

Optimalizace aeračních účinků na kaskádách

Ing. Tomáš Adler

VODING HRANICE, spol. s r.o.

V rámci rekonstrukce úpravny vody Tlumačov, probíhající v letech 1995 – 1997 došlo k radikální změně typu aeračního zařízení. Původní aerační zařízení typu ERBO (2x 2 ks.) byly nahrazeny u nás se jen sporadicky vyskytujícími stupňovitými kaskádami. Jelikož provozní zkušenosti s tímto typem aeračního zařízení byly jen mizivé, předcházel vlastnímu návrhu modelový pokus. Na sestaveném zmenšeném modelu kaskády byly prokázány příznivé účinky tohoto zařízení při desorpci volného oxidu uhličitého. Na základě naměřených výsledků, zhodnocení výhod tohoto typu aeračního zařízení při desorpci volného oxidu uhličitého z vod s vysokým obsahem železa a manganu, posouzení investičních a provozních nákladů, zvážení užité hodnoty tohoto zařízení a v neposlední řadě i náročnosti zařízení na údržbu a obsluhu, se projektant s investorem stavby shodli na vestavbě dvou stupňovitých kaskád do původních prostorů aerací. Tyto dvě rozměrově identické kaskády, lišící se pouze drsností obložení stupňů, byly projekčně zpracovány na kapacitu každé z nich 200 l.s⁻¹.

Při projekčních pracích byly na konce jednotlivých stupňů navrženy inovační stavitelné stěny umožňující regulaci výšky hladiny vody na stupních. Regulaci výšky hladiny vody na jednotlivých stupních kaskády je možné uskutečnit pomocí osazení různého počtu dubových desek do vodících nerezových U-profilů, přibetonovaných při výstavbě na konce jednotlivých stupňů, čímž dochází k nadržení rozdílného množství vody na jednotlivých stupních. Realizované provozní kaskády dosahovaly z hlediska odkyselování vod poměrně dobrých výsledků, avšak neumožňovaly u daného typu směsné vody dosažení úplného odvětrání agresivního oxidu uhličitého. Tento fakt byl motivací pro provedení širšího provozního posouzení možností tohoto zařízení při odkyselování vod a provedení optimalizace jeho účinků.

Dosažení hydrogen-uhličitánové rovnováhy v upravované směsné vodě na ÚV Tlumačov a získání nových poznatků při odkyselování vod na stupňovitých kaskádách bylo hlavním cílem práce, prováděné v rámci absolutoria postgraduálního studia na VUT v Brně (viz. lit. [3]). V průběhu let 1998 –1999 proběhla za plného chodu úpravny vody v Tlumačově řada provozních pokusů na obou zmíněných kaskádách. Vytčeného cíle, tedy dosažení celkového odvětrání agresivních forem volného oxidu uhličitého bylo nutné dosáhnout pomocí jednoduchých technických úprav na stávajících kaskádách a vzduchotechnickém zařízení, proveditelných za plného provozu úpravny. Provozní pokusy na kaskádách byly zaměřeny na několik oblastí souvisejících s odkyselováním vod.

Pokusy provedené v rámci této práce byly zaměřeny na vyhodnocení optimální varianty navržené mechanické nástavby. V první řadě se jednalo o provedení posouzení vlivu zvýšení hladiny vody na jednotlivých stupních pomocí v projektu navržených stavitelných stěn. Bylo zjištěno, že varianty s nadržением hladiny vody na stupních jsou z hlediska odvětrání volného oxidu uhličitého výhodnější než klasický přepad vody přes stupně bez nadržení hladiny vody. Tyto varianty s přepadem vody a nadržением hladiny vody na stupních však i po provedení následných úprav na stávající vzduchotechnice nedosahovaly hydrogen-uhličitánové rovnováhy. Následně byly odzkoušeny další varianty s rozdělením přepadového paprsku. Jednalo se o pokus, při kterém byly do vodících U-profilů osazeny dvě stavitelné stěny o výšce každé z nich 0,25 m. Tyto stěny

nadržovaly vodu na stupních a paprsky vody vytékaly pod spodní stavitelnou stěnou, mezi oběma stěnami a část průtoku přepadala přes horní hranu stavitelné stěny. Varianta s vytvořením třech paprsků vody se ukázala z hlediska odkyselování jako velmi málo účinná. Teprve vytvoření výtokového paprsku pod stavitelnou stěnou se současným nadržáním hladiny vody na stupních přineslo očekávané výsledky.

Dále se práce zabývá posouzením stávajícího způsobu odvětrání prostorů kaskád a návrhem úprav vedoucích ke snížení obsahu agresivního oxidu uhličitého v aerované vodě. Přítomnost dvou provozních stupňovitých kaskád na ÚV Tlumačov současně umožnila provedení podrobného porovnání stavu odvětrání volného oxidu uhličitého na jednotlivých stupních kaskád s rozdílnou drsností obložení stupňů. Neméně zajímavé jsou i výsledky provedeného mikroskopického hydrobiologického průzkumu nárostů na kaskádách. Tento průzkum obsahuje stanovení druhů organismů přisedlých na stupních a stěnách kaskád, poskytuje orientační informace o stavu odželezňování na kaskádách a přispívá k vytvoření provozních zásad údržby tohoto zařízení. Formulace zásad údržby kaskád navazuje na výsledky hydrobiologického průzkumu prováděného na celé technologické lince úpravny pod vedením Prof. RNDr. Aleny Sládečkové, CSc (viz. lit. [1] a [2]). Okrajově byl na kaskádách změřen vliv průtočného množství vody na účinnost odvětrání volného oxidu uhličitého a zajímavé je i porovnání vlivu množství ventilátory odvětrávaného vzduchu z prostorů aerace na množství volného oxidu uhličitého. Jednotlivé pokusy byly prováděny při různých průtočných množstvích vody. Pro zajištění objektivního porovnání variant s různými mechanickými nastávkami a odlišnými způsoby odvětrání prostorů kaskád byly u provedených měření, zahrnutých do tematicky zaměřeného pokusu, nastaveny shodné podmínky, tedy stejné množství a kvalita přiváděné surové vody.

Hodnocení výsledků odvětrání volného oxidu uhličitého spočívalo ve výpočtu jeho množství ze stanovené celkové acidity - $ZNK_{8,3}$. U každého vzorku bylo také stanoveno jeho pH a u sérií vzorků byla stanovena celková alkalita $KNK_{4,5}$. Z časových a technických důvodů nebyly u jednotlivých směsí vod laboratorně stanovovány hodnoty rovnovážného oxidu uhličitého, ale jejich hodnoty byly na základě naměřených výsledků převzaty z hydrotechnických tabulek. U jednotlivých vzorků nebylo prováděno měření nasycení vody kyslíkem. Měření nasycení vody kyslíkem bylo provedeno pouze pro porovnání jeho hodnot při odvětrání kaskády jedním a čtyřmi zapnutými ventilátory.

Výsledky naměřené v jednotlivých pokusech této výzkumné práce je možné považovat za dostatečně spolehlivé, protože pokusy probíhaly na provozních stupňovitých kaskádách, nikoliv na laboratorních modelech. Odběrům a vyhodnocování jednotlivých vzorků byla věnována maximální pozornost. Velkou výhodou pro zajištění dobré vypovídací schopnosti naměřených výsledků byla možnost jejich okamžitého zpracování v provozních laboratořích ÚV Tlumačov.

Kaskády jsou odvětrávány čtyřmi ventilátory s maximálním výkonem $19000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ vzduchu. Přídavné odvětrání je možné realizovat pomocí okna osazeného ve stěně na straně ventilátorů. Vzduch je na kaskády přiváděn čtyřmi okny osazenými ve stěně naproti ventilátorům. Konstrukce stupňovitých kaskád, popis a rozměry jednotlivých oken, typy, výkony a příkony ventilátorů, možnosti regulace průtočného množství vody a jiné důležité technické informace jsou podrobně popsány v projektové dokumentaci stavby.

Výsledky jednotlivých okruhů pokusů lze zobecnit a shrnout do několika následujících bodů :

1.) Významným přínosem této práce je posouzení a vyhodnocení vlivů osazení různého počtu stavitelných stěn v různých variantách nastavení na odvětrání volného oxidu uhličitého. Bylo prokázáno zlepšení odvětrání volného oxidu uhličitého při osazení kterékoliv z variant mechanických nástaveb na stupních, oproti odvětrávání volného oxidu uhličitého na klasické kaskádě bez osazení stavitelných stěn.

2.) Bylo zcela jednoznačně prokázáno, že nově navržená varianta s podtékáním vody pod stavitelnými stěnami se současným nadřazením hladiny vody na stupních je z hlediska odvětrání volného oxidu uhličitého výrazně lepší, než z literatury a praxe známý systém s přepadem vody přes stupně. Účinnost odvětrání se s rostoucí výškou hladiny vody na stupních zvyšuje. S rostoucí výškou hladiny vody na stupních dochází ke zvýšení výtokové rychlosti paprsku vody, turbulence a smykového napětí, přispívajícího ke zlepšení desorpce volného oxidu uhličitého z upravované vody. Výsledky tohoto zlepšení jsou prokázány naměřenými pokusy, ale jsou pozorovatelné i opticky. Při podtékání vody pod stavitelnou stěnou (stěnami) se na hladinách jednotlivých stupňů vytváří hustá pěna podobná té, která je pozorovatelná u provzdušňovacích zařízení typu INKA. Vlivy osazení různého počtu stavitelných stěn, v různých zkoušených variantách nastavení, je možné pozorovat ve vztahu k odvětrání volného oxidu uhličitého na Obr. [1].

3.) Byl prokázán vliv drsnosti povrchu stupňů kaskád na účinnost odvětrání volného oxidu uhličitého. V rámci možnosti porovnání průběhů odvětrání volného oxidu uhličitého na dvou kaskádách s rozdílnou drsností stupňů byl prokázán pozitivní vliv zvýšené drsnosti stupňů na odvětrání volného oxidu uhličitého. Z průběhů křivek odvětrání volného oxidu uhličitého na pravé a levé kaskádě je tento vliv patrný i když jsou výsledky odvětrání v konečné fázi na obou kaskádách totožné. Drsnost stupňů kaskád se při odvětrání volného oxidu uhličitého projeví zejména při nižším (tedy nedostatečném) počtu stupňů. Vliv drsnosti je patrný na Obr. [2] (Prává kaskáda má vyšší drsnost, než levá).

4.) Na úpravě vody Tlumačov byl při pokusech zjištěn nepříznivý vliv osazení okenních lamel zabraňujících pronikání hrubých nečistot do prostorů aerace. Tlaková ztráta vzniklá na okenních lamelách způsobovala výrazné snížení výkonu osazených nízkotlakých ventilátorů. Na základě těchto poznatků byl navržen alternativní způsob hrubého předčištění přiváděného vzduchu, spočívající v osazení drátěných sítí, nevyvozujících měřitelnou tlakovou ztrátu. Vliv tlakové ztráty na sání ventilátorů (vyvozené okenními lamelami) na množství odvětraného volného oxidu uhličitého je patrný na Obr. [3].

5.) Zajímavým poznatkem je porovnání závislosti množství vzduchu, odvětrávaného ventilátory z prostoru aerace, na hodnotách ve vodě přítomného volného oxidu uhličitého (viz. Obr. [4]). Pokus byl prováděn při demontovaných okenních lamelách, tedy za situace, kdy výkon ventilátorů není snižován tlakovou ztrátou na sání. Výsledky pokusu se při zapojení jednoho, či více ventilátorů liší v obsahu volného oxidu uhličitého jen nepatrně, výrazné zhoršení je však patrné při posouzení varianty s jedním zapnutým ventilátorem z hlediska množství kyslíku rozpuštěného ve vodě.

6.) Hydrobiologický průzkum provedený na stěnách a stupních kaskády přinesl zajímavé poznatky o složení nárostů. Na základě hojné přítomnosti přisedlých železitých bakterií *Gallionella ferruginea* a *Crenothrix fusca* lze nepřímo konstatovat dobrou odželezňovací funkci kaskády. Opakovaný hydrobiologický rozbor naznačil nutnost provádění mechanické očisty kaskády, pro zachování dobré odželezňovací funkce zmíněných bakterií. Prokázalo se, že na stupních s velkými vrstvami železitého kalu dochází ke snížení množství zmíněných bakterií *Crenothrix fusca*.

7.) Provedené posouzení tlakových ztrát na oknech dodatečně osazených sítí proti hmyzu, zabraňujících pronikání nečistot do aerace, neprokázalo měřitelnou změnu stupně odvětrání volného oxidu uhličitého. Jejich pozitivní vliv na snížení vzduchem vnášeného množství organického znečištění a přítomnost létajícího hmyzu v prostorách aerace byl potvrzen provedeným hydrobiologickým průzkumem.

8.) Pro ilustraci byly provedeny pokusy vyjadřující vliv závislosti průtočného množství vody protékající přes kaskádu na množství odvětraného volného oxidu uhličitého. Výsledky jednoznačně ukazují, že s rostoucím průtočným množstvím vody dochází ke snižování celkové účinnosti odvětrání volného oxidu uhličitého a snižování pH aerované vody.

9.) S ohledem na význam Tlumačovského zdroje vody je třeba se v další etapě inovací zaměřit na způsob dokonalejší filtrace vzduchu přiváděného do prostoru aerace. Jako jedna z návrhových alternativ se jeví osazení elektrostatických filtrů do oken přivádějících vzduch.

10.) Hodnoty dosaženého odvětrání volného oxidu uhličitého, při navržené variantě s podtékáním vody pod osazenými stavitelnými stěnami, jsou při zkoušených průtocích a kvalitách vody uspokojivé, bylo by však vhodné provést měření i na jiných typech vod s rozdílnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi.

10.) Výsledky výzkumu byly aplikovány na provozních kaskádách ÚV Tlumačov, kde přispívají ke zlepšení odvětrání volného oxidu uhličitého z vody a tím snížení množství dávkovaného vápenného hydrátu do upravované vody a současně i ke snížení tvorby dekarbonizačních kalů.

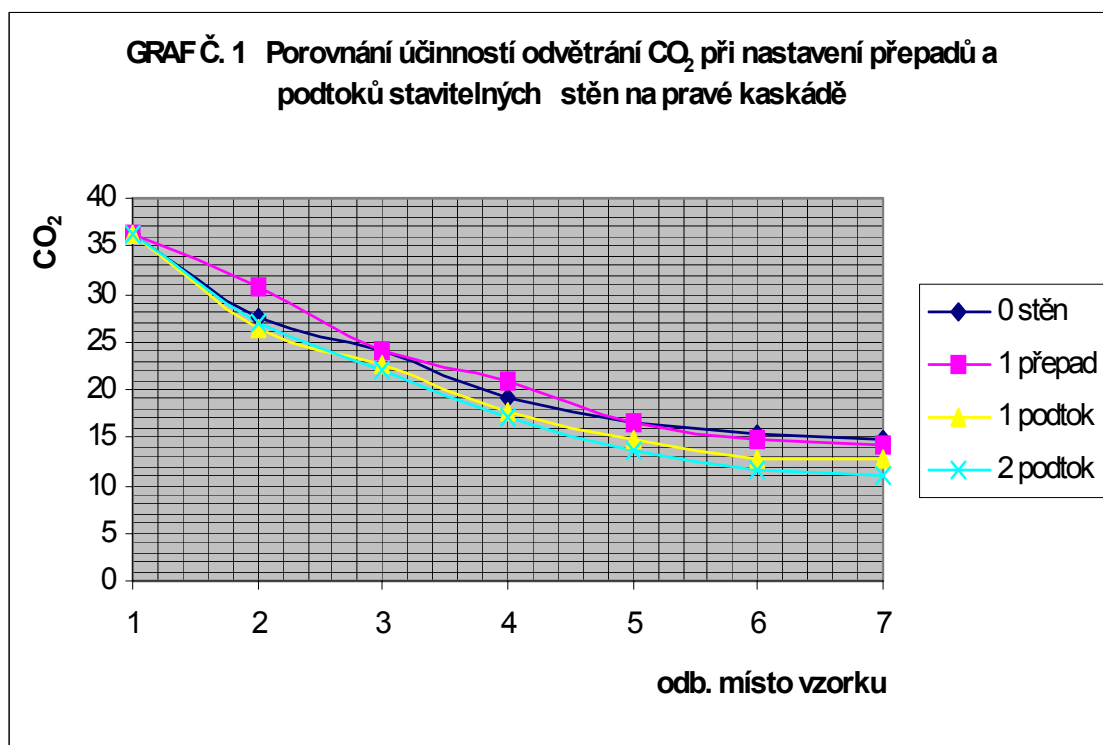
11.) Bylo zjištěno, že účinnost odvětrání volného oxidu uhličitého na kaskádách závisí na množství přiváděného vzduchu jen do určité míry. Při dosažení jisté výměny vzduchu v prostorách aerace, začínají hrát významnější roli jiné faktory.

Literatura:

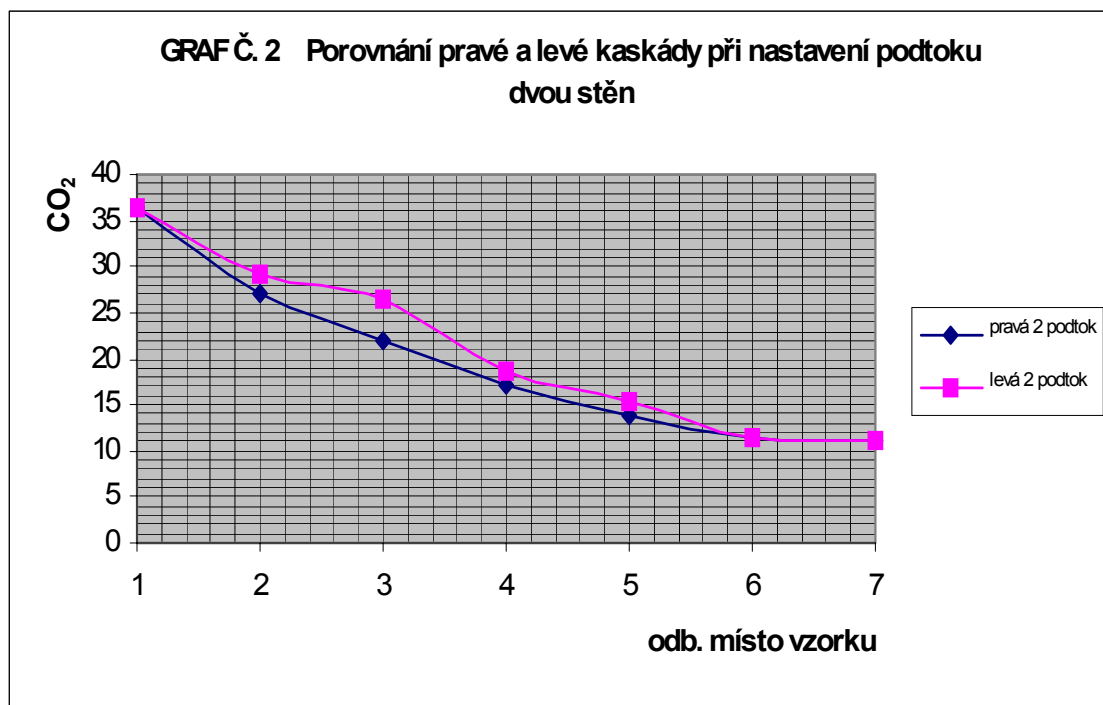
1. Sládečková, A., : Hydrobiologický audit ÚV Tlumačov, závěrečná zpráva pro VaK Zlín 1999.

2. Adler, P., Sládečková, A., Adler, T. : Komplexní posouzení ÚV Tlumačov po rekonstrukci, sborník přednášek XI. mezinárodní vědecké konference VUT Brno, 1999.

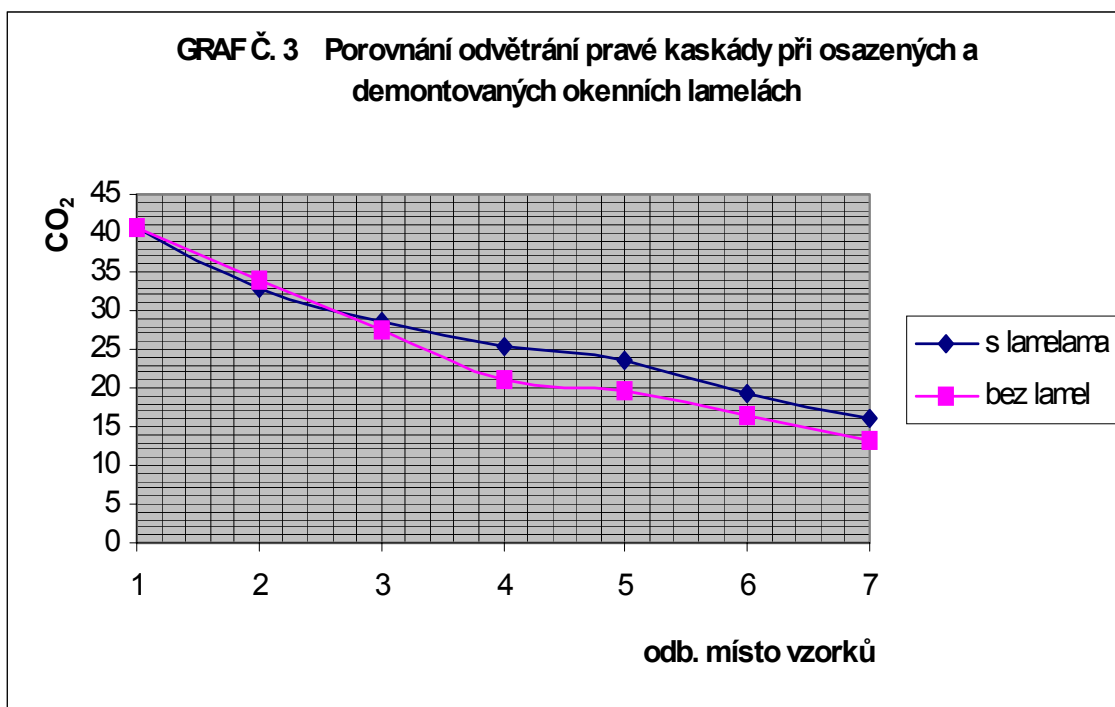
3. Adler, T. : Optimalizace aeračních účinků stupňovitých kaskád při odkyselování vod, disertační práce, 2000.



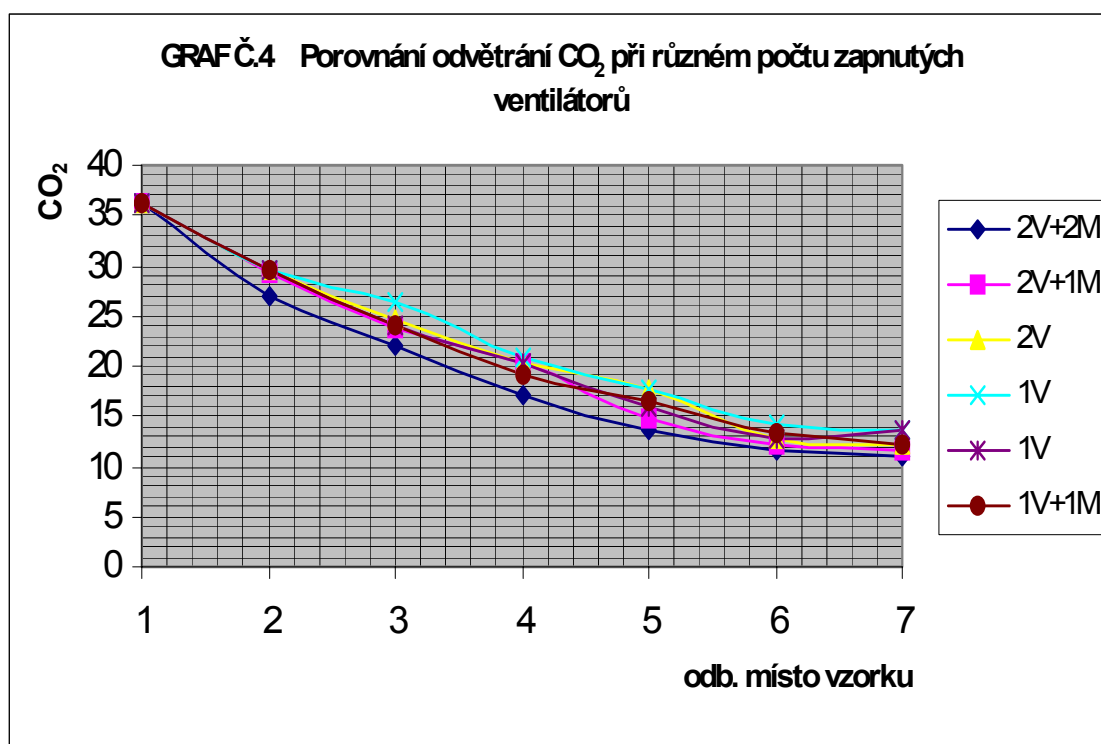
Obr. [1] : Průběh odvětrání volného oxidu uhličitého v jednotlivých odběrných místech při rozdílných mechanických nastaveních stěn (podtoky a přepady pod jednou a dvěma stěnami).



Obr. [2] : Průběh odvětrání volného oxidu uhličitého v jednotlivých odběrných místech při rozdílných drsnostech stupňů. Porovnání varianty s podtokem vody pod dvěma stěnami na pravé a levé kaskádě.



Obr. [3] : Průběh odvětrání volného oxidu uhličitého v jednotlivých odběrných místech při osazených a demontovaných okenních lamelách



Obr. [4] : Průběhy odvětrání volného oxidu uhličitého v jednotlivých odběrných místech při rozdílném počtu zapnutých ventilátorů (V - velký ventilátor 5500 m³.h⁻¹, M - malý ventilátor 4000 m³.h⁻¹).

