



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy

**VETUNI pro 21. století: Rozvoj VETUNI v oblasti digitalizace činností, profesionálního vzdělávání a flexibilních forem vzdělávání**

Projekt NPO registrační číslo NPO\_VETUNI\_MSMT-16594/2022

Specifický cíl A3: Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

**Studijní program:**

Veterinární ochrana veřejného zdraví

**Předmět:**

HVOD (Odpady v živočišné výrobě a potravinářství)

**Návaznost na výstup:**

☐ č. 1   ☐ č. 2   ☐ č. 3   ☐ č. 5   ☒ č. 6   ☐ č. 7   ☐ č. 8   ☐ č. 10

**Název výstupu:**

Studijní opory pro praktickou výuku

**Vazba na indikátor:**

U3



## **BSP Veterinární ochrana veřejného zdraví (VOVZ)**

Předmět: 2190/HVOD Odpady v živočišné výrobě a potravinářství

---

### **ÚVOD**

Jednou ze složek životního prostředí je voda. Zákon nařizuje, že povinností každého je předcházet znečišťování nebo poškozování zdrojů vody a minimalizovat nepříznivé důsledky své činnosti na kvalitu vod. Dle zákona je povinností každého při využívání zdrojů vody projektovat a provádět stavby k zamezování znečišťování vod a obnově zdrojů vod.

Zákon a legislativa se také zabývá ochranou povrchových a podzemních vod, hospodárným vodních zdrojů a zlepšováním jejich kvality a zajišťováním bezpečnosti vodních děl. Předmětem je také ochránit vodní ekosystém.

### **Znečišťující látky v odpadních vodách**

Splaškové odpadní vody

- zastoupena široká škála znečišťujících látek

Průmyslové odpadní vody

- může být dominance určité skupiny znečišťujících látek

Srážkové vody

- znečišťující látky atmosférická depozice povrchy

Znečišťující látky v odpadní vodě

99 % voda + 1 % znečištění = ČOV

### **Popisovány:**

- fyzikálními vlastnostmi
- chemickými vlastnostmi
- biologickými vlastnostmi

### **FYZIKÁLNÍ PARAMETRY**

- **teplota**
  - vyšší než teplota pitné vody
  - mění se v průběhu roku
  - ovlivňuje mikrobiální aktivitu
  - ovlivňuje rozpustnost plynů
  - ovlivňuje viskozitu kapalin
- **barva**
  - šedohnědá – obvyklá
  - tmavě šedá až černá – neobvyklá
- **zápach**
  - směs pachů, nepříjemné – subjektivní
  - sirovodík, amoniak – neobvyklý
  - průmyslové vody mají specifický zápach / vůni
- **zákal**
  - obsah nerozpuštěných látek
  - vyšší zákal = vyšší zatížení nerozpuštěnými látkami

### **chemické parametry (veškeré látky)**



|              |             |                           |
|--------------|-------------|---------------------------|
| ROZPUŠTĚNÉ   | organické   | biologicky rozložitelné   |
|              |             | biologicky nerozložitelné |
|              | anorganické |                           |
| NEROZPUŠTĚNÉ | organické   | biologicky rozložitelné   |
|              |             | biologicky nerozložitelné |
|              |             | usaditelné                |
|              |             | neusaditelné              |
|              | anorganické | usaditelné                |
|              |             | neusaditelné              |

Nerozpuštěné látky: Jedná se o znečištění, které je ve vodě viditelné často pouhým okem a lze ho snadno stanovit zachycením pomocí filtrace.

#### ORGANICKÉ LÁTKY (ORGANIC MATTER)

hlavní komponenty - proteiny, polysacharidy a lipidy

|                   |      |                             |
|-------------------|------|-----------------------------|
| NEPŘÍMÉ STANOVENÍ | TSK  | teoretická spotřeba kyslíku |
|                   | BSK  | biologická spotřeba kyslíku |
|                   | CHSK | chemická spotřeba kyslíku   |
| PŘÍMÉ STANOVENÍ   | TOC  | celkový organický uhlík     |

#### BIOLOGICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU

**Množství kyslíku** spotřebovaného **mikroorganismy** pro rozklad organických látek za aerobních podmínek.

**Oxidace** nově vzniklých **zásobních látek** probíhá cca 20 dní (tato doba je pro praktické využití příliš dlouhá používá se 5 denní inkubace – BSK<sub>5</sub>).

organická hmota + O<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{mikroorganismy}}$  CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + biomasa

#### Metody stanovení

- volumetrická (titrační) metoda
- respirometrická metoda
- elektrochemická metoda
- spektrofotometrická metoda

#### CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU

= je definována jako množství kyslíku, které se spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě pomocí silného oxidačního činidla. Pokud vypouštěná voda obsahuje vyšší koncentrace chemické spotřeby kyslíku, znamená to, že čistírna nebyla schopna dodat do čištěné vody dostatek kyslíku. Takto nekvalitně vypouštěná voda způsobí v toku narušení rovnováhy.

- znečištění organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami,
- vyjadřuje ekvivalentní množství kyslíku, odpovídající spotřebě oxidačního činidla,
- **CHSK (Cr)**      **dichromanu draselného K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**
- **CHSK (Mn)**      **manganistanu draselného KMnO<sub>4</sub>**
- jeden mol dichromanu spotřebovaného při titraci odpovídá 1,5 molu kyslíku v podobě O<sub>2</sub>,
- hodnoty CHSK se udávají v jednotkách mg/l,



**Financováno  
Evropskou unií**  
NextGenerationEU



- organické látky jsou oxidovány do různého stupně, většina z 90%.



### Metody stanovení

- volumetrická kvantitativní metoda
  - přesná v rozmezí výsledků od 30 mg·l<sup>-1</sup> do 700 mg·l<sup>-1</sup>
- spektrofotometrická metoda
  - měřitelné až do 1000 mg·l<sup>-1</sup>

### Poměr CHSK:BSK<sub>5</sub>

- pro splaškové odpadní vody typicky 1,7–2,4
- pro průmyslové odpadní vody široký interval
- nízký poměr CHSK:BSK<sub>5</sub> (<3,0)
  - vysoký obsah biologicky rozložitelných látek,
  - vody schopny biologického čištění
- vysoký poměr CHSK: BSK<sub>5</sub> (>3,5)
  - vysoký obsah anorganických látek
  - vody možno čistit fyzikálně/chemicky

### CELKOVÝ ORGANICKÝ UHLÍK (TOC)

- přímé stanovení obsahu organického uhlíku (mg/l),
- termická nebo chemická oxidace organického uhlíku na oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>),
- oxid uhličitý se poté detekuje a jeho obsah se kvantitativně vyhodnotí.

### Používají se dvě metody:

- vytěšňovací metoda
- diferenční metoda

### CHEMICKÉ PARAMETRY – CELKOVÝ DUSÍK (TOTAL NITROGEN)

**Organický dusík** - proteiny, aminokyseliny, moč

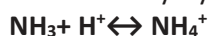
**Amoniový dusík** - produkt metabolismu N<sub>org</sub>

**Dusitany** - meziprodukt oxidace amoniového dusíku téměř se nevyskytuje na přítoku do ČOV

**Dusičnany** - konečný produkt oxidace amoniového dusíku, na přítoku se téměř nevyskytuje

**Obsah forem dusíku v surové odpadní vodě**

Ve vodě se vyskytuje amoniak ve formě:



pH < 8                      NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

pH = 9,5                      50 % NH<sub>3</sub> a 50 % NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

pH > 11                      NH<sub>3</sub>

### CHEMICKÉ PARAMETRY –CELKOVÝ FOSFOR (TOTAL PHOSPHORUS)

**Organický fosfor** - obsažen v organických látkách, fosfolipidy, fosfoproteiny

**Anorganický fosfor** - ortofosforečnany a polyfosforečnany



## LEGISLATIVA

### **Směrnice ES91/271/EHS o čištění městských odpadních vod**

#### Městské odpadní vody

- splašky nebo směs splašků, průmyslových odpadních vod nebo dešťových vod

#### Splašky

- odpadní vody ze sídel a služeb, které vznikají převážně jako produkt lidského metabolismu a činností v domácnosti

#### Průmyslové odpadní vody

- jakékoli odpadní vody vypouštěné z objektů používaných pro jakoukoli obchodní nebo průmyslovou činnost, které jsou jiné povahy než splašky a dešťové vody

#### 1PE (populační ekvivalent)

- zatížení vyjádřené jako produkce organického biologicky odbouratelného znečištění, která odpovídá pětidenní biochemické spotřebě kyslíku (BSK<sub>5</sub>)60g O<sub>2</sub>/den

#### Primární čištění

- čištění městských odpadních vod fyzikálním nebo chemickým postupem, včetně usazování nerozpuštěných látek nebo i jiného postupu, při kterém se před vypuštěním vstupujících odpadních vod snižuje jejich BSK<sub>5</sub> nejméně o 20 % a obsah nerozpuštěných látek nejméně o 50 %

#### Sekundární čištění

- čištění městských odpadních vod postupem obvykle zahrnujícím biologické čištění s dosazováním nebo jiný postup, který vyhovuje požadavkům uvedeným v tabulce 1 přílohy I (CHSK, BSK, NL)

Základním právním předpisem, který v České republice reguluje nakládání s odpadními vodami, je **Vodní zákon (zákon č. 254/2001 Sb.)**, o vodách, který stanovuje základní povinnosti subjektů vypouštějících odpadní vody do vodních toků. Dále jsou důležité prováděcí vyhlášky, jako například **vyhláška č. 401/2015 Sb.**, která specifikuje limity pro jednotlivé znečišťující látky a podmínky jejich vypouštění.

### **Zákonč.254/2001Sb., vodách**

**Odpadní voda** (odst.1, §38) voda použitá v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud má po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť a ze skládek odpadu.

**Kdo vypouští odpadní vody** do vod povrchových nebo podzemních, je povinen:

- **zajišťovat jejich zneškodňování** v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění.
- **v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu** měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu, který rozhodnutí vydal, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu.



- **při povolování vypouštění odpadních vod** do vod povrchových nebo podzemních stanoví vodoprávní úřad nejvýše přípustné hodnoty jejich množství a znečištění - viz nařízení vlády č.401/2015Sb.

Současná legislativa na úseku čištění odpadních vod v ČR vychází z principů příslušných směrnic Evropské unie (91/271/EEC a 2000/60/EC). Stávající vodní zákon (zákon č. 254/2001 Sb.) se zabývá čištěním odpadních vod v Díle 5 „**Ochrana jakosti vod**“.

*Toto nařízení stanovuje:*

- ukazatele vyjadřující stav povrchové vody
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod (včetně vod pro citlivé oblasti)
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro zdroje povrchových vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou využívány ke koupání
- normy environmentální kvality pro prioritní látky a některé další znečišťující látky,
- náležitosti a podmínky povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizace
- seznam prioritních látek a prioritních nebezpečných látek,
- nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod a podmínky jejich použití

Vypouštění odpadní vody do povrchové nebo podzemní vody musí být v souladu s vodním zákonem č.254/2001 Sb. Pro vypouštění musí být vydáno povolení k nakládání s vodami, které vydává příslušný vodoprávní úřad a které je časově omezené. Součástí rozhodnutí o nakládání s vodami bývá povinnost sledovat vlastnosti odpadní vody odběrem a rozbořem v akreditované laboratoři, je určen, způsob odběru, četnost a rozsah požadovaných analýz.

#### **Parametry a podmínky**

Klíčové parametry, které sledujeme pro vyhodnocení kvality odpadních vod, zahrnují: obsah fosforu, dusitanů, dusičnanů, amoniaku a kyslíku, dále hodnotu pH, teplotu vody a také její tvrdost (Mg + Ca). Tyto parametry jsou indikátory míry znečištění a ovlivňují tak účinnost čistících procesů. Legislativa stanovuje maximální povolené hodnoty těchto parametrů, které nesmí být překročeny, aby nedošlo k ohrožení vodních toků a ekosystémů.

#### **Mezi hlavní podmínky pro vypouštění odpadních vod patří:**

- Limitní hodnoty a normy (pH, chemické látky, těžké kovy, organické látky a další látky znečišťující vodu,)
- Zajištění pravidelného monitorování a měření kvality odpadních vod a splňování stanovených limitních hodnot. To zahrnuje pravidelné odběry vzorků a jejich analýzu
- Používání technologií a zařízení pro úpravu a čištění odpadních vod s cílem minimalizovat obsah znečišťujících látek a zajistit, aby odpadní vody splňovaly stanovené limity.
- Dodržování zákazů a omezení týkajících se odpadních vod
- Zajištění pravidelného sledování a hlášení o stavu a kvalitě odpadních vod



#### Hlavními sledovanými ukazateli odpadních vod jsou:

- **Chemická spotřeba kyslíku:** je definována jako množství kyslíku, které se spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě pomocí silného oxidačního činidla. Pokud vypouštěná voda obsahuje vyšší koncentrace chemické spotřeby kyslíku, znamená to, že čistírna nebyla schopna dodat do čištěné vody dostatek kyslíku. Takto nekvalitně vypouštěná voda způsobí v toku narušení rovnováhy.
- **Biochemická spotřeba kyslíku:** Měří množství organických látek, které mikroorganismy spotřebují při jejich rozkladu.
- **Nerozpuštěné látky:** Jedná se o znečištění, které je ve vodě viditelné často pouhým okem a lze ho snadno stanovit zachycením pomocí filtrace.
- **Koncentrace dusíku a fosforu:** Důležité látky pro životní prostředí jejichž nadměrné koncentrace mohou vést k eutrofizaci vodních toků.

#### Hlavní sledovaná kritéria

Při posuzování kvality odpadních vod se věnuje pozornost zejména následujícím kritériím:

1. **Organické znečištění:** Měřeno pomocí BSK<sub>5</sub> a CSK, udává množství kyslíku potřebného k rozkladu organických látek v odpadní vodě.
2. **Nutrienty:** Koncentrace dusíku a fosforu jsou kritické z hlediska eutrofizace vodních toků.
3. **Toxické látky:** Koncentrace těžkých kovů a dalších toxických látek je regulována s ohledem na ochranu vodní fauny a flóry.

#### Rozbor odpadních vod

Pro kontrolu kvality odpadních vod se běžně používají tři typy rozborů:

1. **Fyzikálně-chemické rozbor:** Zahrnují měření pH, kontrola barvy, zákalu, pachu, vodivosti, dále volný CO<sub>2</sub>, tvrdost, vápník, hořčík, sodík, draslík, železo, mangan, amonné ionty, chloridy, dusičnany, dusitany, hydrogenuhličitan, sírany, fluoridy, celková mineralizace.
2. **Bakteriologické rozbor:** Zaměřují se na přítomnost a množství bakterií, které mohou být indikátorem zdravotní nezávadnosti vody. Tzn. Escherichia coli, enterokoky, koliformní bakterie, počty kolonií při 22 °C a 36 °C.

#### Rozbor odpadních vod

- **Chemický rozbor:** Stanovuje chemické složení odpadních vod, včetně koncentrace anorganických látek (iontů jako jsou chloridy, sírany, dusitany, fosfáty) a organických látek (uhlovodíky, tuky, detergenty, pesticidy atd.), kovů (olovo, železo, měď, zinek, chrom atd), látek s toxickým potenciálem a látek ovlivňujících pH nebo alkalitu.
- **Biologický rozbor:** Určuje biologické charakteristiky odpadních vod, jako jsou množství a druhy mikroorganismů, biologická rozložitelnost organických látek a biologická aktivita.
- **Fyzikální rozbor:** Zaměřuje se na fyzikální vlastnosti vody, jako jsou teplota, barva, míra zakalení, průhlednost, elektrická vodivost a odpařitelné látky.





## **CHLORIDY**

Chloridy se běžně do prostředí dostávají erozí hornin, odparem z oceánů, vulkanickou činností i lesními požáry. Hlavní antropogenní zdroje jsou pak chemický průmysl, chloridy sodný se používá k výrobě chlóru a hydroxidu sodného, spalování uhlí, chloridy se uplatňují ve změkčovačích vody a v posypových solích. Při překročení určité meze, která je pro různé druhy organismů různá, nicméně dochází k úhynu živočichů i rostlin z důvodu vysoké salinity (solnosti). Limitní hodnota podle <https://www.energiekolin.cz/cs/kanalizace/limity-znecistení-vypoustených-vod> je 400 mg/l, 1000mg/l v dokumentu od Vodovody a kanalizace Přerov, a.s. (maximální povolený obsah sulfidů 10mg/l).

**Limity:** Limity pro chloridy ve vodách se mohou lišit v závislosti na lokálních předpisech a účelu využití vody. Například pro pitnou vodu činí limit pro chloridy zpravidla **250 mg/l** podle Směrnice EU o pitné vodě.

**Zdroje:** Hlavními zdroji chloridů ve vodách jsou odpadní vody z průmyslových procesů, zimní posypové soli a zemědělský odtok.

**Vliv na kvalitu vody:** Zvýšená koncentrace chloridů ve vodě může vést ke korozi vodovodních systémů, ovlivnit chuť vody a negativně působit na vodní ekosystémy (změna osmotického tlaku u některých druhů organismů).

**Vliv na zdraví:** Ačkoliv chloridy samotné nejsou považovány za zvláště toxické, jejich vysoké koncentrace mohou způsobit problémy s krevním tlakem, především u osob se zvýšenou citlivostí na sůl.

## **SULFIDY**

**Limity:** Pro sulfidy jsou limity stanoveny velmi nízké, často jsou považovány za škodlivé již v koncentracích okolo **0,05 mg/l** v pitné vodě.

**Zdroje:** Rozklad organické hmoty pod vodní hladinou a výskyt sulfidových minerálů je jedním z přirozených zdrojů či procesů vzniku sulfidů ve vodách.

**Vliv na kvalitu vody:** Sulfidy ve vodě mohou způsobovat zápach a černání kovů a stavebních materiálů.

**Vliv na zdraví:** Vysoké koncentrace sulfidů mohou být pro člověka toxické, mohou způsobovat podráždění očí a kůže, a při velmi vysokých koncentracích i poškození nervového systému.

## **FOSFOR**

Fosfor (P) je důležitým biogenním prvkem ve vodě se vyskytujícím pouze v organických i anorganických sloučeninách. Celkový fosfor je stejně jako u celkového dusíku skupinový analytický ukazatel sloužící k hodnocení kvality povrchových a podpovrchových vod.

**Celkový fosfor** je dán množstvím anorganických orthofosforečnanu ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), polyfosforečnanu a organicky vázaného fosforu.

Do vodního prostředí se anorganický fosfor dostává zejména z hnojiv, čistících a pracích prostředků, organicky vázaný fosfor pak z rozkladných procesů biomasy, živočišného odpadu a z některých chemických látek používaných v zemědělství (pesticidy, koenzymy ATP apod.).

Sloučeniny fosforu nejsou jako takové pro vodní život toxické, v nadměrném množství ale způsobují eutrofizaci vod v posledních letech velmi palčivý problém vedoucí až k úplné ztrátě ekologické funkce vodních biotopů. Náhlý vzrůst celkového fosforu v pitné vodě může poukazovat na fekální znečištění. Koncentrace fosforečnanů není ze zdravotního hlediska při běžných koncentracích příliš důležitá.

**Náhlý vzrůst koncentrace fosforečnanů ve vodě může indikovat případné fekální znečištění vody. Nesmí překročit 3mg/l.**



**Limity:** Limity pro celkový fosfor se obvykle pohybují kolem **0,1 mg/l** pro povrchové vody určené k pití.

**Zdroje:** Jeden z hlavních zdrojů fosforu ve vodách je zemědělské hnojivo, dále také odpady z domácností a průmyslové odpady. Fosfor se také uvolňuje z přirozených zdrojů jako jsou fosfátové horniny.

**Vliv na kvalitu vody:** Fosfor je hlavním omezujícím faktorem pro růst řas ve sladkých vodách. Jeho přebytek může vést k eutrofizaci, což způsobuje nadměrný růst řas a následné snížení úrovně kyslíku ve vodě, což ohrožuje vodní organismy.

**Vliv na zdraví:** Přímý toxický účinek fosforu na lidské zdraví je nízký, avšak nepřímé účinky eutrofizace mohou ovlivnit kvalitu pitné vody a způsobit zdravotní problémy spojené s kontaminací vodních zdrojů patogenními organismy.

### PŘEMĚNY $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$

Na odstranění amoniakálního dusíku z odpadní vody je potřeba vysoké množství kyslíku a zároveň optimální nastavení prostředí pro bakterie, které  $\text{NH}_4$  rozkládají (rozklad na  $\text{NO}_3$  - finální produkt nitrifikace).

Pokud je čistírna nevhodně navržena nebo provozována a amoniakální dusík se neodstraní v dostatečné míře, způsobí silný výkyv ekologické rovnováhy. Stojaté vody většinou nejsou schopny rychle odbourat nebo transformovat  $\text{NH}_4^+$  na jinou formu. Problémem  $\text{NH}_4^+$  je jeho potenciální přechod na toxickou formu  $\text{NH}_3$  (při pH nad 9,0).

Pitná voda obsahuje maximálně do 0,5 mg/l  $\text{NH}_4^+$ . Čisté povrchové a podzemní vody obsahují do 0,1 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , splaškové odpadní vody desítky mg/l  $\text{NH}_4^+$ , rybníčky a močůvky stovky mg/l  $\text{NH}_4^+$ .

Forma  $\text{NH}_3$  může působit toxicky vůči rybám – zvýšené koncentrace ve vodě způsobují úhyn ryb. Konkrétně u ryb může způsobit poškození žaber (to ovlivňuje správné dýchání ryb), rovnováhy elektrolytů (kvůli zvýšení pH vody; může vést k osmotickému stresu), nervového systému, funkce jater a může vést k útlumu dechové činnosti.

$\text{NH}_3$  se rozpouští ve vodě na hydroxid amonný  $\text{NH}_4\text{OH}$ , který leptá sliznice a zejména nebezpečný je pro oči – možnost oslepnutí. Při požití  $\text{NH}_4\text{OH}$  dochází k poleptání zažívacího traktu, následuje žloutenka (toxická hepatitida) a zánět ledvin.

### DUSITANY/DUSIČNANY

#### Dusičnany

- norma 50 mg/l
- zvýšená koncentrace dusičnanů v pitné vodě je nebezpečná pro kojence = vznik methemoglobinémie

= jsou redukovány bakteriemi v GIT na dusitany – vstřebávají se do krve – mění hemoglobin na methemoglobin, který pevně váže kyslík

#### Dusitany

- norma 0,1 – 0,5 mg/l
- přítomnost ve vodě svědčí o znečištění
- důležitý je poměr dusičnany/dusitany

Strava je hlavním zdrojem dusičnanů a dusitanů. Dusitany a dusičnany se nacházejí v mnoha potravinářských komoditách, a to buď jako přírodní složky nebo úmyslné přísady. Pitná voda, zelenina a uzené maso představují hlavní zdroj těchto látek v potravě. Mohou se také nacházet v menší míře v rybách a mléčných výrobcích. Pro běžnou populaci se příjem dusitanů pohybuje mezi 0-20 mg/den, zatímco příjem dusičnanů činí 53-300 mg/den.



Největší část příjmu dusičnanů (80-95 %) tvoří strava rostlinného původu (hlavně zelenina a z části ovoce), kdežto dietní dusitany mají zejména původ v přídatných látkách, přidávaných do konzervovaného masných výrobků (39 %) a pečiva či obilných výrobků. Kromě toho se větší míře mohou také nacházet v pitné vodě, přestože jsou jejich hladiny v mnoha zemích striktně regulovány.

- Dusitany ( $\text{NO}_2^-$ ) a dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ) jsou sloučeniny dusíku, které mají významný vliv na životní prostředí i lidské zdraví.

### LIMITY DUSITANŮ A DUSIČNANŮ

- Potraviny

**Dusitany:** Používají se jako konzervační látky v některých potravinách, zejména uzeninách. Max. limity jsou regulovány podle typu potraviny a legislativy jednotlivých zemí

**Dusičnany:** Limity se pohybují od 200 do 300 mg/kg pro většinu zeleniny

- Vliv na volně žijící organismy

Dusitany a dusičnany mohou mít negativní vliv na volně žijící organismy, zejména ve vodních ekosystémech jako jsou ryby a obojživelníci.

Vysoké koncentrace dusitanů jsou toxické a mohou způsobit methemoglobinemii, což snižuje schopnost krve přenášet kyslík.

**Ptáci a savci** = Dusitany mohou být toxické i pro ptáky a savce, pokud jsou vystaveni vysokým koncentracím prostřednictvím vody nebo potravy

- Vliv na vodu

Dusitany a dusičnany se dostávají do vody zejména z těchto zdrojů =

- **Zemědělství:** Použití hnojiv obsahujících dusík vede k uvolňování dusičnanů do půdy a následně do podzemních a povrchových vod.
- **Odpadní vody:** Dusitany a dusičnany mohou pocházet i z městských odpadních vod a průmyslových zdrojů.
- Dusičnany jsou soli kyseliny dusičné, které se do vody dostávají z půdy. Jejich nadměrné množství ve vodě může mít negativní vliv na zdraví. V těle se totiž mohou měnit na škodlivé dusitany.
- Vyšší výskyt dusičnanů ve vodě souvisí s rozmachem hnojiv používaných v zemědělství. Intenzivnější zemědělská produkce s sebou totiž přinesla pesticidy a **dusíkatá hnojiva**, jejichž vlivem se škodliviny nachází v půdě i v pitné vodě. Maximální výskyt dusičnanů v pitné vodě je 50 mg/l, pro kojence 10 mg/l. Jde o nejvyšší mezní hodnotu, což znamená, že pokud by toto číslo bylo vyšší, voda by se už nemohla považovat za pitnou. Tento limit vychází z doporučení Světové zdravotnické organizace a řídí se jím i další státy EU. Pokud nepřekročíte přiměřenou dávku (uvádí se 3,5 mg na 1 kg hmotnosti na den), dusičnany jako takové pro vás nejsou rizikové. Tělo je vyloučí v moči. Problém spočívá v tom, že se dusičnany v našem těle přeměňují na nebezpečné dusitany. Nebezpečí dusitanů spočívá v jejich přeměně v těle na jiné látky, konkrétně nitrosaminy. Ty vznikají sloučením dusitanů s aminy, které se vyskytují například v alkoholu či některých lécích. Jsou karcinogenní a mohou vést ke vzniku nádorových onemocnění. Pravděpodobnost vzniku nitrosaminů snižíte konzumací vlákniny a vitamínu C. Vlákna totiž urychlují průchod potravy ve střevech a vitamín C usnadňuje přeměnu dusitanů na oxid dusný. Další možný problém představuje reakce dusitanů s krevním barvivem,



především u kojenců. Reakcí vznikne methemoglobin, který zabraňuje transportu kyslíku po těle. Vyšší dávka tak může vést k udušení. Proto je u kojenců a malých dětí velmi důležité dbát na kvalitu pitné vody. Limit pro maximální výskyt dusitanů v pitné vodě je stanoven na 0,50 mg/l. Stejně jako v případě dusičnanů se jedná o nejvyšší mezní hodnotu.

- Odpadní produkt, který je produkován z ryb, rostlinných zbytků, zbytků potravy a hniloby v rybníku, je amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), pokud hodnota pH je nižší než 7. Pokud je pH vyšší než 7, výsledkem je amoniak ( $\text{NH}_3$ ), což je mnohem toxičtější než amonium. Amoniak vede k nevratnému poškození žaber, což následně dusí ryby, zabíjí více ryb než nedostatek kyslíku. Maximální povolené množství amoniaku v pitné vodě je 0,5mg/l. Přeměna probíhá za pomoci bakterií.

### **přeměny dusitany/dusičnany**

#### **DUSITANY**

Přeměna dusitanů  $\text{NO}_2^-$  v odpadních vodách je klíčový proces v rámci čištění odpadních vod, jelikož dusitany jsou toxické a mohou způsobit zdravotní problémy u lidí a zvířat. Tyto procesy zahrnují několik biochemických reakcí, které jsou součástí širšího cyklu dusíku. Máme několik procesů přeměn v odpadních vodách například:

**Nitrifikace:** Toto je dvoufázový proces, který přeměňuje amoniak  $\text{NH}_3$  na dusičnany  $\text{NO}_3^-$ . První fáze zahrnuje oxidaci amoniaku na dusitany za pomoci amonii-oxidujících bakterií (např. rody *Nitrosomonas*). V druhé fázi jsou dusitany oxidovány na dusičnany pomocí dusitano-oxidujících bakterií (např. rody *Nitrobacter*).

**Denitrifikace:** Tento proces je anoxický (bez přítomnosti kyslíku) a přeměňuje dusičnany na plynný dusík  $\text{N}_2$ , který se uvolňuje do atmosféry. Je to zásadní proces pro odstraňování dusíku z odpadních vod. Denitrifikaci provádějí heterotrofní bakterie, které využívají dusičnany jako konečný akceptor elektronů místo kyslíku.

**Anammox** (anaerobní amoniiová oxidace): Tento proces je nově objeven a kombinuje amoniak a dusitany za vzniku plynného dusíku, a to za anaerobních podmínek. Tento proces provádějí specifické bakterie známé jako anammox bakterie (např. rody *Brocadia*).

**Assimilace:** Mikroorganismy v odpadních vodách mohou také využívat dusitany a dusičnany pro syntézu bílkovin a jiných buněčných složek.

Tyto procesy jsou obvykle řízeny a optimalizovány v různých stupních čištění odpadních vod, aby byla zajištěna maximální účinnost odstraňování dusitanů a celkového dusíku. Je důležité udržovat vhodné podmínky (např. pH, teplota, dostupnost kyslíku nebo absence kyslíku) pro podporu růstu a aktivity specifických mikroorganismů, které tyto procesy provádějí.

#### **DUSIČNANY**

Přeměna dusičnanů  $\text{NO}_3^-$  v odpadních vodách je zásadní proces pro snížení obsahu dusíku, což je důležité pro prevenci vodních ekosystémů a ochranu kvality vody. Tento proces zahrnuje hlavně denitrifikaci, ale také další biologické procesy.



Způsoby přeměny dusičnanů v odpadních vodách:

**Denitrifikace:** Denitrifikace je biologický proces, při kterém se dusičnany redukují na plynný dusík ( $N_2$ ) přes několik meziproduktů, jako je dusitan ( $NO_2^-$ ), oxid dusnatý (NO) a oxid dusný ( $N_2O$ ). Tento proces probíhá za anoxických (bez přítomnosti kyslíku) podmínek a provádějí ho denitrifikační bakterie, které používají dusičnany jako konečný akceptor elektronů místo kyslíku.

**Assimilace:** Některé mikroorganismy mohou dusičnany využívat k syntéze organických sloučenin, jako jsou bílkoviny a nukleové kyseliny. Tento proces se nazývá asimilační redukce dusičnanů a probíhá za přítomnosti kyslíku.

**Anammox (anaerobní amoniová oxidace):** Anammox proces kombinuje amoniak ( $NH_4^+$ ) a dusičnany za vzniku plynného dusíku ( $N_2$ ) a vody za anaerobních podmínek. Tento proces provádějí specifické bakterie známé jako anammox bakterie.

#### Praktické aplikace v čističkách odpadních vod:

- **Anoxické zóny:** V čističkách odpadních vod jsou vytvořeny specifické zóny bez kyslíku (anoxické zóny), kde denitrifikační bakterie mohou efektivně redukovat dusičnany na plynný dusík.
- **Sekvenční dávkové reaktory (SBR):** Tyto reaktory umožňují řízení aerobních a anoxických podmínek ve specifických časových intervalech, což optimalizuje procesy nitrifikace a denitrifikace.
- **Integrované fixační reaktory:** Tyto reaktory kombinují různé procesy (nitrifikace, denitrifikace a anammox) v jedné nádrži, což zvyšuje efektivitu odstranění dusíku.

Úspěšná přeměna a odstranění dusičnanů z odpadních vod vyžaduje pečlivé řízení procesních podmínek, jako jsou teplota, pH, koncentrace kyslíku a uhlíku, aby se podpořil růst a aktivita specifických mikroorganismů odpovědných za tyto biochemické reakce.

Některé procesy dusitanů a dusičnanů jsou malinko podobné ale i přes to tak odlišné nesmíme si je plést mezi sebou.





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU

MT  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



BSP Veterinární ochrana veřejného zdraví (VOVZ)

Předmět: 2190/HVOD **Odpady v živočišné výrobě a potravinářství**

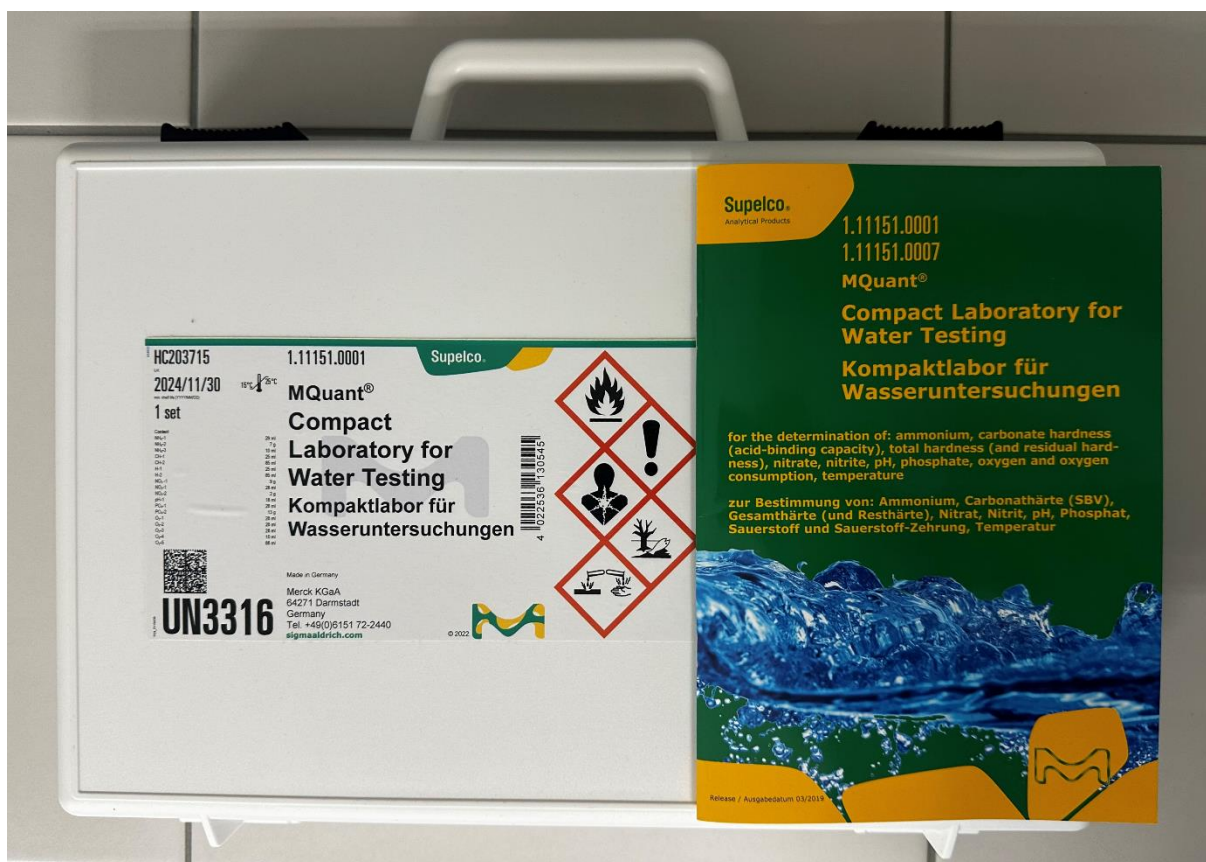
*V tomto cvičení pracujete ve dvojicích. Nezapomeňte veškeré sklo, destičky atd. popisovat.  
Na konci hodiny protokol odevzdat.*

Datum:

Protokol vyhotovil/a:

Skupina:

## **Stanovení kvality vody pomocí kompaktní laboratoře**





## Princip

Kompaktní laboratoř Aquamerck je vhodná zejména na rychlé a snadné monitorování kvality vod v terénu na základě okamžitého stanovení všech významných parametrů. Dále je vhodná pro analýzy spojené s biologickým hodnocením vod a v akademické a pedagogické činnosti. Tyto testy jsou založeny na jednoduchých kolorimetrických a titračních metodách.

## Odběr vzorků

Vzorky povrchové vody se odebírají z různých míst a hloubek. Místa i hloubky původu vzorků se uvádějí do odběrového protokolu. Rovněž se uvádějí i příslušné meteorologické údaje. V případě odpadních vod, kdy se předpokládá určitá nehomogenita, je nutné odebírat alespoň 3 vzorky, a to v místě vypouštění, v místě výtoku do vodního toku a v místě vodního toku vzdáleném od výtoku odpadní vody, kde se již nepředpokládá zjevné znečištění.

- vzorky se odebírají do čistých, uzavíratelných plastových nádob
- před odběrem je nutné je vypláchnout vzorkem
- po odběru je nutné vzorky okamžitě uzavřít, aby nedošlo ke vzniku vzduchových bublin
- analýzu vzorku je třeba provést co možná nejrychleji, v závislosti na složení vzorku,
- se může vlivem různých fyzikálních, chemických a biologických dějů koncentrace stanovovaných složek měnit velmi rychle

## Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

**emisními standardy** - nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod uvedené v příloze č. 1 k tomuto nařízení

Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod

A.

Odpadní vody vypouštěné z komunálních čistíren odpadních vod

Tabulka 1a: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p<sup>3)</sup>, maximální hodnoty (m<sup>4)</sup> a hodnoty průměru<sup>5)</sup> koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

| Kategorie ČOV (EO) <sup>1)7)</sup> nebo velikost aglomerace | CHSK <sub>Cr</sub> |                 | BSK <sub>5</sub> |                 | NL              |                 | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> * |                     | N <sub>celk</sub> <sup>2),8)</sup> * |                     | P <sub>celk</sub> *  |                 |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|
|                                                             | p <sup>3)</sup>    | m <sup>4)</sup> | p <sup>3)</sup>  | m <sup>4)</sup> | p <sup>3)</sup> | m <sup>4)</sup> | průměr <sup>5)</sup>             | m <sup>4)</sup> -6) | průměr <sup>5)</sup>                 | m <sup>4)</sup> -6) | průměr <sup>5)</sup> | m <sup>4)</sup> |
| <500                                                        | 150                | 220             | 40               | 80              | 50              | 80              | -                                | -                   | -                                    | -                   | -                    | -               |
| 500 - 2000                                                  | 125                | 180             | 30               | 60              | 40              | 70              | 20                               | 40                  | -                                    | -                   | -                    | -               |
| 2001 - 10000                                                | 120                | 170             | 25               | 50              | 30              | 60              | 15                               | 30                  | -                                    | -                   | 3                    | 8               |
| 10001 - 100000                                              | 90                 | 130             | 20               | 40              | 25              | 50              | -                                | -                   | 15                                   | 30                  | 2                    | 6               |
| > 100000                                                    | 75                 | 125             | 15               | 30              | 20              | 40              | -                                | -                   | 10                                   | 20                  | 1                    | 3               |

\* Neexistence konkrétního emisního standardu nevylučuje možnost stanovení emisního limitu pro daný ukazatel při postupu podle § 5 odst. 2 a 3.



## Vlastnosti a význam ukazatelů rozboru vody

### pH

Koncentrace vodíkových iontů vyjadřuje kyselost (pod 7,0) nebo zásaditost (nad 7,0) vody. Hodnota pH je ovlivňována zejména obsahem rozpuštěného oxidu uhličitého. U pramenité vody se pH nejčastěji pohybuje mezi 7,0–7,5, u povrchové vody až přes 8,0.

### Amoniak

Biologickou redukcí dusičnanů v bezkyslíkatém prostředí vznikají amonné ionty. V koncentracích nad cca 0,5 mg/l, ve spojení se zvýšeným obsahem bakterií, chloridů, dusitanů a fosforečnanů, indikují možné fekální znečištění.

### Dusitany

Dalším, ze stanovovaných parametrů jsou dusitany, které jsou ve vodním prostředí nestálé. Vyšší koncentrace nad 0,5 mg/l mohou indikovat závady v potrubní síti a *ve spojení se zvýšeným obsahem amoniaku, chloridů, fosforečnanů a bakterií fekální znečištění.*

### Dusičnany

Jako konečným produktem oxidačního rozkladu dusíkatých organických látek jsou dusičnany. Jejich zvýšené hodnoty nad 50 mg/l signalizují možné znečištění zdroje.

### Kyslík

Pro mnohé ve vodě žijící organismy je rozpuštěný kyslík základním předpokladem k jejich přežití. Jeho obsah je tedy třeba sledovat v takových provozech, jako je chov ryb, ale také při kontrole stavu povrchové a říční vody. Doporučená hodnota je co nejbližší 100% nasycení.

### Tvrdost (Ca + Mg)

Je způsobena ionty vápníku a hořčíku, patřící mezi základní kationy ve vodě.

Doporučená hodnota je 0,9-5,0 mmol/l (5-28°N/dH).

! Obsah se měří v mmol/l nebo též v tzv. německých nebo francouzských stupních.

1 mmol/l = 5,6 d (německé stupně)

1 mmol/l = 10 F (francouzské stupně)

### Příloha č. 1 k vyhlášce č. 70/2018 Sb.

Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů

#### B. Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

| ukazatel     | zkratka                      | jednotka | limit | typ limitu |
|--------------|------------------------------|----------|-------|------------|
| amonné ionty | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg/l     | 0,50  | MH         |
| dusičnany    | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg/l     | 50    | NMH        |
| dusitany     | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | mg/l     | 0,50  | NMH        |
| chloridy     | Cl <sup>-</sup>              | mg/l     | 100   | MH         |

NMH - nejvyšší mezní hodnota

MH - mezní hodnota





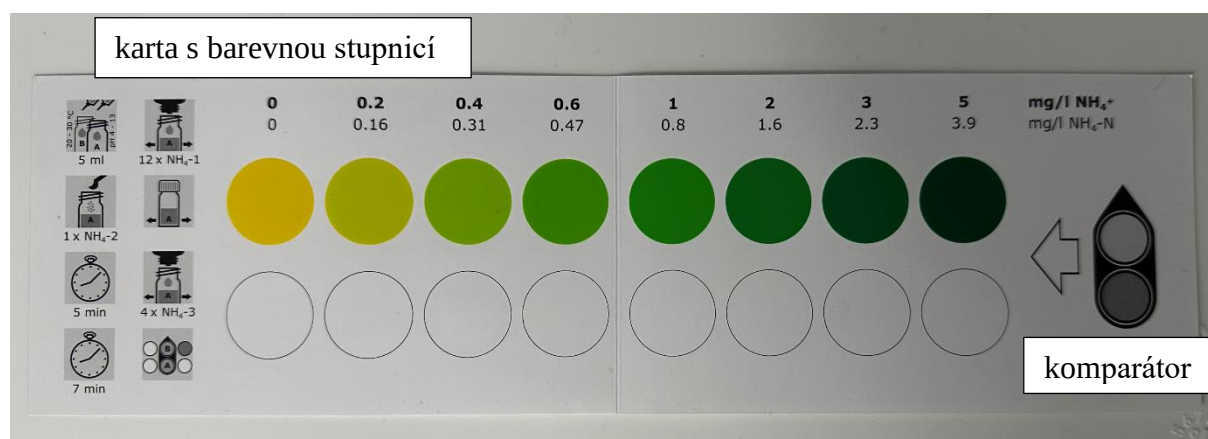
Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU

MT  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



## Pomůcky a zařízení

**Kompaktní laboratoř** – plně vybavena činidly a pomocným zařízením potřebným k detekci jednotlivých parametrů testovaných vod

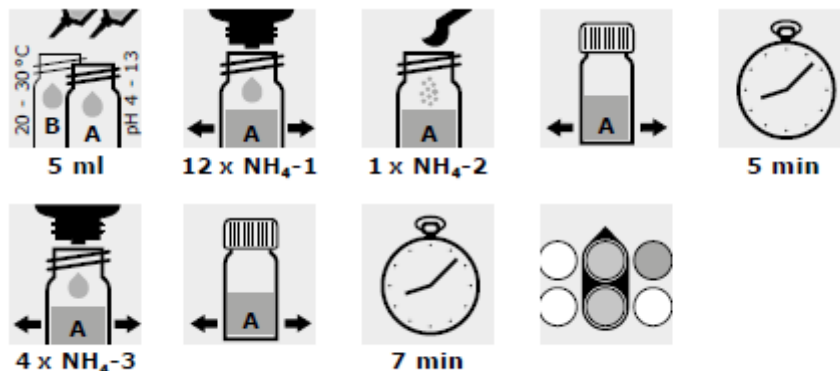


**B** – blank (slepý vzorek) – nepřidávají se žádná činidla, pouze 5 ml vzorku

**A** – testovací zkumavka – 5 ml vzorku + činidla dle návodu



## AMONIAK



Postup:

| Dvě zkumavky se šroubovacím uzávěrem několikrát vypláchněte předem upraveným vzorkem.                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                  |        |                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | slepé měření                                                                     | vzorek |                                                                                                  |
| Předupravený vzorek (20-30 °C)                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5 ml                                                                             | 5 ml   | Vstříkněte do zkumavky injekční stříkačkou.                                                      |
| Reagenční činidlo $\text{NH}_4^{-1}$                                                                                                                                                                                                                                                                               | 12 kapek <sup>1)</sup>                                                           | -      | Přidejte, uzavřete zkumavku a promíchejte.                                                       |
| Reagencie $\text{NH}_4^{-2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1 zarovnaná modrá mikrolžička (je ve víčku lahvičky činidla $\text{NH}_4^{-2}$ ) | -      | Přidejte, uzavřete zkumavku a promíchejte – <b>silně protřepejte, dokud se zcela nerozpustí.</b> |
| <b>Nechte stát 5 min.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                  |        |                                                                                                  |
| Činidlo $\text{NH}_4^{-3}$                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4 kapky <sup>1)</sup>                                                            | -      | Přidejte, zavřete zkumavku a promíchejte.                                                        |
| Zkumavky vložte do posuvného komparátoru jako jak je znázorněno na obrázku, a umístěte komparátor na podložku – barevnou kartu tak, jak je na ní vyznačeno.                                                                                                                                                        |                                                                                  |        |                                                                                                  |
| <b>Nechte stát 7 min.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                  |        |                                                                                                  |
| Posouvejte komparátor po barevné škále, dokud není nejbližší možná shoda barev mezi oběma otevřenými zkumavkami při pohledu shora.<br>Odečtěte <b>výsledek v mg/l <math>\text{NH}_4^+</math> nebo <math>\text{NH}_4\text{-N}</math></b> z barevné karty označené symbolem na špičatém konci posuvného komparátoru. |                                                                                  |        |                                                                                                  |

**1) Při přidávání činidla držte láhev ve svislé poloze!**

Poznámky:

- vzorky analyzujte okamžitě po odběru vzorků
- vzorky zakalené vody před stanovením filtrujte
- Protože amonné ionty jsou v rovnováze s rozpuštěným volným amoniakem ( $\text{NH}_3$ ) v závislosti na pH, měří se při tomto stanovení také amoniak ve formě amonných iontů. Tato zkouška tedy vždy měří „celkovou koncentraci amoniaku“.



Podíl volného amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) na celkové koncentraci amoniaku v závislosti na teplotě vody a pH (podle Steffens, 1981).

### teplota/pH

| °C | 6.0     | 6.5    | 7.0    | 7.5   | 8.0   | 8.5  | 9.0  | 9.5  | 10.0 |
|----|---------|--------|--------|-------|-------|------|------|------|------|
| 0  | 0.00827 | 0.0261 | 0.0826 | 0.261 | 0.820 | 2.55 | 7.64 | 20.7 | 45.3 |
| 1  | 0.00899 | 0.0284 | 0.0898 | 0.284 | 0.891 | 2.77 | 8.25 | 22.1 | 47.3 |
| 2  | 0.00977 | 0.0309 | 0.0977 | 0.308 | 0.968 | 3.00 | 8.90 | 23.6 | 49.4 |
| 3  | 0.0106  | 0.0336 | 0.106  | 0.335 | 1.05  | 3.25 | 9.60 | 25.1 | 51.5 |
| 4  | 0.0115  | 0.0364 | 0.115  | 0.363 | 1.14  | 3.52 | 10.3 | 26.7 | 53.5 |
| 5  | 0.0125  | 0.0395 | 0.125  | 0.394 | 1.23  | 3.80 | 11.1 | 28.3 | 55.6 |
| 6  | 0.0136  | 0.0429 | 0.135  | 0.427 | 1.34  | 4.11 | 11.9 | 30.0 | 57.6 |
| 7  | 0.0147  | 0.0464 | 0.147  | 0.462 | 1.45  | 4.44 | 12.8 | 31.7 | 59.5 |
| 8  | 0.0159  | 0.0503 | 0.159  | 0.501 | 1.57  | 4.79 | 13.7 | 33.5 | 61.4 |
| 9  | 0.0172  | 0.0544 | 0.172  | 0.542 | 1.69  | 5.16 | 14.7 | 35.3 | 63.3 |
| 10 | 0.0186  | 0.0589 | 0.186  | 0.586 | 1.83  | 5.56 | 15.7 | 37.1 | 65.1 |
| 11 | 0.0201  | 0.0637 | 0.201  | 0.633 | 1.97  | 5.99 | 16.8 | 38.9 | 66.8 |
| 12 | 0.0218  | 0.0688 | 0.217  | 0.684 | 2.13  | 6.44 | 17.9 | 40.8 | 68.5 |
| 13 | 0.0235  | 0.0743 | 0.235  | 0.738 | 2.30  | 6.92 | 19.0 | 42.6 | 70.2 |
| 14 | 0.0254  | 0.0802 | 0.253  | 0.796 | 2.48  | 7.43 | 20.2 | 44.5 | 71.7 |
| 15 | 0.0274  | 0.0865 | 0.273  | 0.859 | 2.67  | 7.97 | 21.5 | 46.4 | 73.3 |
| 16 | 0.0295  | 0.0933 | 0.294  | 0.925 | 2.87  | 8.54 | 22.8 | 48.3 | 74.7 |
| 17 | 0.0318  | 0.101  | 0.317  | 0.996 | 3.08  | 9.14 | 24.1 | 50.2 | 76.1 |
| 18 | 0.0343  | 0.108  | 0.342  | 1.07  | 3.31  | 9.78 | 25.5 | 52.0 | 77.4 |
| 19 | 0.0369  | 0.117  | 0.368  | 1.15  | 3.56  | 10.5 | 27.0 | 53.9 | 78.7 |
| 20 | 0.0397  | 0.125  | 0.396  | 1.24  | 3.82  | 11.2 | 28.4 | 55.7 | 79.9 |
| 21 | 0.0427  | 0.135  | 0.425  | 1.33  | 4.10  | 11.9 | 29.9 | 57.5 | 81.0 |
| 22 | 0.0459  | 0.145  | 0.457  | 1.43  | 4.39  | 12.7 | 31.5 | 59.2 | 82.1 |
| 23 | 0.0493  | 0.156  | 0.491  | 1.54  | 4.70  | 13.5 | 33.0 | 60.9 | 83.2 |
| 24 | 0.0530  | 0.167  | 0.527  | 1.65  | 5.03  | 14.4 | 34.6 | 62.6 | 84.1 |
| 25 | 0.0569  | 0.180  | 0.566  | 1.77  | 5.38  | 15.3 | 36.3 | 64.3 | 85.1 |
| 26 | 0.0610  | 0.193  | 0.607  | 1.89  | 5.75  | 16.2 | 37.9 | 65.9 | 85.9 |
| 27 | 0.0654  | 0.207  | 0.651  | 2.03  | 6.15  | 17.2 | 39.6 | 67.4 | 86.8 |
| 28 | 0.0701  | 0.221  | 0.697  | 2.17  | 6.56  | 18.2 | 41.2 | 68.9 | 87.5 |
| 29 | 0.0752  | 0.237  | 0.747  | 2.32  | 7.00  | 19.2 | 42.9 | 70.4 | 88.3 |
| 30 | 0.0805  | 0.254  | 0.799  | 2.48  | 7.46  | 20.3 | 44.6 | 71.8 | 89.0 |

Příklad:

Naměřené hodnoty: teplota vody 12 °C; pH 7,5; koncentrace amoniaku 2 mg/l

Procento volného amoniaku z tabulky = 0,684 %

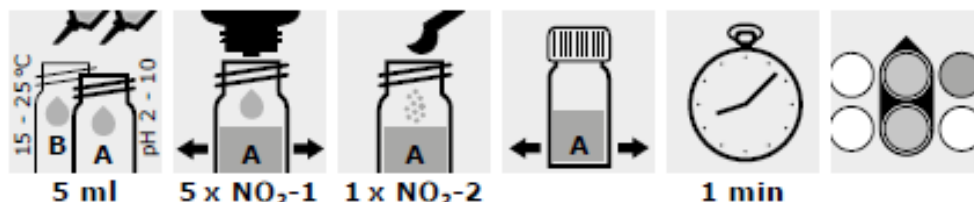
**Koncentrace volného amoniaku**

= naměřená koncentrace amoniaku x procento z tabulky / 100

= 2 mg/l x 0,684 / 100 = 0,014 mg/l  $\text{NH}_3$



## DUSITANY



Dvě zkumavky se šroubovacím uzávěrem několikrát vypláchněte předem upraveným vzorkem.

|                                                 | slepé měření                                                                                | vzorek |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Předupravený vzorek (15-25 °C)                  | 5 ml                                                                                        | 5 ml   | Vstříkněte do zkumavky injekční stříkačkou.                                                      |
| Reagenční činidlo NO <sub>2</sub> <sup>-1</sup> | 5 kapek <sup>1)</sup>                                                                       | -      | Přidejte, uzavřete zkumavku a promíchejte.                                                       |
| Reagencie NO <sub>2</sub> <sup>-2</sup>         | 1 zarovnaná modrá mikrolžička (je ve víčku lahvičky činidla NO <sub>2</sub> <sup>-2</sup> ) | -      | Přidejte, uzavřete zkumavku a promíchejte – <b>silně protřepejte, dokud se zcela nerozpustí.</b> |

Zkumavky vložte do posuvného komparátoru jako jak je znázorněno na obrázku, a umístěte komparátor na podložku – barevnou kartu tak, jak je na ní vyznačeno.

### Nechte stát 1 min.

Posouvejte komparátor po barevné škále, dokud není nejbližší možná shoda barev mezi oběma otevřenými zkumavkami při pohledu shora.

Odečtěte **výsledek v mg/l NO<sub>2</sub><sup>+</sup> nebo NO<sub>2</sub>-N** z barevné karty označené symbolem na špičatém konci posuvného komparátoru.

**1) Při přidávání činidla držte lahvičku ve svislé poloze!**

### Poznámky:

- Vzorky analyzujte ihned po odběru.
- Zakalené vzorky vody před stanovením přefiltrujte. K filtraci použijte papír ze skleněných vláken nebo membránový filtr promytý horkou vodou.



## NO<sub>3</sub><sup>-</sup> DUSIČNANY

Dusičnan se redukuje na dusitan, který po přidání kyseliny sulfanilové tvoří diazoniovou sůl, ta pak reaguje s kyselinou 2,5-dihydroxybenzoovou jako oranžovo-žluté azobarvivo.

**Rozsah měření:** 0 - 10 - 25 - 50 - 75 - 100 - 125 - 150 mg/l NO<sub>3</sub>



Dvě zkumavky se šroubovacím uzávěrem několikrát vypláchněte předem upraveným vzorkem.

|                                        | slepé měření                                                                               | vzorek |                                                                                                  |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Předupravený vzorek (15-25 °C)         | 5 ml                                                                                       | 5 ml   | Vstříkněte do zkumavky injekční stříkačkou.                                                      |
| Reagencie NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 2 zarovnané modré mikrolžičky (je ve víčku lahvičky činidla NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | -      | Přidejte, zkumavku těsně uzavřete a <b>silně protřepejte po dobu 1 minuty</b> od uzavření víčka. |

Zkumavky vložte do posuvného komparátoru jako jak je znázorněno na obrázku, a umístěte komparátor na podložku – barevnou kartu tak, jak je na ní vyznačeno.

**Nechte stát 5 min.**

Posouvejte komparátor po barevné škále/stupnici, dokud nedosáhnete nejbližší možné shody barev mezi *oběma otevřenými zkumavkami při pohledu shora*. Výsledek v **mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** nebo **NO<sub>3</sub>-N** odečtete z barevné karty označené špičatým koncem posuvného komparátoru.

### Poznámky:

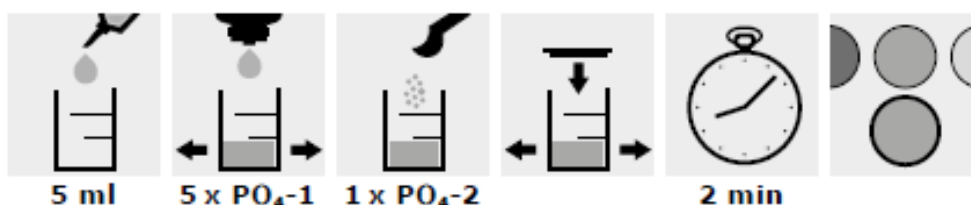
- Před stanovením filtrujte zakalené vzorky vody.
- Případné **černé zbytky** vyskytující se v měřeném vzorku jsou způsobeny reakčním mechanismem a nemají žádný vliv na výsledek měření.
- Při stanovení dusičnanů se zjišťují i **koncentrace dusitanů vyšší než 0,5 mg/l**.
- Výslednou chybu lze přibližně korigovat výpočtem následujícím způsobem:
  - **Skutečný obsah dusičnanů = výsledek pro dusičnany - 1,35 x výsledek pro dusitany.**





## FOSFÁTY

Orthofosfátové ionty reagují s ionty molybdenu za vzniku modrého zbarvení, které se následně stanoví kolorimetricky.



### Postupu:

|                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                  |                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Zkušební nádobu s červeným kroužkem několikrát vypláchněte předem ošetřeným vzorkem.                                                                                                                                                               |                                                                                  |                                                                                |
| Předupravený vzorek                                                                                                                                                                                                                                | 5 ml                                                                             | Vstříkněte injekční stříkačkou do testovací nádoby.                            |
| Reagenční činidlo $\text{PO}_4^{-1}$                                                                                                                                                                                                               | 5 kapek <sup>1)</sup>                                                            | Přidejte a zamíchejte.                                                         |
| Reagenční činidlo $\text{PO}_4^{-2}$                                                                                                                                                                                                               | 1 zarovnaná modrá mikrolžička (je ve víčku lahvičky činidla $\text{PO}_4^{-2}$ ) | Nádobu uzavřete a <b>silně protřepejte, dokud se činidlo zcela nerozpustí.</b> |
| <b>Nechte 2 minuty stát.</b>                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                  |                                                                                |
| Umístěte zkušební nádobu na bílou plochu vedle barevných polí barevné karty a určete, se kterým polem se barva měřeného roztoku při pohledu shora nejpřesněji shoduje. Odečtěte hodnoty <b>mg/l <math>\text{PO}_4^{3-}</math></b> z barevné karty. |                                                                                  |                                                                                |

### 1) Při přidávání činidla držte lahvičku ve svislé poloze!

#### Poznámky:

- pH vzorku vody by mělo být v rozmezí 5–8. V případě potřeby upravte roztokem hydroxidu sodného nebo kyseliny sírové.
- Zakalené vzorky vody před stanovením přefiltrujte.
- Po stanovení vypláchněte zkušební nádobu destilovanou vodou. Nepoužívejte žádné detergenty obsahující fosfáty.





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU

MSMT  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



## Stanovení základních parametrů VZORKU ODPADNÍ VODY (Aquamerck)

### ČISTIČKA VETUNI

|                    |        |       |
|--------------------|--------|-------|
| Vzorek vody        | PŘÍTOK | ODTOK |
| Místo odběru       |        |       |
| Datum odběru       |        |       |
| Čas odběru         |        |       |
| Analýzu provedl(a) |        |       |
| Dne:               |        |       |
| Teplota vody       |        |       |
| pH                 |        |       |
| Amoniak            |        |       |
| Dusitany           |        |       |
| Dusičnany          |        |       |
| Fosfáty            |        |       |



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



### Kontrolní otázky?

1. Jaké jsou hlavní zdroje .... ve vodách:  
amoniaku –  
dusitanů –  
dusičnanů –  
fosfátů –
2. Přítomnost, kterých látek považujeme jako ukazatele fekálního znečištění vody?
3. Stanovte množství  $\text{NH}_3$  ve vzorku vody. Jaký jsou vlastnosti (fyzikální, chemické, biologické)  $\text{NH}_3$  a  $\text{NH}_4^+$ ? Čím a jak je poměr těchto dvou forem amoniaku ovlivněn?



## BSP VOVZ

### Předmět: 2190/HVOD Odpady v živočišné výrobě a potravinářství

V tomto cvičení pracujete ve dvojicích. Nezapomeňte veškeré sklo, destičky atd. popisovat.  
Na konci hodiny protokol odevzdat.

Datum:

Protokol vyhotovil/a:

## Posouzení přímé toxicity odpadních vod pro okřehek menší *Lemna minor*

### Princip

Rostliny okřehku menšího (*Lemna minor*) se nechají růst po dobu **7 dní** ve dvou neřaděných vzorcích odpadních vod. Jeden ze vzorků se obohatí živinami ve stejném množství, v jakém se přidává do živného roztoku, druhý vzorek se živinami neobohacuje. Vzorek obohacujeme živinami z toho důvodu, abychom vyloučili inhibici růstu, jejíž příčinou by mohl být nedostatek živin v testovaném vzorku odpadní vody. Současně se nasadí testovací rostliny do živného roztoku – kontrola. V intervalu 24 hodin se kontroluje a zaznamenává stav rostlin a počet lístků (stélek\*).

**Cílem testu je** posoudit toxicitu odpadních vod na vegetativní růst posouzením počtu lístků, rychlosti růstu a také zhodnocením hmotnosti biomasy. Pro posouzení toxických účinků se srovnává růst v testovaných vzorcích odpadní vody s růstem kontrol. Pro kvantifikaci účinků látek je růstová rychlost ve zkoušených roztocích porovnávána s růstovou rychlostí v kontrolách. Koncentrace, která má za následek 50% inhibici růstové rychlosti je určena a vyjádřena jako  $ErC50^{**}$ . Kromě toho se může zjišťovat i nejnižší koncentrace, při které jsou pozorovány účinky (LOEC) a nejvyšší koncentrace nevyvolávající žádné pozorované účinky (NOEC). V některých případech se testovaná látka může projevit stimulací růstu (růst rostlin v testované látce je větší než v kontrole). V tom případě se hodnota  $ErC50$  nestanovuje. Pokud testovaná látka působí stimulačně pouze v nízkých koncentracích a vyšší koncentrace působí inhibičně, vyhodnocuje se  $ErC50$  za použití koncentrací, kde byla prokázána inhibice růstu.

*\*stélka (frond) - jednotlivá struktura kolonie okřehku, podobná listu; nejmenší jednotka schopná reprodukce*

*\*\* $ErC50$ : koncentrace testovaného vzorku, která způsobí 50% inhibici růstu okřehku menšího ve srovnání s kontrolou (r znamená, že efekt byl stanoven na základě růstové rychlosti - growth rate).*

### Platnost testu (validace)

Výsledky se považují za platné, jestliže jsou splněna následující kritéria:

- průměrný počet lístků v kontrole vzrostl po dobu testu na sedmkrát
- zjištěná hodnota  $168hIC50$  ( $168hErC50$ ) dichromanu draselného je v rozsahu od 10 až 60  $mg.l^{-1}$

### Kontrola podmínek testu

Na začátku a na konci testu se v jednotlivých koncentracích i v kontrole změří a do protokolu zaznamená **pH a teplota**.



### Nasazení okřehku

Pomocí inokulační kličky se přenesou kolonie okřehku sestávající se z 2 až 4 lístků. V každé kádince musí být identický počet lístků. Kádinky se překryjí potravinářskou fólií a umístí do termoluminostatu (pod zářivku s kontinuálním osvětlením a světelnou intenzitou 6 500 až 10 000 lux).

### Kontrola testovacích organismů

Počet lístků a vzhled kolonií (**nekróza = odumřelá tkáň listu /bílá nebo rozmočená/; chloróza = zežloutnutí tkáně listu**) se kontroluje alespoň každé 3 dny, tzn. alespoň 2krát během sedmidenní expozice a při ukončení testu. Kromě počítání lístků během testu se hodnotí účinek testované látky na konečné množství biomasy. Rostliny z jednotlivých nádob se pinzetou přenesou do předem zvážených plastových mikrozkušavek s víčky s malými otvory na dně. Mikrozkušavka se umístí do centrifugační zkumavky a po vložení do centrifugy se odstředí při 3 000 G po dobu 10 minut. Poté se mikrozkušavka s koloniemi zbavenými vody opět zváží a hmotnost konečné biomasy se zjistí odečtením váhy prázdné mikrozkušavky.

---

### OECD 221: *Lemna sp.* test inhibice růstu

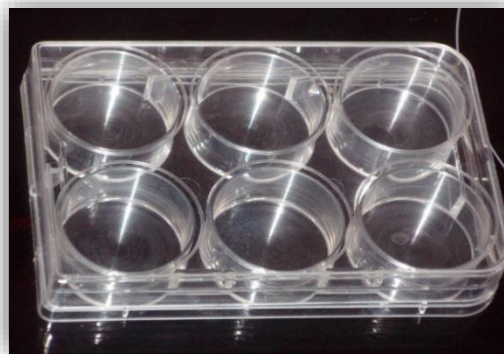
**Podmínky testu:** teplota:  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ , délka expozice: 7 dní, množství testovaného roztoku: **100 ml**, počáteční množství inokulační kultury: **9 až 12 lístků (počet lístků musí být v každé nádobě identický)**, osvětlení: zářivkou (6 500 až 10 000 lux), typ testu: statický, 3 opakování, kontrola – živný roztok (SIS).

---

### Mikrobiotest (mikrotitrační destička)

- příprava destičky (10 ml vzorku)
- nasazení okřehku (5 lístků)

|              |                |                 |
|--------------|----------------|-----------------|
| kontrola SIS | odtok          | přítok          |
| Kontrola SIS | odtok + živiny | přítok + živiny |





### Vyhodnocení testu

Účelem testu je stanovit účinky testované látky na vegetativní růst okřehku. Účinek testované látky se posuzuje podle:

- rychlosti růstu,
- konečné biomasy

**Stanovení inhibice růstu porovnáním růstových rychlostí ( $\mu$ ) v testovaných koncentracích a kontrole:**

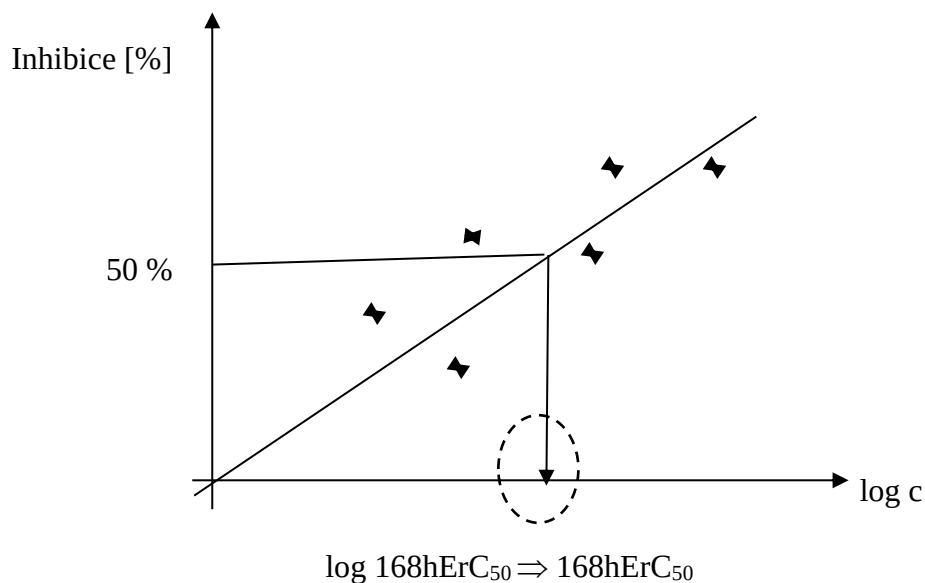
$$\mu = \frac{\ln N_n - \ln N_0}{t_n}, \quad \text{kde}$$

$N_n$  je počet lístků v závěru testu  
 $N_0$  je počet lístků na počátku testu  
 $t_n$  je doba trvání testu (dny)

Z vypočtených hodnot  $\mu$  pro každou testovanou koncentraci a kontrolu se vypočítá inhibice (případně stimulace) růstu  $I_\mu$  v % z následující rovnice:

$$I_\mu = \frac{(\mu_c - \mu_i) \cdot 100}{\mu_c} \quad (\%), \quad \text{kde}$$

$I_\mu$  je inhibice pro danou koncentraci zjištěná na základě porovnání růstových rychlostí;  
 je-li  $I_\mu < 0$ , jedná se o stimulaci růstu  
 $\mu_i$  je růstová rychlost v testované koncentraci  
 $\mu_c$  je růstová rychlost v kontrole





### OECD

| koncentrace mg/l   | POČET LÍSTKŮ |       | $\mu$ | nekróza | chloróza | inhibice % |
|--------------------|--------------|-------|-------|---------|----------|------------|
|                    | 0 hod        | 168 h |       |         |          |            |
| kontrola 1         |              |       |       |         |          |            |
| kontrola 2         |              |       |       |         |          |            |
| přítok OV          |              |       |       |         |          |            |
| přítok OV + živiny |              |       |       |         |          |            |
| odtok OV           |              |       |       |         |          |            |
| odtok OV + živiny  |              |       |       |         |          |            |

### MIKROBIOTEST

| koncentrace mg/l   | POČET LÍSTKŮ |       | $\mu$ | nekróza | chloróza | inhibice % |
|--------------------|--------------|-------|-------|---------|----------|------------|
|                    | 0 hod        | 168 h |       |         |          |            |
| kontrola 1         |              |       |       |         |          |            |
| kontrola 2         |              |       |       |         |          |            |
| přítok OV          |              |       |       |         |          |            |
| přítok OV + živiny |              |       |       |         |          |            |
| odtok OV           |              |       |       |         |          |            |
| odtok OV + živiny  |              |       |       |         |          |            |

### Otázky:

1. Jsou výsledky testů platné? (vysvětli)
  2. Bylo čištění OV na čističce odpadních vod účinné? Případně máte podezření na přítomnost inhibujících/stimulačních látek?
  3. Jsou výsledky testu klasické metody a mikrobiotestu ve shodě?
-