

**VYHODNOCENÍ RŮZNÝCH ZPŮSOBŮ ÚPRAVY SRÁŽKOVÝCH VOD
PRO VYUŽITÍ V CHOVECH HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT**
EVALUATION OF THE VARIOUS METHODS OF RAINWATER TREATMENT FOR USE IN LIVESTOCK

A. Machálek, J. Vegrícht, J. Šimon, J. Bradna, P. Hrušková, P. Šlapáková
Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Praha

Abstract

In the stables destined for livestock it is possible to capture a relatively large amount of rainwater from the roofs, that can be used in some technological processes directly or in case of other technologies after treatment. In the dairy farming, where the water consumption is the largest (110 litres per day and dairy cow), it is possible to replace 15% drinking water by rainwater captured from the stable roofs. It represents on a national scale a saving of 2 million m³ drinking water.

The realized analysis and assessment of different ways for treatment of rainwater for the possible use in livestock breeding and water analysis in realized experiments using laboratory equipment for collection and treatment of rainwater represent the basis for recommendation of appropriate methods to rainwater treatment for particular technologies destined for selected livestock categories.

Keywords: rainwater, rainwater treatment, barns, use of rainwater

ÚVOD

Většina hospodářských zvířat chovaných v ČR je ustájena v zastřešených stájích, které musí splňovat celou řadu legislativních požadavků technického rázu, jako např. vyhlášku Ministerstva zemědělství č. 191 o technických požadavcích na stavby pro zemědělství, ale i z hlediska welfare zvířat, což přímo ovlivňuje jak zastavěnou plochu, tak i plochu střešního pláště. Z analýzy projektových podkladů stáží vyplývá, že ve stájích pro dojnice vychází na jednu ustájenou dojnici půdorysná plocha střechy o velikosti 9,42 m². Při ročním srážkovém úhrnu 600 mm tak může být u stáje pro 200 dojnic zachyceno 1 130 m³ srážkové

vody, což je 15 % průměrné potřeby vody v této stáji. V celostátním měřítku tak jenom u dojnic lze ušetřit přes 2 mil. m³ pitné vody. Kvalita srážkové vody je závislá nejen na znečištění ovzduší, ale závisí i na druhu materiálu střešního pláště, ročním období a i když často dosahuje kvality pitné vody, není ji možné za pitnou vodu považovat bez provedených rozborů v akreditovaných laboratořích s negativním výsledkem. V chovech dojnic je celá řada technologických postupů, které vyžadují použití vody a kde by bylo možné použít srážkovou vodu přímo nebo po nenáročných úpravách, aby nedošlo k výraznému růstu nákladů na farmě a ovlivnění rentability výroby mléka.

Tab. 1: Půdorysná plocha střechy na 1 ustájený kus skotu podle kategorií (z podkladů Bauer Technics, a.s.)

Kategorie skotu	Půdorysná plocha střechy m ² / ks	Kategorie prasat	Půdorysná plocha střechy m ² / ks
dojnice	9,42	prasnice rodící a kojící	6,76
telata 0-3,5 měs.	6,13	prasnice ostatní	2,9
jalovice 3,5-9,5 měs.	4,44	odchov selat	0,47
jalovice 9,5-16 měs.	5,40	Výkrm prasat	1,12
jalovice 16-19 měs.	10,21	Kanci	13,8
jalovice 19-24 měs.	12,49		

Přehled možných způsobů úpravy srážkové vody

Povrchové vody na rozdíl od vod podzemních mají obvykle vyšší proměnlivou teplotu, podstatně vyšší koncentrace organických látek různého původu, vyšší koncentraci kyslíku, nízkou koncentraci oxidu

uhličitého, nízkou koncentraci hydrolyzujících kovů, zejména železa a manganu a menší mineralizaci. Rozdílné je i zastoupení mikroorganismů, které je u povrchových vod výrazně větší než u podzemních vod. Kvalita dešťové vody odebírané ze střešních

principiálně mohla být vodou destilovanou, ale již v atmosféře dochází ke kontaktu kapek deště se znečišťujícími látkami ve vzduchu a vázání na CO₂, takže vykazuje hodnotu 5,6 pH. Samotné střechy vykazují také znečištění, které je přímo úměrné délce bezdeštného období. Kvalitu zachycené srážkové vody lze výrazně zvýšit oddělením prvních cca 1 – 3 mm srážek (Pitter, 2009).

Od těchto výše uvedených parametrů se odvíjí technologický postup úpravy povrchové vody. Obecně se při navrhování technologického postupu úpravy povrchové vody musí přihlížet k výsledkům laboratorních testů, modelových nebo poloprovozních zkoušek, ke kolísání vodního zdroje a v neposlední řadě k výkonu technologického zařízení, k požadované kvalitě upravované vody a k ekonomickému zhodnocení navržených postupů. Cílem úpravy vlastností vody je dosažení takových parametrů upravené vody, aby byly splněny požadavky na kvalitu vody z hlediska jejího dalšího použití (Pitter, 2009 a Strnadová, 1999).

Jednotlivé separační procesy v technologii úpravy vody:

Mechanické, při kterých dochází k odstraňování suspendovaných látek (sedimentace, zahušťování, filtrace, flotace).

Fyzikálně – chemické a mikrobiologické, ke kterým patří odstraňování především koloidních látek organického původu (čiření – koagulace) a dále do sebe zahrnují odstraňování látek organických i anorganických z vody srážením, výměnou iontů, adsorpcí, reverzní osmózou, elektrodialýzou, oxidací či některou z biologických metod (Strnadová, 1999).

Mechanické předčištění vody

Povrchové vody mohou obsahovat plovoucí látky, hrubší suspenze s měrnou hmotností přibližně stejnou jako má voda a v neposlední řadě i štěrk a písek. Tyto výše uvedené látky musí být z vody odstraněny, protože by mohly ucpávat příváděcí řad nebo by se mohly dostávat až do samotného technologického zařízení a narušovat úpravárenský proces. Mezi zařízení používané pro odstraňování takovýchto látek patří česle, síta, pásové filtry a lapáky písku (Bindzar, 2009).

Úprava vody čiřením

Čiření (koagulace) je fyzikálně – chemický proces, kterým se z vody odstraňují koloidní látky anorganického i organického původu. Cílem tohoto technologického postupu je vytvořit takové podmínky, aby se nečistoty přitomě ve vodě převedly do separovatelné formy, větších celků, které lze z vody odstranit např. sedimentací či filtrací. Čiření spočívá v dávkování soli železa a hliníku, obecně koagulantů, které hydrolyzou poskytují hydratované oxidy železa a

hliníku. Díky působení koagulantů dochází k destabilizaci znečišťujících koloidních látek a ty mohou při vzájemných srážkách agregovat do větších celků, které jsou již z vody mechanicky separovatelné (Strnadová, 1999).

Filtrace

Filtrace je proces, při kterém kapalina protéká přes porézní přepážku, na které jsou zachycovány pevné (suspendované) částice.

Při technologii úpravy vody připadají v úvahu dvě možné technologické varianty filtrace:

- filtrace přes vrstvu zrnitého materiálu (tzv. hloubková či objemová filtrace),
- filtrace přes filtrační přepážku (tzv. koláčová filtrace).

Filtrace je jedním ze závěrečných technologických článků při úpravě vody (za sedimentací nebo za čiřením). Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují účinnost filtrace, patří charakter a množství suspendovaných látek ve filtrované vodě, zrnitost a výška filtrační náplně, filtrační rychlost, filtrační odpor písku k průtoku filtrované vody a s ní související viskozita (Bindzar, 2009).

Při úpravě pitné a provozní vody se nejčastěji používá objemová filtrace, kdy suspenze jsou zachycovány v celém objemu filtrační náplně v celé vrstvě zrnitého materiálu. Filtrační fáze je pracovní fáze, kdy se ve filtrační náplni zachycují suspenze, v práci fázi se filtrační lože regeneruje a zachycené suspenze se odvádějí do odpadu (Strnadová, 1999).

Mezi zařízení, které se při úpravě vody používají, patří: pomalé filtry, otevřené (atmosférické) filtry, tlakové filtry, dvouvrstvé a obrácené protékané filtry, filtry s náplní z plastických hmot a filtry pracující na principu koláčové filtrace (Strnadová, 1999).

Hygienické zabezpečení

Posledním technologickým postupem při úpravě povrchové vody je hygienické zabezpečení. Za tímto účelem se používají dezinfekční prostředky, které musí vodu zabezpečit proti přenášení infekčních onemocnění a zaručit tak bakteriologickou nezávadnost. Způsob hygienického zabezpečení vody se volí podle množství vody a jejího složení, podle druhu vodního zdroje, způsobu úpravy vody a její dopravy, podle místních poměrů a podle nákladů na dezinfekční proces (Říhová Ambrožová, 2009).

Možné technické způsoby hygienického zabezpečení:

Metody fyzikálně – chemické – UV záření, oligodynamické působení iontů těžkých kovů, membránová filtrace.

Metody chemické – Chlor a jeho sloučeniny, ozón, další oxidační sloučeniny.

Metody fyzikálně – chemické

Tyto metody jsou především vhodné pro dezinfekci individuálních zdrojů vody, domácí doupravu nebo pro úpravu bazénové vody.

UV záření

Ultrafialové záření je část spektra o vlnové délce 100 nm až 400 nm. Rekontaminace a reaktivace bakterií závisí na vlnové délce a použité dávce UV záření. Pro dezinfekci vody je důležité baktericidní záření v rozsahu 200 nm až 300 nm. Letální dávky záření se liší pro různé druhy mikroorganismů. Odstranění bakterií touto cestou je téměř 100 %. Jeho hlavní výhodou je silný baktericidní účinek, UV záření se nedá předávkovat a do vody nepřidáváme žádnou další chemikálii, která by mohla na druhé straně nežádoucím způsobem ovlivňovat jiné vlastnosti vody. Na druhou stranu nevýhoda této metody je, že voda musí být zbavena jakéhokoliv zákalu a zbarvení (jinak je UV záření absorbováno samotnou vodou) a také musí být upravovaná voda prozařována v tenké vrstvě (Říhová Ambrožová, 2009 a Šefcová, 1998).

Oligodynamické působení iontů těžkých kovů

Tento typ hygienického zabezpečení je vhodný pouze k úpravě individuálních zdrojů vod (např. studny). Do studny se nadávkuje předepsané množství přípravku (směs dusičnanu stříbrného a chloridu sodného) ve formě roztoku. Poté v upravované vodě dojde k vysrážení koloidní vrstvy chloridy stříbrného, který se usadí na stěnách studně. Již nízká koncentrace stříbrných iontů, která je ve vodě přítomna díky součinu rozpustnosti chloridu stříbrného, postačuje k jejímu hygienickému zabezpečení (Strnadová, 1999).

Membránová filtrace

Tyto procesy využívají selektivní propustnosti speciálních membrán. Do zařízení s membránou je přiváděna voda a na membráně dochází k jejímu rozdělení na dva proudy (permeát – prostupuje membránou a je zbaven určitého podílu znečištění, retentát – obsahuje zadržené látky).

V případě membránové filtrace jsou filtrační otvory tvořeny póry v matici polymeru, který tvoří membránu. Do permeátu proniknou z filtrované vody jen částice, které mají rozměr menší než je průměr pórů. Membrána představuje fyzickou bariéru, která látky zachytí, aniž by je teplotně, biologicky či chemicky změnila (nevznikají nebezpečné látky). Pro stanovení separačních vlastností různých druhů membrán se používá klasifikace podle velikosti částic, molekul a iontů: mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza. Výhodou membránové filtrace je, že dokáže účinně odstraňovat z vody zákal, bakterie a viry. Naopak nevýhodou je větší technická náročnost, vyšší pořizovací náklady a omezená životnost samotných membrán (Bindzar, 2009).

Metody chemické

Chemické metody jsou založeny na oxidačním působení desinfekčního činidla na bakterie, popřípadě viry.

Chlor a jeho sloučeniny

Pokud je hygienické zabezpečení vody provedeno chlorovými přípravky, pak je doporučeno, aby koncentrace aktivního chloru (chlor, který v kyselém prostředí oxiduje z jodidu ekvivalentní množství jodu) byla ve vodě u spotřebitele v koncentračním rozmezí 0,05 až 0,3 mg/l. Výhodou chloru a jeho dalších sloučenin je poměrně nízká cena a dostupnost a jednoduchost dávkovacích zařízení. Další výhodou je také jeho relativní stálost ve vodných roztocích. Hlavní nevýhodou chloru je ta, že chlor působí na organické látky a bakterie nejenom oxidačně, ale i chloračně. Při chloračním působení chloru vznikají chlorované látky (např. trihalogenmethany), které mohou i v relativně nízkých koncentracích mít karcinogenní účinek. Ze sloučenin chloru se nejčastěji používá pro hygienické zabezpečení vody chloramin a také oxid chloričitý (Strnadová, 1999 a Šefcová, 1998).

Ozón

Dalším používaným desinfekčním prostředkem je ozón, který se připravuje ze vzdušného kyslíku nebo čistého kyslíku elektrickým výbojem při vysokém napětí. Ozón, který má energeticky bohaté molekuly, se může rychle rozkládat za odštěpení kyslíku. Vznikající kyslík má pak značnou oxidační účinnost. Výhodou dezinfekce ozónem je značná dezinfekční účinnost a podstatné zlepšení sensorických vlastností vody. Ozón je jako desinfekční a oxidační prostředek podstatně účinnější než chlor a také má ve srovnání s chlorací či chloraminací maximální účinek při inaktivaci bakterií a virů. Mezi hlavní nevýhody použití ozónu patří však to, že tento plyn se nadá stlačit a skladovat a musí se vyrábět až v místě potřeby v zařízení nazývaném ozonizátor. Při výrobě ozónu v ozonizátoru je jeho výtěžek jen do 8 %, zbytek přivedené elektrické energie se přemění na teplo. Tudíž jeho dalšími nevýhodami jsou velké energetické náklady při vlastní výrobě, ale také vysoká toxicita a korozivní účinky (Strnadová, 1999 a Bindzar, 2009).

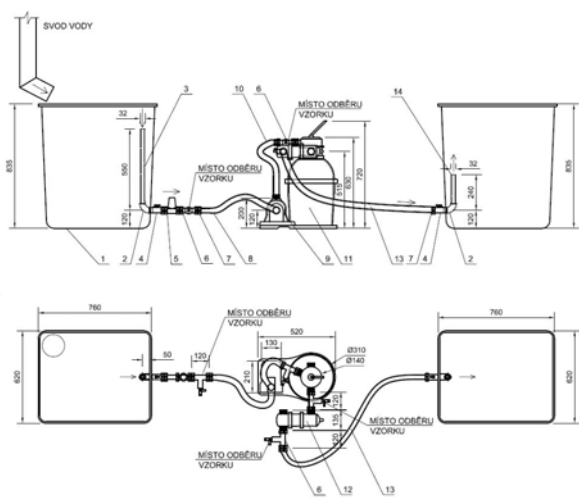
MATERIÁL A METODY

Na funkčním vzorku laboratorního zařízení pro sběr a úpravu dešťové vody (obr. 1) byla provedena úprava srážkové vody při současném odebírání vzorků vody po jednotlivých stupních úpravy s provedením rozborů podle normy na pitnou vodu včetně mikrobiologických rozborů a stanovení enterokoků koliformních a E-coli bakterií. Srážková voda byla

odebírána přímo ze svodu ze střechy v areálu VÚRV, v.v.i. a na farmě Poláček v Holích z podzemní nádrže.

Popis laboratorního zařízení pro sběr a úpravu dešťové vody

Schéma laboratorního zařízení pro sběr a úpravu dešťové vody je znázorněno na obr. 1. Sestává z přijímové nádrže 1 o objemu 300 litrů, v jejíž spodní vnější části boční stěny je přes průchodku napojen kulový ventil 4. Ve vnitřní části je na průchodku napojeno otočné koleno 2, do kterého se zasouvá sací trubka 3. Tato trubka je vyměnitelná a je v několika délkách, tak aby bylo možné čerpat vodu z různých hloubek. Za kulovým uzávěrem 4 je napojen filtr pevných částic 5 a dále T-kus s ventilem 3/4" pro odběr vzorků vody. T-kus je napojen hadicí 8 na sací otvor odstředivého čerpadla 9, o výkonu 120 W, které zajišťuje průtok vody filtrací přibližně $3 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Na výtlak čerpadla je napojena hadice 10, kterou se voda přivádí přes T-kus s ventilem 3/4" pro odběr vzorků vody na 4 cestný rozvod pískového filtru 11, kde je jako filtrační médium k odstranění mechanických nečistot použit křemičitý písek o zrnitosti 0,5 -1,25 mm. Hmotnost filtrační náplně je 25 kg. Voda tak může být nasměrována do pískového filtru nebo přímo přes T-kus s ventilem 3/4" pro odběr vzorků vody do UV sterilizátoru 12, s 18W UV lampou a maximálním doporučeným průtokem $4000 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ následně zbavuje vodu nežádoucích mikroorganismů. Rozvod pískového filtru může být nastaven do polohy umožňující zpětný proplach pískového filtru. Za UV-sterilizátorem je přes T-kus s ventilem 3/4" 6 pro odběr vzorků vody napojena hadice 13, která je napojena kulovým ventilem 4 a dále průchodkou na druhou nádrž o objemu 300 litrů, kde se shromažďuje výstupní voda.



Obr. 1: Schéma laboratorního zařízení pro sběr a úpravu dešťové vody



Obr. 2: Odběr vzorků vody za UV-sterilizátorem pomocí ventilu na T-kusu

Vzorky atmosférické vody byly odebírány dle technické normy ČSN ISO 5667-8 Pokyny pro odběr vzorků srážek. Odběr byl proveden pro zjištění fyzikálně-chemických vlastností dešťové vody a pro mikrobiologický rozbor. Pro odběr vzorků vody bylo použito vzorkovnic, které dodala akreditovaná laboratoř, kde probíhaly rozборы. Vzorky vody byly do laboratoře dodány neprodleně po odběru, tak aby mohly být nejpozději do 24 hodin zpracovány. Každý vzorek vody byl na analýzu odebrán třikrát, pro hodnocení byl proveden aritmetický průměr ze všech tří hodnot.

Výsledky rozboru jednotlivých vzorků byly porovnávány s Vyhláškou č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

VÝSLEDKY

Výsledky rozborů vzorků vod jsou shrnuty do tabulek a pro názornost i do grafu. V tabulce 2 jsou uvedené koncentrace fyzikálních a chemických ukazatelů vzorků odebraných v Holích a v areálu VÚZT. Vzorky byly odebrány z místa, kde dešťová voda vstupuje do laboratorního zařízení. Koncentrace iontů ve vzorku Hole střecha jsou vyšší v porovnání s koncentracemi vzorků odebraných v Ruzyni. Na obrázku 3 je pro názornost uveden graf, který shrnuje výsledky z tabulky 2.

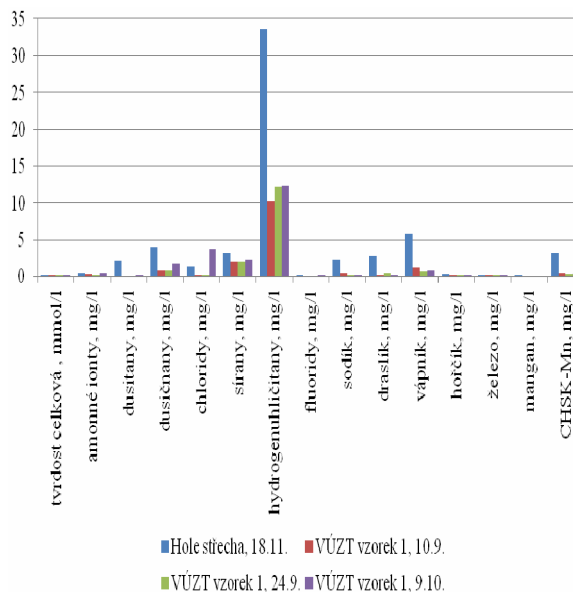
Tabulka 3 uvádí fyzikální a chemické ukazatele vzorků vody při experimentu v Ruzyni. Vzorek vody byl odebrán na vstupu a po UV desinfekci. Z tabulky vyplývá, že po UV desinfekci došlo ke zvýšení koncentrace hydrogenuhličitanů a k mírnému zvýšení dusičnanů. Naopak došlo k výraznému snížení koncentrace síranů a chloridů.

Tab. 2: Srovnání vzorků vody vstupující do laboratorního zařízení pro úpravu dešťové vody

Místo odběru	Hole střecha	VÚZT vzorek 1	VÚZT vzorek 2	VÚZT vzorek 3
tvrdost celková, mmol/l	0,2	0,03	0,02	0,02
amonné ionty, mg/l	0,42	0,27	0,12	0,4
dusitany, mg/l	2,07	<0,01	<0,01	0,04
dusičnany, mg/l	4,1	0,89	0,94	1,66
chloridy, mg/l	1,42	0,13	0,15	3,81
sírany, mg/l	3,2	1,93	1,97	2,3
hydrogenuhlíčitany, mg/l	33,56	10,17	12,13	12,23
fluoridy, mg/l	0,07	<0,01	<0,01	0,13
sodík, mg/l	2,3	0,43	0,07	0,19
draslík, mg/l	2,83	0,15	0,4	0,15
vápník, mg/l	5,9	1,23	0,8	0,93
hořčík, mg/l	0,38	0,05	0,07	0,13
železo, mg/l	0,07	0,06	0,06	0,09
mangan, mg/l	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
CHSK-Mn, mg/l	3,15	0,48	0,37	0,47
celková mineralizace, mg/l	53,69	14,99	16,33	16

Tab. 3: Výsledky fyzikálně-chemických ukazatelů vzorků vody, experiment VÚZT

Místo odběru		Vstupní	Po UV
sediment *		žádný	žádný
pach *		příjemný	příjemný
pH při 25°C		6,87	7,23
vodivost při 25°C	mS/m	2,23	3,70
barva	mgPt/l	2,10	<0,5
zákal	ZF	<0,5	<0,5
tvrdost celková	mmol/l	0,02	0,05
KNK 4,5	mmol/l	5,15	0,25
ZNK 8,3	mmol/l	0,12	0,12
CO2 volný	mg/l	5,13	5,13
amonné ionty	mg/l	0,40	0,38
dusitany	mg/l	0,04	0,06
dusičnany	mg/l	1,66	2,97
chloridy	mg/l	3,81	1,30
sírany	mg/l	17,33	5,80
hydrogenuhlíčitany	mg/l	12,23	15,27
fluoridy	mg/l	0,13	0,02
sodík	mg/l	0,19	0,41
draslík	mg/l	0,15	0,24
vápník	mg/l	0,93	1,43
hořčík	mg/l	0,13	0,30
železo	mg/l	0,09	0,04
mangan	mg/l	0,07	0,07
celková	mg/l	36,67	27,67
CHSK-Mn	mg/l	0,47	0,57



Obr. 3: Srovnání vzorků vody vstupující do laboratorního zařízení pro úpravu dešťové vody

Tabulka 4 shrnuje výsledky mikrobiologických ukazatelů vzorků vody při experimentu v Ruzyni. Vzorky vody byly odebrány na vstupu, po pískové filtraci a po UV desinfekci. Po pískové filtraci došlo k mírnému zhoršení mikrobiologických ukazatelů (Koliformní bakterie, Enterokoky), které mají podle vyhlášky č. 252/2004 mezní hodnotu (MH) a nejvyšší mezní hodnotu (NMH) 0 KTJ v 100 ml (kolonie tvořící jednotku). Po UV desinfekci došlo zpět ke snížení koliformních bakterií a enterokoků na hodnotu 0 KTJ ve 100ml, což vyhovuje výše zmíněné vyhlášce.

Tab. 4: Výsledky mikrobiologických ukazatelů vzorků vody, experiment VÚZT

Místo odběru	Vstupní	Po pískové filtraci	Po UV	ČSN ISO 252/2004 Sb.
Escherichia coli, KTJ ve 100 ml	0	0	0	0
Koliformní bakterie, KTJ ve 100 ml	0	>50	0	0
Enterokoky, KTJ ve 100 ml	0	2	0	0
Počet kolonií při 36 °C, KTJ v 1 ml	>300	>300	>300	20
Počet kolonií při 22 °C, KTJ v 1 ml	>3000	>3000	>3000	200

Tabulka 5 zobrazuje fyzikální a chemické ukazatele a tabulka 6 mikrobiologické ukazatele vzorků vody odebraných v areálu VÚZT. V tomto experimentu byly sledovány koncentrace iontů v závislosti na stáří jímané srážkové vody. Fyzikální a

chemické ukazatele se v období sledování výrazně neměnili. U mikrobiologických ukazatelů došlo ke zvýšení koncentrace Escherichia coli, Koliformních bakterií a Enterokoků.

Tab. 5: Fyzikální a chemické ukazatele jímané srážkové vody

Fyzikální a chemické ukazatele		14.7.2014	28.7.2014	11.8.2014	25.8.2014	8.9.2014	Limit/nejistota
sediment *		žádný	žádný	žádný	žádný	žádný	
pach *		příjatelny	příjatelny	příjatelny	příjatelny	příjatelny	
pH při 25°C (laboratoř)		7,0	6,7	7,3	7,0	6,8	MH 6,5-9,5 / 4 %
vodivost při 25°C	mS/m	0,91	1,20	1,50	2,20	3,70	MH 125 / 6 %
barva	mgPt/l	1,4	0,7	1,8	3,2	3,2	MH 20 / 11 %
zákal	ZF	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	MH 5 / 11 %
tvrdost celková	mmol/l	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	DH 2 - 3,5 / 17 %
KNK 4,5	mmol/l	0,60	0,80	0,25	0,10	0,30	
ZNK 8,3	mmol/l	0,25	0,30	0,15	0,05	0,1	
CO2 volný	mg/l	11,0	13,2	6,6	2,2	4,4	
amonné ionty	mg/l	<0,03	<0,03	0,36	0,45	0,59	MH 0,5
dusitany	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NMH 0,5
dusičnany	mg/l	1,8	1,3	1,2	1,2	1,2	NMH 50 / 10 %
chloridy	mg/l	0,73	0,29	0,27	0,38	0,37	MH 100 / 9 %
sírany	mg/l	3,1	3,0	2,0	2,0	2,6	MH 250 / 9 %
hydrogenuhlčitaný	mg/l	37	49	15	6	18	
fluoridy	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	NMH 1,5
sodík	mg/l	<0,5	1,8	2,8	1	1	MH 200 / 9 %
draslík	mg/l	0,19	1,0	2	1,5	1,5	
vápník	mg/l	0,6	0,6	1,2	0,7	1,0	MH* min. 30 / 9 %
hořčík	mg/l	0,13	0,08	0,17	0,1	0,07	MH* min. 10 / 9 %
železo	mg/l	0,05	0,04	0,16	0,10	0,06	MH 0,2 / 14 %
mangan	mg/l	0,020	<0,02	0,210	<0,02	<0,02	MH 0,05 / 9 %
celková mineralizace	mg/l	44	57	25	13	87	
CHSK-Mn	mg/l	0,8	1,4	0,3	0,3	0,5	MH 3 / 20 %

Tab. 6: Mikrobiologické ukazatele jímané srážkové vody

Mikrobiologické ukazatele		14.7.2014	28.7.2014	11.8.2014	25.8.2014	8.9.2014	Limit
Escherichia coli	KTJ ve 100 ml	0	0	0	0	18	NMH 0
Koliformní bakterie	KTJ ve 100 ml	0	>200	0	0	>200	MH 0
Enterokoky	KTJ ve 100 ml	0	>50	0	0	>50	NMH 0
Počet kolonií při 36 °C	KTJ v 1 ml	>300	>300	>300	>300	>300	MH 20
Počet kolonií při 22 °C	KTJ v 1 ml	>3000	>3000	>3000	>3000	>3000	MH 200

V tabulce 7 jsou uvedeny fyzikální a chemické ukazatele a v tabulce 8 mikrobiologické ukazatele vzorků vody odebraných ve stájích hospodářských zvířat. Vzorky byly odebrány ze sběrné nádrže a z napájecích žlabů 1,2 a 3, do kterých je přiváděna pitná voda z vodovodního řadu, která před vstupem splňuje

vyhlášku č 252/2004. Z chemických ukazatelů po vstupu pitné vody do žlabů došlo k mírnému zvýšení koncentrace amonných iontů, celkové tvrdosti, CHSK-Mn, manganu. V tabulce 8 jsou shrnuty mikrobiologické ukazatele, které výrazně překračují hodnoty uvádějí vyhláška č. 252/2004.

Tab. 7: Fyzikální a chemické ukazatele jímané srážkové a vody v napájecích žlabech

Fyzikální a chemické ukazatele	Sběrná	Napájecí	Napájecí	Napájecí	Limit/nejistota	
sediment *	žádný	mechanický	mechanický	mechanický		
pach *	přijatelný	hnilobný	hnilobný	hnilobný		
pH při 25°C (laboratoř)	6,9	6,5	6,4	6,6	MH 6,5-9,5 / 4 %	
vodivost při 25°C	mS/m	27,9	88,4	88,4	89,9	MH 125 / 6 %
barva	mgPt/l	13,0	17,7	17,3	5,6	MH 20 / 11 %
zákal	ZF	1,5	6,3	4,9	1,1	MH 5 / 11 %
tvrdost celková	mmol/l	0,80	3,65	3,51	3,79	DH 2 - 3,5 / 17 %
KNK 4,5	mmol/l	1,5	6,6	6,8	7	
ZNK 8,3	mmol/l	0,30	0,60	0,70	0,65	
CO ₂ volný	mg/l	13,2	26,4	30,8	28,6	
amonné ionty	mg/l	<0,03	1,7	2,1	2,2	MH 0,5
dusitany	mg/l	0,46	<0,01	<0,01	<0,01	NMH 0,5
dusičnany	mg/l	10,9	<0,1	<0,1	0,67	NMH 50 / 10 %
chloridy	mg/l	17,7	33,6	34,4	31,4	MH 100 / 9 %
sírany	mg/l	33	119	119	124	MH 250 / 9 %
hydrogenuhlíčitany	mg/l	92	403	415	427	
fluoridy	mg/l	0,14	0,66	0,62	0,66	NMH 1,5
sodík	mg/l	13,5	26	23,5	22,1	MH 200 / 9 %
draslík	mg/l	4,1	5,5	6,5	5,4	
vápník	mg/l	22,5	71,6	70,4	74,1	MH* min. 30 / 9 %
hořčík	mg/l	5,7	45,3	42,7	47,2	MH* min. 10 / 9 %
železo	mg/l	<0,04	0,34	0,33	0,09	MH 0,2 / 14 %
mangan	mg/l	0,05	0,08	0,08	0,08	MH 0,05 / 9 %
celková mineralizace	mg/l	199	704	711	732	
CHSK-Mn	mg/l	4,0	3,7	7,2	1,8	MH 3 / 20 %

Tab. 8 Mikrobiologické ukazatele jímané srážkové a vody v napájecích žlabech

Mikrobiologické ukazatele		Sběrná nádrž	Napájecí žlab 1	Napájecí žlab 2	Napájecí žlab 3	Limit
Escherichia coli	KTJ ve 100 ml	0	0	0	0	NMH 0
Koliformní bakterie	KTJ ve 100 ml	>200	>200	41	>200	MH 0
Enterokoky	KTJ ve 100 ml	>50	>50	10	>50	NMH 0
Počet kolonií při 36 °C	KTJ v 1 ml	>300	>300	>300	>300	MH 20
Počet kolonií při 22 °C	KTJ v 1 ml	>3000	>3000	>3000	>3000	MH 200

DISKUSE

Výsledky v tabulce 2, které srovnávají kvalitu jímané srážkové vody v lokalitách Hole a Ruzyně, ukazují, že koncentrace jednotlivých ukazatelů se mohou lišit. Kvalita jímané vody závisí na ročním období a množství srážek, ale také na materiálu, ze kterého je vyrobené jímání zařízení (viz vzorek Hole střecha – vyšší koncentrace fyzikálních a chemických ukazatelů).

Kvalita srážkové vody na vstupu do zařízení je vyhovující z hlediska barvy, zákalu, sedimentu a koncentrace organických látek (CHSK-Mn). Tudiž srážková voda je vhodná pro hygienické zabezpečení UV zářením, které je v opačném případě absorbováno samotnou vodou a může dojít ke snížení účinnosti hygienického zabezpečení. Při experimentu v Ruzyni, kde byly odebrány vzorky vody na vstupu, po pískové filtraci a po UV desinfekci, nedošlo k výrazné změně fyzikálních a chemických ukazatelů. Naopak po UV desinfekci došlo k výraznému snížení koncentrace mikrobiologických ukazatelů – potvrdila se účinnost desinfekce za pomoci UV záření.

Z experimentu, který sledoval koncentraci iontů v závislosti na stáří jímané srážkové vody, vyplývá, že koncentrace fyzikálních a chemických ukazatelů se výrazně nemění. U mikrobiologických ukazatelů může dojít po skladování srážkové vody v jímání nádrži ke zhoršení.

Z odebraných vzorků ze sběrné nádrže a z napájecích žlabů 1, 2 a 3 vyplývá, že dojde ke zhoršení kvality přiváděné pitné vody a to hlavně z mikrobiologického hlediska, která před vstupem do napájecích žlabů splňuje vyhlášku č.252/2004. Tudiž se jeví jako vhodné používat upravenou srážkovou vodu po filtraci a desinfekci UV zářením jako napájecí vodu pro hospodářská zvířata, která po úpravě splňuje limity z hlediska mikrobiologických ukazatelů dle vyhlášky č. 252/2004.

ZÁVĚR

Ve stájích pro chov hospodářských zvířat je možné zachytit ze střech poměrně velké množství srážkové vody, kterou lze využít v některých technologických

procesech přímo nebo po dalších technologických úpravách jako například napájecí vodu pro hospodářská zvířata. Obecně se při navrhování technologického postupu úpravy musí přihlížet k výsledkům laboratorních testů, modelových nebo poloprovozních zkoušek, ke kolísání vodního zdroje a v neposlední řadě k výkonu technologického zařízení, k požadované kvalitě upravované vody a k ekonomickému zhodnocení navržených postupů. Cílem úpravy vlastností vody je dosažení takových parametrů upravené vody, aby byly splněny požadavky na kvalitu vody z hlediska jejího dalšího použití. Kvalita srážkové vody, která byla sledována v experimentu, je z hlediska fyzikálních a chemických ukazatelů vyhovující – nízká koncentrace sedimentu, barvy, zákalu, organických látek (CHSK-Mn), celkové tvrdosti a s tím spojené celkové mineralizace. Z hlediska mikrobiologických ukazatelů je nutná úprava vody hygienickým zabezpečením, aby voda splňovala požadavky podle vyhlášky č.252/2004 a byla tím bakteriálně nezávadná. Nejvhodnější technologií pro úpravu námi zkoumané srážkové vody, po přihlédnutí k výše vyjmenovaným pravidlům výběru technologického procesu, je úprava vody mechanickým předčištěním (filtrace přes přepážku), hloubkovou filtrací (tlakový pískový filtr) a hygienickým zabezpečením pomocí UV záření. Námi zkoumaná srážková voda obsahuje minimální koncentraci zákalu, barvy, sedimentu a organických látek, což jsou hlavní parametry ovlivňující negativně účinnost desinfekce UV záření. Proto nejvhodnějším hygienickým zabezpečením je právě UV záření, které má silný baktericidní účinek, nedá se předávkovat, do vody nepřidáváme žádnou další chemikálii a v neposlední řadě je ekonomicky dostupné s dlouhou trvanlivostí samotných UV lamp a tím pádem minimálními náklady na provoz.

POZNÁMKA

Tento článek vznikl za podpory TAČR při řešení projektu TA03021245

REFERENCE

BINDZAR, J.; et al. Základy úpravy a čištění vod; Vydavatelství VŠCHT Praha: Praha, 2009.
 PITTER, P. Hydrochemie; Vydavatelství VŠCHT Praha: Praha, 2009.
 ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. Aplikovaná a technická hydrobiologie, 2nd ed.; Vydavatelství VŠCHT Praha: Praha, 2009.

STRNADOVÁ, N.; JANDA, V. Technologie vody I; Vydavatelství VŠCHT Praha: Praha, 1999.
 Hygienická problematika ultrafialového záření a ultrafiltrace, Sborník semináře: Aktuální otázky vodárenské biologie, p. 29 - 32; Šefcová, H., Ed.; 1998.

Abstrakt

Ve stájích pro chov hospodářských zvířat je možné zachytit ze střech poměrně velké množství srážkové vody, kterou lze využít v některých technologických procesech přímo nebo u dalších technologií po úpravách. V chovech dojnic, kde je spotřeba vody největší (110 litrů na dojnici a den) lze nahradit 15 % pitné vody vodou srážkovou zachycenou ze střech stájí, což v celostátním měřítku představuje úsporu 2 mil. m³ pitné vody.

Provedená analýza a posouzení různých způsobů úpravy srážkové vody pro možné využití v chovech hospodářských zvířat a analýza rozborů vody v provedených experimentech na laboratorním zařízení pro sběr a úpravu dešťové vody je podkladem pro doporučení vhodných metod úpravy srážkové vody pro jednotlivé technologie chovu vybraných kategorií hospodářských zvířat. Nejvhodnější technologií pro úpravu námi zkoumané srážkové vody je úprava vody mechanickým předčištěním (filtrace přes přepážku), hloubkovou filtrací (tlakový pískový filtr) a hygienickým zabezpečením pomocí UV záření. Námi zkoumaná srážková voda obsahuje minimální koncentraci zákalu, barvy, sedimentu a organických látek, což jsou hlavní parametry ovlivňující negativně účinnost desinfekce UV záření. Proto nejvhodnějším hygienickým zabezpečením je právě UV záření, které má silný baktericidní účinek, nedá se předávkovat, do vody nepřidáváme žádnou další chemikálii a v neposlední řadě je ekonomicky dostupné s dlouhou trvanlivostí samotných UV lamp a tím pádem minimálními náklady na provoz.

Klíčová slova: srážková voda, úprava vody, stáje, využití srážkové vody

Kontaktní adresa:

**Ing. Antonín Machálek, CSc., doc. Ing. Jiří Vegrícht, CSc.,
 Ing. Josef Šimon, Ing. Jiří Bradna, Ph.D.,
 Ing. Petra Hrušková, Ing. Petra Šlapáková**
*Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.,
 Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně, Česká republika,
 e-mail: antonin.machalek@vuzt.cz, tel: +420 233 022 268*

Recenzovali: doc. Ing. B. Čech, Ph.D., Ing. J. Slavík, Ph.D.