorce chovania, preferencie a averzie k jedlám. Tvorí sa vzťahy k spoločnosti a sebe samému. U obéznych detí sa objavujú závažné psychologické problémy a poruchy, v škole i rodine. Vplývajú na ne mnohé faktory, no medzi najsilnejšie radíme postoj k telesným proporciám a výžive. Negatívny vplyv na vývin detskej psychiky má aj vonkajšie prostredie. Tu hrajú významnú úlohu kultúrne predstavy o ideálnej váhe a atraktivite, aj keď Weissová (2017) zistila, že adolescenti na Slovensku nemajú voči obéznym ľuďom negatívny postoj (Pařízková, Lisá et al., 2007; Kalra et al., 2012).

Štúdie ukazujú, že obézne deti majú tendenciu podceňovať sa a znížené sebahodnotenie. Keď tieto deti nie sú spokojné so svojím vzhľadom, bývajú

nespokojné aj v iných životných sférach, ktoré so vzhlľadom ani nemusia byť v priamom súvisi. Psychologické faktory majú pri detskej obezite obrovský význam a účinné preventívne opatrenia musia byť zamerané nielen na samotnú redukciu hmotnosti, ale treba brať do úvahy aj tieto problémy (Braet et al., 1997; Pařízková, Lisá et al., 2007).

Záver

Z vyššie uvedeného jasne vyplýva, že hlavným problémom obezity nie sú len priame komplikácie vyplývajúce z vysokej hmotnosti, ale telo dieťaťa trpí na úrovni všetkých orgánových sústav. Z obézneho dieťaťa potom vyrastá obézny dospelý jedinec, ktorý v prípade nezníženia hmotnosti trpí celý život. Problémom zdravotných komplikácií obezity je, že často prechádzajú do chronických ochorení, ktoré nakoniec nie je možné liečiť. Preto je veľmi dôležité toto ochorenie nepodceňovať a najmä pomocou prevencie znižovať mieru jeho výskytu. To sa môže stať ďalšou motiváciou aj pre všetkých ostatných, ktorým nie je zdravotný stav ľahostajný a nepriamo ich tak podporiť v boji s vlastnou redukciou hmotnosti.

Bibliografia

- BÉDEROVÁ, A. 2010. *Výživa a metabolický syndróm*. [online]. 2010. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://www.ruvzba.sk/poradne/Metabolickysyndrom.pdf>>.
- BRAET, C. et al. 1997. Psychological Aspects of Childhood Obesity : A Controlled Study in a Clinical and Nonclinical Sample. In: *Journal of Pediatric Psychology*. [online]. Vol. 22, No. 1, 1997. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://jpepsy.oxfordjournals.org/content/22/1/59.full.pdf>>.
- BRIDGER, T. (2009). Childhood obesity and cardiovascular disease. In: *Paediatrics & Child Health*. [online]. 14(3), 177 – 182. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2690549/>>.
- EISENMANN, J. C. et al. 2007. Obesity and Pulmonary Function in Navajo and Hopi Children. In: *Ethnicity & Disease Journal*. [online]. Volume 17, Winter 2007. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://www.ishib.org/ED/journal/17-1/ethn-17-01-14.pdf>>.
- FIORINO, E. K., BROOKS, L. J. 2009. Obesity and respiratory diseases in childhood. In: *Clin Chest Med*. [online]. 30(3):601-8, x.doi:10.1016/j.ccm.2009.05.010.
- HAINER, V. 2004. *Základy klinické obezitologie*. 1. vyd. Praha : Grada, 2004. ISBN 80-247-0233-9.

- IBARRA, J. 2009. Obesity and Cardiovascular Disease. In: *The Journal of Lancaster General Hospital* [online]. Winter 2009, Vol. 4 – No. 4. [cit. 2017-12-02]. pp. 130 – 133. Dostupné na internete: <http://www.jlgh.org/JLGH/media/Journal-LGH-Media-Library/Past%20Issues/Volume%204%20-%20Issue%204/JLGH_Dec09ibarra.pdf>.
- KALRA, G. et al. 2012. Psychological issues in pediatric obesity. In: *Industrial Psychiatry Journal* [online]. 21(1), 11–17. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://doi.org/10.4103/0972-6748.110941>>.
- KITAHARA, C. M. et al. 2014. Association between Class III Obesity (BMI of 40–59 kg/m²) and Mortality: A Pooled Analysis of 20 Prospective Studies. In: *PLOS Medicine*. [online]. 11(7):e1001673. [cit. 2017-12-02]. Dostupné online: <<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001673>>.
- KRAHULEC, B. 2010. Patogenéza komplikací obezity. In: *Vnitřní Lékařství* [online]. 56(10), 2010. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <http://www.vnitrnilekarstvi.cz/pdf/vl_10_10_06.pdf>.
- LAU, K., HÖGER, P. H. 2013. [Skin diseases associated with obesity in children]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* [online]. 2013 Apr;56(4):539–42. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <doi.org/10.1007/s00103-012-1641-x>.
- MAKK, S. P. 2007. Obesity's Effects on Bones and Joints. In: *Kentuckiana healthy woman*. [online]. March/April, 2007. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://www.lbjs.net/pdf/KHWDrmakkWeb.pdf>>.
- MARTINÍK, K. 2007. *Výchova ke zdraví a zdravému životnímu stylu. VI. díl: Ovlivnění obezity a nadváhy výživou*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2007. 274 s. ISBN 978-80-7041-106-3.
- MASOPUST, J. 2005. *Vyšetření funkce jater v pediatrii*. [online]. Praha : Univerzita Karlova v Praze, 2005. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://dotdiag.cz/img/prednasky/jatra2.pdf>>.
- MATHUR, P. et al. 2007. Non-Alcoholic Fatty Liver Disease and Childhood Obesity. In: *Indian Journal of Pediatrics* [online]. Volume 74 – April, 2007. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://medind.nic.in/icb/t07/i4/icbt07i4p401.pdf>>.
- OWENS, S., GALLOWAY, R. 2014. Childhood obesity and the metabolic syndrome. In: *Curr Atheroscler Rep*. [online]. 2014 Sep;16(9):436. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <doi.org/10.1007/s11883-014-0436-y>.
- PALMER, N. O. et al. 2012. Impact of obesity on male fertility, sperm function and molecular composition. In: *Spermatogenesis* [online]. 2(4), 253–263. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://doi.org/10.4161/spmg.21362>>.
- PAŘÍZKOVÁ, J., LISÁ, L. et al. 2007. *Obezita v dětství a dospívání : Terapie a prevence*. První vydání. Galén, 2007. 229 s. ISBN 978-80-7262-466-9.

- WEISSOVÁ, M. 2017. Postoje slovenských študentov stredných škôl k obéznym ľuďom a ich presvedčenie o kontrolovateľnosti obezity z hľadiska ich vlastného indexu telesnej hmotnosti (BMI). [online]. In: *Scientia et Eruditio*, č. 1/2017, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita v Trnave. [cit. 2018-01-09]. Dostupné na internete: <<http://pdf.truni.sk/see/cislo?2017-sk&prirodne-vedy#WEISSOVA>>.
- YOSIPOVITCH, G. et al. 2007. Obesity and the skin : Skin physiology and skin manifestations of obesity. In: *J Am Acad Dermatol* [online]. Volume 56, Number 6, June 2007. [cit. 2017-12-02]. Dostupné na internete: <<http://www.laboratoriosilesia.com/upfiles/sibi/D0707606.pdf>>.

Indirect Prevention against Invasive Organisms by Early Awareness in Lower Secondary Education

Indirekte Prävention gegen der Invasionsorganismen mittels der zeitigen Informiertheit in der niedrigen sekundären Bildung

Nepriama prevencia proti inváznym organizmom skorou informovanosťou v nižšom sekundárnom vzdelávaní

Mária Balážová, Mária Bečárová

Abstract

The level of knowledge about invasive species is related to personal engagement in problems associated to biological invasions. With regard to importance of this problematic, was the aim of this study to present primary information about invasive organisms to pupils of lower secondary education so that they could continue to acquire this information during the next years of elementary school and to deepen them. Moreover the most effective lay public perceptions of invasive species have to be put in a wider context of visions of nature conservation. Considering this approach, we have incorporated thematic this issue into part of the curriculum Community of organisms and ecosystems, and presented them in relation to relevant textbooks.

Keywords: Invasive species. Prevention. Aquatic ecosystems. Nature conservation.

Úvod

Podpora verejnosti pri ochrane prírody a voľne žijúcich organizmov je čoraz viac aktuálnou témou (Vaske et al., 2011). Ukazuje sa, že postoje verejnosti môžu mať významný vplyv na manažment aj invázných druhov organizmov, a to nielen z hľadiska prevencie, ale i včasného varovania, či eradikácie (Cohen et al., 2007). Biologické invázie sú v prírode prirodzeným javom vyplývajúcim z klimatických, geotektonických, či iných prírodných udalostí (Lodge, 1993). Za invázne považujeme tie organizmy, ktoré sa úspešne šíria za hranice svojho pôvodného areálu výskytu a kolonizujú nové oblasti. Človek sa stal hlavným vektorom šírenia týchto organizmov, pričom si často neuvedomuje možné vážne následky (Grigorovich et al., 2003). Dávne migrácie ľudí viedli k rozširovaniu mnohých domestikovaných druhov.

Veľa druhov rastlín bolo introdukovaných počas kolonizácií z Európy do Severnej Ameriky a iných oblastí sveta pre ich poľnohospodárske alebo liečebné využitie. Zo živočíchov sa rozšíril najmä hovädzí dobytok, ovce, kone, kozy a zajace. Lovné vtáctvo a spevavce sa introdukovali za účelom záujmu a športu. Ryby a bezstavovce, introdukované z dôvodu zakladania akvakultúr alebo na dekoračné účely, ušli alebo boli vypustené do prírodných vôd, kde zakladali nové populácie (Cox, 1999). V súčasnosti sa však invázie vyskytujú oveľa častejšie ako v minulosti, pretože narastajúci obchod a turizmus spolu s celkovou globalizáciou uľahčujú šírenie cudzích druhov. Ide o najmenej reverzibilnú celosvetovú zmenu spôsobenú človekom (Kolar and Lodge, 2001). Biologické invázie spôsobujú veľké ekologické škody, vrátane straty pôvodných druhov (Mack et al., 2000). Mnohé, ak nie väčšina nových dôsledkov inváznych druhov, sú nepredvídateľné (Williamson, 1993). Na úrovni spoločenstiev a ekosystémov môžu invadujúce organizmy celkom zmeniť obeh živín, vodný režim a energetickú bilanciu v prírodných ekosystémoch, podstatne zmeniť početnosť alebo prežívanie domácich druhov, môžu dokonca blokovať smer a rozsah povodní i režimy požiarov. Najväčšie ekologické ohrozenie predstavuje narušenie celých ekosystémov. Následkom toho sa biologické invázie stali významným predmetom záujmu nielen vedeckej obce, ale aj zástupcov ochrany prírody (Essl et al., 2011). Najvhodnejším riešením voči introdukcii nepôvodných druhov je samotná prevencia, ktorá zabráni vzniku novej invázie, avšak takéto riešenie sa uplatňuje len v malej časti. Pre poskytnutie ochrany a riešenie problémov spôsobených biologickými inváziami je potrebná predovšetkým medziregionálna, regionálna a miestna spolupráca za účelom vytvorenia spoločnej politiky a právnych rámcov. Problém realizovať manažment voči biologickým inváziám je spôsobený nízkou informovanosťou verejnosti, malým počtom vedeckých informácií pre detekciu a identifikáciu týchto druhov, nedostatočnými kontrolnými opatreniami a legislatívou, chabou interakciou medzi úradmi, štátmi a občanmi (Genovesi and Shine, 2003). Okrem toho výskum vo vybraných skupinách európskeho obyvateľstva ukazuje, že manažment prísne zameraný na ochranu natívnych druhov, nie vždy aj zodpovedá verejným záujmom daného obyvateľstva (Fisher et al., 2011). Celkovo vnímanie a znalosť problému týkajúceho sa biologických invázií sú v ľudskej spoločnosti totiž dosť obmedzené (Sax and Brown, 2000). Ukazuje sa, že jednou z ciest ako pristupovať k verejnosti, vrátane detí školského, či dokonca predškolského veku, pri manažmente nepôvodných druhov, je zvyšovanie všeobecného environmentálneho povedomia (Sharp et al., 2011). Úroveň vedomostí totiž úzko súvisí s osobným zapojením sa do problémov s inváznyimi druhmi (Verbrugge et al., 2013). Cieľom našej práce preto bolo predostrieť problematiku inváznych organizmov na vyučovaní žiakom už piateho ročníka základnej školy, aby so získaným povedomím pristupovali následne i k ďalšiemu učivu celého druhého stupňa ZŠ. Zamerali sme sa na živočíšne invázie vodných ekosystémov, vzhľadom na to, že vodné prostredie je na Slovensku najviac zasiahnuté prítomnosťou nepôvodných druhov živočíchov.

Metódy práce

Vyučovacia hodina so zameraním na invázie vodných ekosystémov a zistenie informovanosti žiakov o biologických inváziách vo vodných ekosystémoch sa uskutočnila dňa 7. 12. v roku 2009 na Základnej škole s MŠ v Kline. Vyučovacia hodina prebehla v 5. B. triede ako prvá hodina v rámci predmetu biológia. Triedu tvorilo 7 chlapcov a 8 dievčat. Témou vyučovacej hodiny boli Invázie vodných ekosystémov a bola to hodina sprístupňovania nového učiva. Stanovené ciele boli upevniť vedomosti žiakov z tematického celku Spoločenstvo organizmov a ekosystém, naučiť žiakov nový pojem invázia, uviesť žiakom základné informácie o biologických inváziách, ktoré sa vyskytujú vo vodných ekosystémoch a zoznámiť žiakov s vybranými inváznymi druhmi. Použité vyučovacie metódy boli rozhovor, vysvetľovanie a demonštrácia obrázkov. Na lepšie pochopenie bola vytvorená na tabuli pojmová mapa. Pred vyučovacou hodinou prebehla zodpovedná príprava na vyučovanie so zameraním na rozbor nových pojmov a hlavne na zjednodušenie učiva primerane veku žiakov. Na zistenie spätnej väzby odučenej vyučovacej hodiny a zároveň zistenie informácií týkajúcich sa invázie vodných ekosystémov bol použitý krátky dotazník. Dotazník pozostával z 8 otázok, pričom 6 bolo zatvorených a dve boli otvorené. Dotazník žiaci vyplňali dňa 14. 12. 2009 a boli prítomní všetci žiaci.

Analýza vyučovacej hodiny

Po ozrejmnení učiva sme sa so žiakmi zamerali na hlavnú tému vyučovacej hodiny, čiže vodný ekosystém. Niektorí žiaci aktívne interpretovali svoje vlastné skúsenosti s chytaním rýb, chovom akváriových rybičiek a korytnačiek. V nasledujúcej časti im bol primerane ich veku vysvetlený pojem *invázia*, pričom tento pojem dokázali pochopiť veľmi rýchlo, prekvapivo rýchlejšie než pojem *ekosystém*. Pochopenie obidvoch pojmov, ako aj celkové zapojenie sa do systematických úvah o ekologických súvislostiach, u žiakov základných škôl je však nevyhnutné pre rozvoj environmentálneho porozumenia a kritického povedomia, v budúcnosti potrebných na pochopenie problémov, ako strata biodiverzity a globálne otepľovanie (Hokayem and Gotwals, 2016). Žiakov ďalej veľmi zaujala téma katastrofickej invázie králikov v Austrálii. Populácia králikov po ich introdukcii do Austrálie prudko vzrástla dosahujúc v 20-tych rokoch minulého storočia okolo 10 miliárd jedincov. Ako striktný herbivori v krajine skonzumovali nielen kompletnú škálu bylín a tráv, ale aj listy a kôru kríkov. Pri týchto množstvách ostávala v miestach ich výskytu len obnažená pôda vystavená erózii (Jernelöv, 2017). Takto nepriamo ovplyvňovali aj mnohé pôvodné druhy vtákov a cicavcov degradáciou ich pôvodných habitatov, ale tiež ochoreniami, mnohé z nich boli zámerne privezené ako eradikačná zbraň proti králikom (Robley et al., 2004). Žiaci na hodine hľadali

možnosti riešenia problému, kritizovali nezodpovednosť ostatných krajín za zanesenia moru na austrálske územie. Nové boli pre žiakov aj informácie o inváziách býčkovitých rýb vyskytujúcich sa na Slovensku, so zameraním na býčka čieroušťa (Stráňaj and Andreji, 2004). Zaujala ich predovšetkým informácia o dravom spôsobe ich života. O tom, ako sa starajú o hniezda svojich mláďat, ako samec často až do úplného vyčerpania a vyhľadovania sa stará o svoje potomstvo (Miller, 2003). Pri vysvetľovaní nového učiva žiaci sa často samostatne aktívne zapájali do diskusie o probléme. Bolo očividné, že táto téma zaujímala aj prospechovo slabšie deti. Pri prezentácii nového učiva sa zároveň zopakovalo učivo o potravinových reťazcoch. Rozvoj chápania povahy potravinových sietí je pritom dôležitou témou súčasnej biológie (Griffiths and Grant, 1985). Ďalej sme žiakom prezentovali informácie o výskyte korytnačky písmenkovej na našom území. Prvé údaje o výskyte vo voľnej prírode na Slovensku sú z 80. rokov 20. storočia. V súčasnosti je pri vhodných podmienkach možný jej výskyt na celom území Slovenska. Žiakov výrazne prekvapili informácie nielen o samotnom výskyte týchto korytnačiek, ale tiež o dĺžke ich života. Táto pôvodne severoamerická korytnačka je v súčasnosti zaradená medzi najnebezpečnejšie invázivne organizmy sveta. V Európe predstavuje riziko pre pôvodný druh korytnačiek nielen kompetíciou o životný priestor, ale problémom je tiež prenos nepôvodných patogénov (Héritier, 2017). Je dravým druhom, jej potravou môžu byť choré a slabé jedince obojživelníkov a rýb, ďalej larvy obojživelníkov, mäkkýše, rôzne druhy hmyzu a jeho larvy (Čamba, 2006). V tejto časti sa rozbehla živá diskusia, deti si vymieňali poznatky s chovom korytnačiek. V súvislosti s predchádzajúcim informáciami im bola následne zdôraznená zodpovednosť pri kúpe nového zvieratka, možné následky nezodpovedného konania, dotkli sme sa témy ochrany našich druhov rýb, žiab a mlokov, ktoré najviac trpia vypúšťaním korytnačiek písmenkových do voľnej prírody.

Celkovo žiakov téma veľmi zaujímala, obzvlášť chlapcov. Na začiatku sa nevedeli zorientovať v problematike, stále chceli hovoriť o druhoch rýb, ktoré im boli známe. Dievčatá boli na hodine viac sústredené, ale menej aktívne.

Ako najväčšie pozitívum hodiny vidíme v možnosti predostrieť na úrovni základnej školy aspoň základy problematiky invázií organizmov. Možnú aplikáciu získaných informácií do budúcnosti u týchto žiakov vidíme v projektovom vyučovaní zameranom na monitoring invázií organizmov vo vodných ekosystémoch na medzipredmetovej úrovni a v spolupráci so zástupcami ochrany prírody a pracovníkmi úradov pre ochranu životného prostredia. Je potrebné rozvíjať myslenie žiakov a urobiť z nich spoluúčastníkov vedeckej diskusie a vedeckého objavovania.

Analýza výsledkov dotazníka

Vlastné zhodnotenie vyučovacej hodiny sme ďalej podporili informáciami, ktoré sme získali z odpovedí na dotazník. Dotazník žiaci vyplňali presne o týždeň od získania informácií o invázných organizmoch, čiže sme zároveň získali informácie o úrovni zapamätania si daného učiva, i keď stále len krátkodobého.

Otázka 1: *Patrí biológia medzi tvoje obľúbené predmety?*

Z dievčat 87,50 % odpovedalo, že biológia patrí medzi ich obľúbený predmet, u chlapcov 28,57 % tvrdí, že biológia naopak nepatrí medzi ich obľúbený predmet a rovnaký podiel chlapcov nevie, či je biológia ich obľúbený predmet. Myslíme si, že je dôležité, aby sa učiteľ zamerlal na zlepšení tohto stavu a snažil sa chlapcov motivovať a používať také metódy pri vyučovaní, aby sa ich vzťah k biológii zlepšil.

Otázka 2: *Spoločenstvo organizmov, ktoré žijú spolu s neživou prírodou v určitom prostredí sa nazýva:*

Vzhľadom aj na ciele, ktoré boli určené v učebných osnovách pre piaty ročník, bolo potrebné, aby žiaci pochopili správny význam tohto pojmu. Napriek tomu 12,5 % dievčat a až 57,1 % chlapcov nevedelo správne odpovedať. Deti si odpoveď mýlili hlavne s fotosyntézou pravdepodobne z dôvodu, že sa s týmto pojmom stretli už na prvom stupni ZŠ. V budúcej práci so žiakmi je preto veľmi dôležité venovať sa dôslednejšie a dôkladnejšie vysvetleniu pojmu „ekosystém“, obzvlášť u chlapcov, ktorí majú zároveň väčší problém si osvojiť informácie s poučkovým charakterom.

Otázka 3: *Invázia je:*

Vzhľadom na správnu odpoveď u všetkých chlapcov a dievčat je pravdepodobné, že žiaci si tento pojem ozrejmili a zapamätali, čo bolo hlavným cieľom vyučovacej hodiny. Tento výsledok je veľmi pozitívny vzhľadom na skutočnosť, že na začiatku aplikovanej hodiny žiaci vôbec netušili, čo znamená tento pojem.

Otázka 4: *Počul si o invázii v našich riekach aj pred vyučovacou hodinou?*

Žiaci počuli o invázii našich riek, a to 37,5 % dievčat a 28,57 % chlapcov. Väčšina však uvádza, že o inváziách v riekach nevedela. Na základe vlastných postrehov zo začiatku vyučovacej hodiny si však myslíme, že väčšina zo žiakov o tejto problematike vtedy vôbec nevedela. V priebehu vyučovacej hodiny bola väčšina žiakov veľmi prekvapená zo získaných informácií, pozitívne vnímame, že žiaci chceli problém riešiť a hneď pochopili, že ide o nebezpečenstvo, ktoré pomaly napáda naše rieky.

Otázka 5: *Skús vysvetliť vlastnými slovami, prečo ryba býčko je nebezpečná pre naše rieky?*

Väčšina žiakov, ktorí správne odpovedali (až 62,5 % dievčat a 71,42 % chlapcov), si pamätali hlavne dravosť tejto ryby. Niektorí vedeli dokonca nakresliť potravinový reťazec, ktorí sme si kreslili na tabuľu. Žiaci tiež udávali agresívne správanie, ktoré je typické pre tieto ryby. Považujeme to za pozitívny výsledok vzhľadom k tomu, že túto problematiku počuli prvýkrát.

Otázka 6: Pamätáš si, aké živočíchy sme si spomínali na hodine, že patria medzi invázne druhy?

Väčšina dievčat (87,5 %) a 71,42 % chlapcov vedelo presne napísať, o akých inváznych druhoch sme si na hodine hovorili. Chlapci si názvy druhov pamätali menej, avšak omnoho lepšie vedeli, prečo sú tieto druhy nebezpečné v našich riekach.

Otázka 7: Myslíš si, že by sme sa mali viac starať o naše chránené druhy živočíchov?

Z odpovedí na túto otázku vyplýva záujem o ochranu živočíchov u všetkých žiakov. Už na hodine bolo zrejme, že žiaci majú veľký záujem o ochranu našich voľne žijúcich chránených, ale aj nechránených druhov živočíchov. Problematiku ochrany a starostlivosti o naše druhy považujeme za potrebné neustále zdôrazňovať žiakom v celkovom kontexte ekologických súvislostí.

Otázka 8: Zaujímala ťa problematika invázie, o ktorej sme si hovorili na hodine?

Už na hodine bolo zrejme, že táto problematika veľmi zaujala hlavne chlapcov, čo vyplýva aj zo 100 % pozitívnej odpovede na túto otázku. Netreba však podceňovať záujem dievčat, ktorý je tiež veľmi markantný (88 %).

Z odpovedí na všetky otázky dotazníka je zrejme, že žiaci dokážu veľmi rýchlo pochopiť problematiku inváznych organizmov a tiež riziká spojené s ich výskytom a šírením. Táto problematika zjavne u žiakov podporuje aj budovanie pozitívnych postojov k ochrane prírody a natívnych druhov živočíchov.

Zároveň sa nám potvrdili všeobecné predpoklady, že je potrebné venovať sa tejto problematike už na základných školách. Uvedomovať si nebezpečenstvo a negatívny vplyv ľudského konania na celkový stav ekosystémov a možné dopady, ktoré môžu v ojedinelých prípadoch spôsobovať aj vážne ekologické zmeny, je potrebné u celkovej laickej verejnosti vrátane detí. Iba stálym oboznamovaním sa s problematikou, môžeme tiež ďalej povzbudzovať záujem o ochranu našich druhov a prevenciu proti inváznym organizmom.

Bibliografia

- COX, G. W.: *Alien Species in North America and Hawaii: Impacts on Natural Ecosystems*. Island Press, 1999, Washington.
- COHEN, J., MIROTECHNICK, N., LEUNG, B.: *Thousands introduced annually: the quarium pathway for non-indigenous plants to the St Lawrence Seaway*. *Front Ecol Environ*, 2007, 5(10): 528 – 532.

- ČAMBA, Š.: *Korytnačka písmenková ozdobná (Trachemys scripta elegans)* 2006, <http://www.plazyunas.com/system/view.php?cislocianku=2006110004> [cit. 14.2.2007]
- ESSL, F., DULLINGER, S., RABITSCH, W., HULME, P., HULBER, K., JAROŠÍK, V., KLEINBAUER, I., KRAUSMANN, F., KUHN, I., NENTWIG, W., VILA, M., GENOVESI, P., GHERARDI, F., DESPREZ-LOUSTAU, M., ROQUES, A., PYŠEK, P.: *Socioeconomic legacy yields an invasion debt*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011, 108: 203 – 207.
- FISCHER, A., BEDNAR-FRIEDL, B., LANGERS, F., DOBROVODSKA, M., GEAMANA, N., SKOGEN, K., DUMORTIER, M.: *Universal criteria for species conservation priorities? Findings from a survey of public views across Europe*. Biol Conserv 2011, 144(3): 998 – 1007.
- GENOVESI, P., SHINE, C.: *European Strategy on Invasive Alien Species*. Council of Europe, Strasbourg, t-pvs 2003, 7 rev, 50 pp.
- GRIFFITHS, A. K., GRANT, B. A. C.: *High school students' understanding of food webs: Identification of a learning hierarchy and related misconceptions*. Journal of Research in Science Teaching, 1985, 22(5): 421 – 436.
- GRIGOROVICH, I. A., COLAUTTI, R. I., MILLS, E. L., HOLECK, K., BALLERT, A. G., MACISAAC, H. J.: *Ballast-mediated animal introductions in the Laurentian Great Lakes: Retrospective and prospective analyses*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 2003, 60: 740 – 756.
- HÉRITIER, L., VALDEÓN, A., SADAoui, A., GENDRE, T., FICHEUX, S., BOUAMER, S., KECHEMIR-ISSAD, N., PREEZ, L. D. U., PALACIOS, C., VERNEAU, O.: *Introduction and invasion of the red-eared slider and its parasites in freshwater ecosystems of Southern Europe: risk assessment for the European pond turtle in wild environments*. Biodiversity and Conservation, 2017, 26(8): 1817 – 1843
- JERNELÖV, A.: *Rabbits in Australia*. In: *The Long-Term Fate of Invasive Species*. 2017 Springer, Cham, 73 – 89.
- KOLAR, C. S., LODGE, D. M.: *Progress in invasion biology: predicting invaders*. Trends in Ecology and Evolution 2001, 16(4): 199 – 204.
- LODGE, D. M.: *Biological invasions: lessons for ecology*. Trends in Ecology and Evolution 1993, 8(4): 133 – 137.
- MACK, R. N., SIMBERLOFF, D., LONSDALE, W. M., EVANS, H., CLOUT, M., BAZZAZ, F.A.: *Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control*. Ecological Applications 2000, 10(3): 689 – 710.
- MILLER, P. J.: *The Freshwater Fishes of Europe*, Volume 8, Part II: *Gobiidae* 2, NHBS 2003 – Edited By: Peter J Miller, Aula Verlag.

- ROBLEY, A., REDDIEX, B., ARTHUR T., PECH R., FORSYTH, D.:
Interactions between feral cats, foxes, native carnivores, and rabbits in Australia. Final report for the Australian Government Department of the environment and heritage. 2004, Arthur Rylah Institute for Environmental Research, Department of Sustainability and Environment, Melbourne, 76 pp.
- SAX, D. F., BROWN, J. H.: *The paradox of invasion*. Global Ecology and Biogeography. 2000, 9(5): 363 – 371.
- SHARP, R. L., LARSON, L. R., GREEN, G. T.: *Factors influencing public preferences for invasive alien species management*. Biological Conservation, 2011, 144(8): 2097 – 2104.
- STRÁŇAI, I., ANDREJI, J.: *The first report of round goby, Neogobius melanostomus (Pisces, Gobiidae) in the waters of Slovakia*. Folia Zoologica, 2004, 53(3), pp. 335 – 338.
- VASKE, J. J., DONNELLY, M. P., WILLIAMS, D. R., JONKER, S.:
Demographic influences on environmental value orientations and normative beliefs about national forest management. Society & Natural Resources, 2001, 14: 761 – 776.
- VERBRUGGE, L. N. H., VAN DEN BORN, R. J. G., LENDERS, H. J. R.:
Exploring Public Perception of Non-native Species from a Visions of Nature Perspective. Environmental Management, 2013, 52: 1562 – 1573.
- WILLIAMSON, M.: *Invaders, weeds and the risk from genetically manipulated organisms*. Experientia, 1993, 49: 219 – 224.

Authors of Papers

Autoren der Beiträge

Autori príspevkov

Doc. Ing. Jaroslav Demko, CSc.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Ing. Miroslav Vanek, PhD.

Katedra environmentálneho inžinierstva
Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Ing. Jozef Salva

Katedra environmentálneho inžinierstva
Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Dr. Ing. Rastislav Janík

Ústav ekológie lesa SAV
Slovenská akadémia vied
Štúrova 2, 960 53 Zvolen

Prof. Ing. Eduard Bublinec, CSc.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Ing. Ján Machava, PhD.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Ing. Anna Ďuricová, PhD.

Katedra environmentálneho inžinierstva
Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

MVDr. Gabriela Hrkľová, PhD.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Ing. Jozef Macko, PhD.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Mgr. Petra Martincová

ptr.martincova@gmail.com

Doc. Ing. Miroslav Saniga, CSc.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Ing. Dana Blahútová, PhD.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Mgr. Alžbeta Kviatková

Základná škola s materskou školou
Kliňanská cesta 122/4, 029 41 Klin

RNDr. Mária Balážová, PhD.

Katedra biológie a ekológie
Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

Mgr. Marek Krška

Základná škola s materskou školou
Mikušovce 16, 018 57 Mikušovce

Mgr. Mária Bečárová

Základná škola s materskou školou
Kliňanská cesta 122/4, 029 41 Klin

2018

2

ROČNÍK XVIII.

ISSN 1335-9185



9 771335 918001 04