

Súvislosť medzi teplotou ovzdušia a procesmi v aktivačnej nádrži čistiarne odpadových vôd

Eliška Horniaková¹ a Tomáš Bakalár²

A relation between the temperature of atmosphere and the sludge in the wastewater treatment aeration tank.

Processes in the aeration tank remove nitrogen from organic substances from wastewater by using bacteria. Nitrification utilizes the metabolism of aerobic bacteria *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*, *Nitrobacter* *Nitrocystis* and *Nitrosobolus* and the anaerobical bacteria *Pseudosomonas*, *Chromobacterium*, *Denitrobacillus* and *Micrococcus* are denitrifying. The bacteria are litotrophic and they are sensitive to pH of wastewater. Chlorine, heavy metals and cyanide are toxic for bacteria. For a correct growth of reproduction and metabolism, the temperature above 10 °C is needed but an ideal temperature is from 20 to 30 °C. An intensive cold reduces or even stop the activity of bacteria but heating of the aeration tank prevents undercooling.

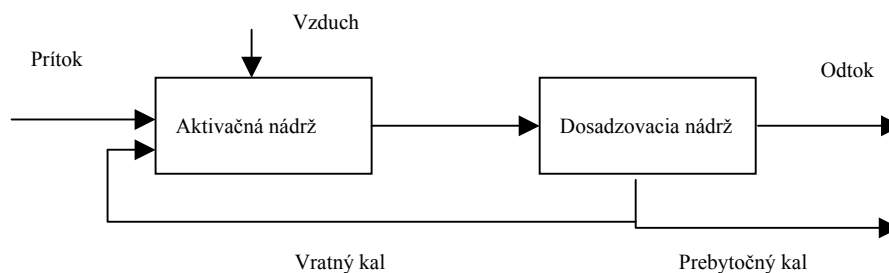
Key word: aeration tank, bacterium, nitrification, denitrification, temperature of atmosphere, temperature of wastewater

Úvod

Do vôd sa dostáva amoniakálny dusík ($N - NH_4^+$) z ľudských exkrementov a rozkladom organických látok, ktorý spôsobuje že:

- v zásaditom prostredí vôd sa uvoľňuje a v určitých množstvách je škodlivý pre ryby, mláďatá cicavcov a iné živočíchy [1, 7]. Prípustné hranice dusíka pre kaprovité ryby – *Cyprimidae* (kapor obyčajný – *cyprinus caprio*, karas obyčajný – *carassius carassius*, lieň obyčajný – *tinca tinca* a iné žijúce v rybníkoch a priehradách) sú 0,05 mg l⁻¹ pre lososovité (pstruhovité) - *Salmonidae* (pstruh potočný – *salmo trutta fario*, hlaváčka podunajská – *hucho hucho* ktorej početnosť po veľmi dlhom období opäť narastá) je 0,01 mg l⁻¹ [1, 6],
- dochádza k eutrofizácii povrchových vôd - k nárastu zelených organizmov, ktoré majú dostatok živín,
- amoniakálny dusík vo vode má vysokú spotrebu kyslíka na oxidáciu.

V technologickej linke čistiarne odpadových vôd (ČOV) dochádza k odstraňovaniu $N - NH_4^+$ pomocou aktivačného procesu, ktorý prebieha v aktivačnej nádrži a v dosadzovacej nádrži (Obr. 1).



Obr. 1. Schéma technologickej linky aktivačného čistenia odpadových vôd
Fig. 1. Scheme of the technologic line of the activation cleaning of wastewaters

Aktivačný proces je kontinuálna kultivácia mikroorganizmov v nesterilných podmienkach [3]. Vo vode a v aktivačnom kale sú rôzne druhy mikroorganizmov vo forme zoogelí. Najčastejšie sa v kale vyskytujú baktérie, huby, plesne, kvasinky a taktiež aj prvky, vírníci a popri nich ešte aj vláknité mikroorganizmy ktoré spôsobujú zlé usadzovacie a zahusťovacie vlastnosti kalu. Zloženie kalu je závislé na zložení substrátu, dobe zdržania, zaťažení a veku kalu. Medzi základné vlastnosti patrí agregácia a sedimentácia vločiek kalu.

1 Ing. Eliška Horniaková, Redakcia časopisu AMS, externá doktorandka, F BERG TU v Košiciach, eliska.horniakova@tuke.sk

2 Ing. Tomáš Bakalár, PhD., Katedra mineralurgie a environmentálnych technológií, F BERG TU v Košiciach, tomas.bakalar@tuke.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 4. 9. 2006)

Biologické odstraňovanie dusíka

Jednou z častí ČOV je aktivačná nádrž, v ktorej prebiehajú procesy súvisiace s biologickým bakteriálnym čistením [1, 3, 4] pomocou metabolizmu mikroorganizmov, ktorých správna funkcia je nevyhnutná pre zachovanie kvality povrchových vôd [5].

Okrem rozkladu organických látok mikroorganizmami v aktivačnej nádrži prebiehajú aj nitrifikačné a denitrifikačné procesy, čiže odstraňovanie NH_4^+ iónov a dusičnanov z odpadových vôd baktériami.

V **nitrifikačnej** časti aktivačnej nádrže počas aerácie sa uskutočňuje aj vlastná **nitrifikácia** v dvoch fázach:

- $2 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$

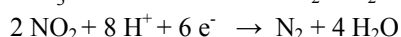
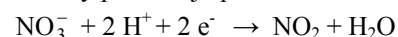
Na prvú fázu nitrifikácie – nitrítácie sa využíva metabolizmus baktérií *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* a *Nitrosobolus*, a na druhú fázu – nitráciu metabolizmus baktérií *Nitrobacter* a *Nitrocystis*.

Baktérie sú litotrofné – k svojmu životu potrebujú zdroj uhlíka CO_2 , aeróbne – potrebujú kyslík, najefektívnejšie pracujú pri pH 7 – 8,4 a ich rastová rýchlosť a tým aj ich metabolizmus závisí od teploty kalu v aktivačnej nádrži. Optimálna teplota je 28-32 °C. Ak teplota kalu klesne pod 12°C, nitrifikácia je veľmi pomalá a dochádza k hromadeniu dusitanov. Pod 5 °C sa zastavuje.

V **denitrifikačnej** časti nádrže sa kal neprevzdušňuje, čiže neuskutočňuje sa aerácia, ale sa mieša, pretože denitrifikačné baktérie sú anoxické a využívajú kyslík z dusičnanov a dusitanov. Metabolizmus organotrofných baktérií *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Denitrobacillus* a *Micrococcus* [1, 2, 3, 4] využíva dusík dvoma spôsobmi:

- asimiláciou, čiže syntézou bunkovej hmoty,
- disimiláciou, čiže dusíkovou respiráciou, keď miesto kyslíka využívajú dusík na „dýchanie“, ako akceptor elektrónov, pričom donorom je kal – organická hmota v nádrži.

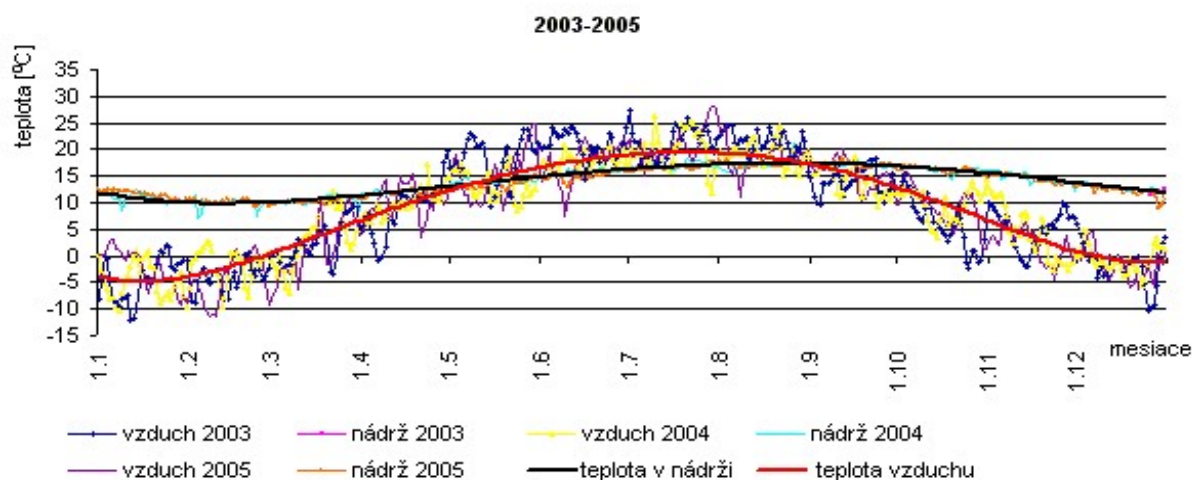
Procesy prebiehajú podľa reakcii:



Denitrifikačné baktérie nie sú tak citlivé na teplotu ako nitrifikačné, ale náhly pokles teploty spôsobuje zastavenie, alebo obmedzenie ich činnosti. Vhodné pH pre denitrifikačné procesy je 6 - 9. Pre nitrifikačné a denitrifikačné baktérie je toxický chlór, ktorý sa v praxi sa používa na dezinfekciu a ťažké kovy.

Teplotné zmeny

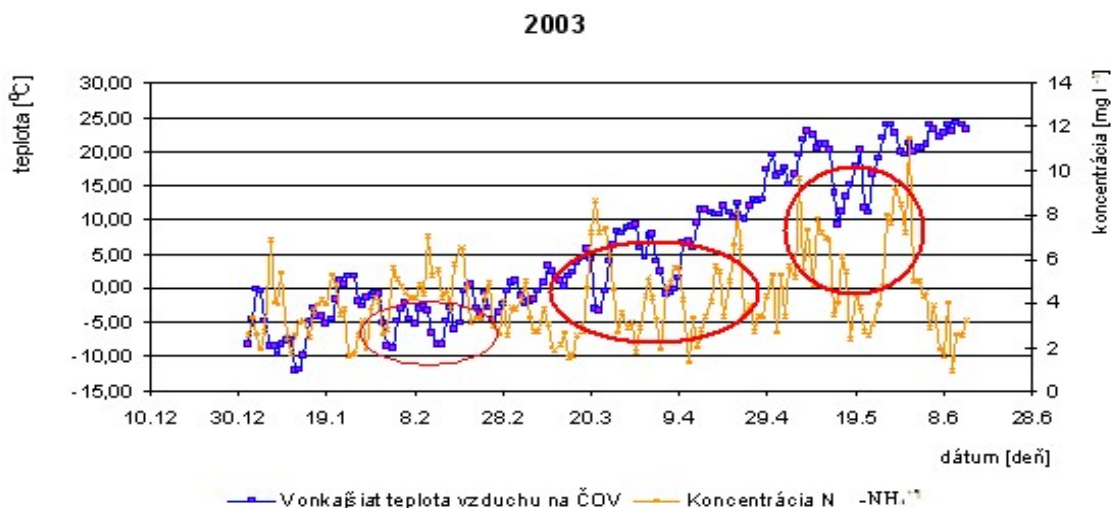
Súvislosť medzi teplotou ovzdušia a teplotou vody v jazerách, priehradách a rybníkoch je všeobecne známa. So vzrastajúcou teplotou ovzdušia s určitým oneskorením vzrastá aj teplota vody.



Graf 1. Rozdiely medzi teplotou ovzdušia a teplotou v aktivačnej nádrži.

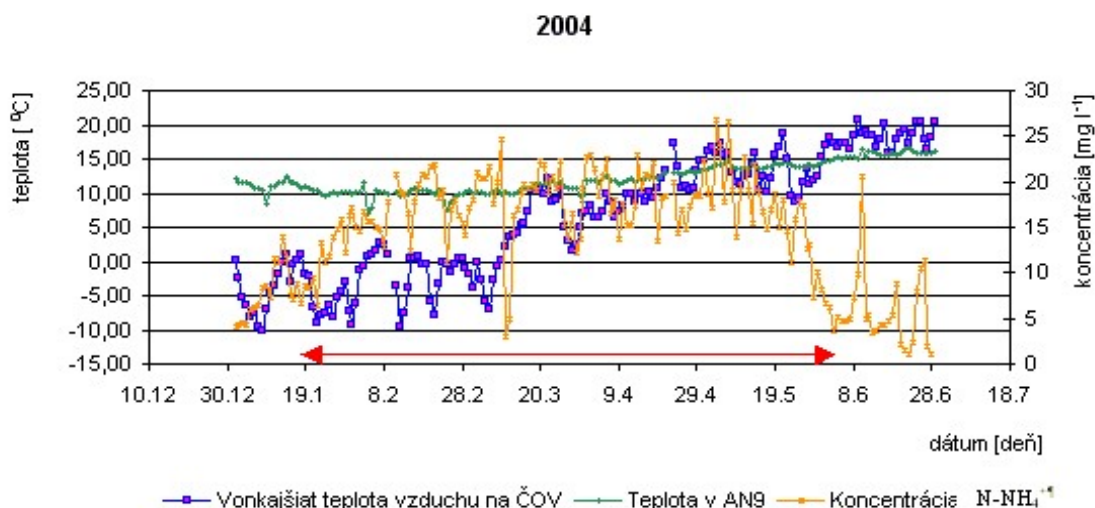
Graph 1. Differences between the temperature of atmosphere and the temperature of the activation (aeration) tank.

V ČOV v Košiciach pravidelne monitorujú procesy prebiehajúce v jednotlivých nádržiach ČOV. Sledované pH v aktivačnej nádrži bolo počas rokov 2003 až 2005 v rozhraní 6,5 – 7,5 teda v prípustných hraniciach a tak nemalo vplyv na metabolizmus baktérií [8]. V decembri 2003 začali sledovať teplotu v aktivačnej nádrži. Na grafe 1. vidieť súvislosť medzi teplotou prostredia – vzduchu a teplotou v aktivačnej nádrži. Ochladením ovzdušia v zimných mesiacoch, a tým aj ochladením celého prostredia, dochádza k chladeniu vody a kalu v nádrži, a následne k spomaleniu celého nitrifikačného a denitrifikačného procesu. V letných mesiacoch sa vplyvom prostredia voda s kalom ohrieva, čím vznikajú aj lepšie teplotné podmienky pre nitrifikáciu.



Graf 2. Súvislosť medzi teplotnými zmenami a koncentráciou dusíka na odtoku z ČOV v roku 2003. (Hrubé červené elipsy zvyrazňujú obdobie, keď voda z roztopeného snehu steká do recipientu, a tenká elipsa označuje podchladenie).
 Graph 2. Relation between the temperature changes and the concentration of nitrogen at the outlet from the waste water treatment plant in 2003. (Thick red ellipses underline the period when water from melting snow is flows into the recipient and the thin ellipse presents undercooling).

Na grafe 2. sú zvyraznené dni, počas ktorých nastali prudké teplotné zmeny, čím došlo aj k zvýšeniu koncentrácie dusíka v odtoku z aktivačnej nádrže. Problém nastal aj v období, keď sa topili snehy a prudko ochladili vodu v aktivačnej nádrži. Zároveň splavovaný posypový materiál zo zimnej údržby ciest (chloridy) mení chemické zloženie odpadových vôd a následne aj aktivovaného kalu.

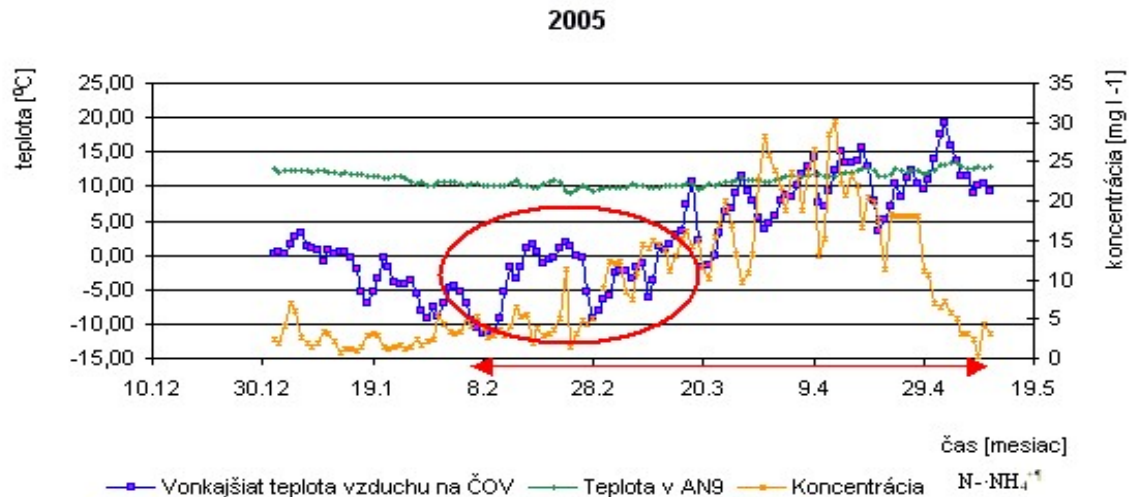


Graf 3. Polročný priebeh závislosti koncentrácie dusíka na teplote prostredia v roku 2004.
 Graph 3. Dependence of the concentration of nitrogen on the temperature of the environment in 2004 for a half a year.

V časti roku 2004 (graf 3) dochádzalo k teplotným výkyvom a ich vplyvom bola ochladzovaná voda v aktivačnej nádrži. V priebehu prvých dvoch mesiacov boli nitrifikačné baktérie podchladzované a celý proces aktivácie sa spomalil. Počas jednotýždňového oteplenia v marci 2004 sa začal topiť sneh prinášajúci látky negatívne ovplyvňujúce proces aktivácie. S vodou z roztopeného snehu stekala aj soľ z ciest, táto sa dostala

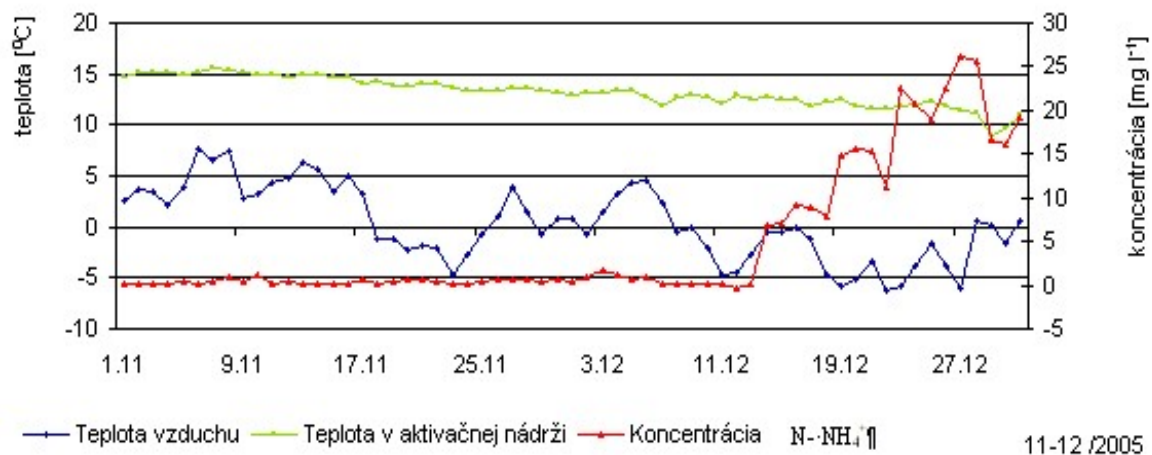
do aktivačnej nádrže, a pravdepodobne značne spomalila až zastavila prebiehajúce nitrifikačné procesy. Tento jav trval do polovice júna. Keď teploty kulminovali okolo 25 °C, a voda z roztopeného snehu odtiekla, v aktivačnej nádrži sa už nenachádzali chloridy, teplota v nádrži stúpila a nitrifikačné baktérie obnovili svoju činnosť.

Na grafe 4. je vyznačené obdobie trvajúce 2,5 mesiaca počas ktorého dochádzalo k otepleniu - modrá krivka. Na oranžovej koncentračnej krivke je zvyšujúca sa koncentrácia dusíka na odtoku z čistiare, čo poukazuje na súvis s ochladením vody a zmenou chemického zloženia kalu v nádrži. Červená elipsa vyznačuje súvislosti medzi prudkým poklesom teploty a následnou reakciou nitrifikácie, čiže vzrastajúcou oranžovou krivkou. Zelená krivka, poukazuje na pokles hodnôt teplôt v aktivačnej nádrži počas celého obdobia vysokej koncentrácie na odtoku, a tým aj na súvis medzi teplotou v aktivačnej nádrži a v nej prebiehajúcou nitrifikáciou.



Graf 4. Súvis medzi teplotnými zmenami a koncentráciou dusíka na odtoku z ČOV, (červená šípka zvýrazňuje obdobie, keď voda zo stekajúceho roztopeného snehu steká do recipientu) za rok 2005.

Graph 4. Relation between the temperature changes and the concentration of nitrogen at the outlet from waste water treatment plant, (the red arrow underlines the period when water from melting snow flow into the recipient and the thin ellipse is undercooling) in 2005.



Graf 5. Súvislosť medzi zmenou teploty a funkčnosťou nitrifikačných procesov.

Graph 5. Relation between the temperature changes and functionally nitrification processes.

Zmeny v aktivačnej nádrži ktoré nastali počas posledných dvoch mesiacov roka 2005, sú zobrazené na grafe 5. Kolísanie teploty ovzdušia vid' legenda grafu 5., následný pokles teploty v aktivačnej nádrži a zmena chemického zloženia pritekajúcej vody a spôsobili stúpanie koncentrácie amoniakálneho dusíka. V decembri bola nitrifikácia vplyvom teploty natoľko pomalá, že došlo k jej zastaveniu. Na grafe je viditeľné, že v polovici novembra týždeň mrzlo a boli soľou posypané cesty. Od 25 novembra do 8 decembra bolo oteplenie, sneh a ľad sa topil, stekal do kanalizácie a následne bol odvedený do ČOV. Po 11 decembri kolísala teplota

vzduchu pod bodom mrazu, teplota vody v aktivačnej nádrži postupne klesala a metabolizmus nitrifikačných baktérií sa značne spomalil až takmer zastavil.

Záver

Predpokladáme že, metabolizmus nitrifikačných a denitrifikačných baktérií sa zlepší, ak voda pritekajúca do ČOV nebude príliš studená, ak nebudú prudké ochladenia ovzdušia a následne aj vody a kalu. Chlór, jeho zlúčeniny, ťažké kovy, kyanidy a tiomočovina negatívne ovplyvňujú metabolizmus baktérií. V budúcnosti by bolo vhodné udržať vodu v aktivačnej nádrži na konštantnej teplote, aby pri prudkom ochladení a počas topenia snehu, bol eliminovaný vplyv teploty na metabolizmus baktérií. Ak by nebol ekonomicky náročný ohrev obsahu aktivačnej nádrže. Analýza dát a ich názorné grafické spracovanie poslúži pre následné modelovanie a predikciu celého procesu. Výpočtom v dostatočnom predstihu sa dá stanoviť, kedy bude vhodné začať s prípadným ohrevom obsahu aktivačnej nádrže.

Ďakujeme Ing. Pavlovi Bielekovi za poskytnutie údajov z meraní na Čistiarni odpadových vôd v Košiciach.

Literatúra – References

- [1] Praus, P.: Problematika odstraňování dusíku z odpadních vod, *VŠB – TU Ostrava*, 2002.
- [2] Droste, R. L.: Theory and practice of water and wastewater treatment, *John Wiley & Sons, Inc., Canada* 1997, ISBN 0-471-12444-3.
- [3] Chudoba, J., Dohányos, M., Wanner, J.: Biologické čišění odpadních vod, *STNL Praha*, 1991, ISBN 80-03-00611-2.
- [4] Tuček, F., Chudoba, J., Koníček, Z.: Základní procesy a výpočty v technologii vody, *STNL Praha*, 1988.
- [5] Búgel, M.: Vplyv odpadových vôd na kvalitu vody v Zemplínske Širave, *Acta Montanistica Slovaca*, Roč. 4 (1999), 57-60, ISBN 1335-1788.
- [6] Frank, S.: Velký obrazový atlas ryb, *Artia Praha* 1976, 66–061 – 76.
- [7] Smernica rady z 18. júla 1978 o kvalite sladkých povrchových vôd vyžadujúcich ochranu alebo zlepšenie kvality na účely podpory života rýb, (78/659/EHS) <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31978L0659:SK:HTML>.
- [8] Mandelíková, M., Ondrašovič M., Ondrašovičová O., Vargová, M.: Vplyv hodnoty pH a dávky Ca(OH)₂ na priebeh nitrifikácie, 2000, www.chmi.cz/meteo/CBKS/sbornikKosice.