



ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

Těšnov 65/17, 117 05 Praha 1, tel.: +420 221 812 400, e-mail: cazv @cazv.cz, www.cazv.cz

Principy řešení zátěže povrchových vod dusičnany z plošných zdrojů

Koncentrace dusičnanů ve vodních tocích jsou jedním z hlavních ukazatelů jakosti vody. Na základě dlouhodobých zkušeností lze konstatovat, že v kulturní krajině má až 90 procent dusičnanů svůj původ v lidské činnosti.

Zdroje zátěže vody v tocích dusičnany a dalšími formami rozpuštěného či nerozpuštěného vázaného dusíku dělíme, obdobně jako u dalších polutantů, do tří kategorií. Za prvé zdroje bodové, např. místa přímého vypouštění nepřečištěných i přečištěných odpadních vod z obcí, průmyslu a podobně. Dále zdroje difúzní čili rozptýlené, např. sídliště, objekty živočišné výroby, hnojiště, skládky atd., kdy kontaminované vody unikají do okolního prostředí. Za třetí zdroje plošné s více či méně rovnoměrným rozložením vyplavování dusičnanů (převážně) i dalších forem vázaného dusíku z velké plochy kultur v krajině – z orné půdy, travních porostů, lesů a ostatních ploch, pokud nespádají do některé z obou výše uvedených kategorií.

Vedle zátěže je výsledná kvalita vody utvářena procesem samočištění, který probíhá v prostředí celého povodí, kde zmiňuje zejména vliv difúzních zdrojů, i ve vlastních tocích. Samočištění schopnost lze posílit cílenými opatřeními v povodích i ve vlastních tocích, jejich nivách a v nádržích.

Řešení problematiky bodových a difúzních zdrojů znečištění vod dusičnany spočívá v čištění odpadních vod a prevenci úniku polutantů. Následně se proto budeme v dalším textu zabývat plošným znečištěním vod dusičnany z kultur v krajině.

Význam orné půdy

Orná půda je nesporně hlavním plošným zdrojem znečištění vodních toků dusičnany. Koncentrace nitrátů ve vodách odtékajících z orné půdy se běžně pohybují v intervalu mezi 50 až 200 mg/l NO₃, odnos dusíku pak v intervalu 20 až 60 kg/ha/rok. Hlavní příčiny lze shrnout do tří bodů:

1. Orba a další zpracování půdy spojené s převracením a provzdušňováním ornice včetně zapravování organické hmoty (posklizňové zbytky a statková hnojiva) stimuluje biologickou činnost (mineralizace, nitrifikace, imobilizace, též denitrifikace a biologická fixace vzdušného dusíku).
2. Střídání plodin s různými biorytmem, s odlišnými nároky a různým vlivem na půdní mikroflóru (ozimy, jařiny, okopaniny, víceleté pícniny, kukuřice).
3. Ve srovnání s jinými kulturami nejvyšší vstupy dusíku ve formě statkových a minerálních hnojiv a v neposlední řadě rovněž fixace vzdušného dusíku volně žijícími a symbiotickými mikroorganismy.

Obsah dusičnanového dusíku v ornici i v podorníci orných půd

je mimořádně proměnlivý, pohybuje se v rozsáhlém intervalu ~0 až 150 mg/kg N-NO₃ v půdní sušině (v přepočtu asi 0 až 600 kg/ha N-NO₃). Z déle trvajících měření na více místech byly odvozeny následující poznatky:

A) Rozhodujícím činitelem dynamiky změn obsahu dusičnanového dusíku v ornici je pěstovaná plodina.

B) Další činitel – zejména povětrnostní faktory, orba a další operace spojené s obděláváním půdy, jednotlivé aplikace statkových a průmyslových hnojiv či zařazení meziplodin mají význam modifikující.

C) Nitrifikační schopnost stávajících orných půd je velmi vysoká, tento proces probíhá s proměnlivou intenzitou víceméně celoročně (i při teplotách pod bodem mrazu). V současnosti proto nemá smysl hnojit dusíkem do zásoby, jak se doporučovalo dříve, a to ani v amonné formě.

D) Po aplikaci zejména minerálního dusíkatého hnojiva dochází v příznivých podmínkách k prudkému nárůstu obsahu dusičnanového i amonného dusíku v ornici, který může významně překročit výši aplikované dávky. Tento jev, typický zejména v jarních měsících, se nazývá priming efekt.

E) Obsah dusičnanového dusíku v ornici orných půd se obecně mění podle pravidla čtyř kardinálních bodů – jarního maxima (zde obsah dosahuje nejvyšších hodnot v roce), letního minima (důsledek odběru dusíku pěstovanými plodinami), podzimního maxima a zimního minima (v důsledku vyplavování dusičnanů z půdního profilu); tento průběh je však významně modifikován pěstovanými plodinami, proto rozeznáváme:

- typ ozimů (s nízkým jarním maximem v důsledku rychlého vegetačního startu),
- typ jařin (nejbližší obecnému průběhu),
- typ okopanin (vyšší jarní maximum v důsledku delšího vegetačního startu, letní minimum nastává až na přelomu léta a podzimu),
- typ víceletých pícnin (netvoří jarní maximum, po zaořání výrazné maximum podzimní, které však obvykle v důsledku intenzivních imobilizačních procesů nepřetrvává),
- typ kukuřice (tvoří v důsledku velmi dlouhého vegetačního startu jarní hypermaximum, na podzim zanechává v půdním profilu vysoký obsah dusičnanového dusíku, jde z hlediska ohrožení kvality vod o nejrizikovější typ).

F) Význam v předchozím bodu vypsaných typů dynamik dusičnanového dusíku v ornici pro kvalitu vod lze stanovit porovná-

ním s diagramem potenciální vyplavitelnosti dusičnanů.

G) Obsah dusičnanového dusíku v ornici v podzimním období lze vedle struktury plodin regulovat též použitou agrotechnikou následně plodiny a zařazením meziplodin.

Z charakteristických hodnot obsahů dusičnanového dusíku v ornici, na konci podzimu nepřekročených s vysokou pravděpodobností, stanovených pro výše uvedené typy lze nalézt optimální strukturu plodin pro zájmové území z hlediska ochrany kvality vod.

Význam travních porostů

Na rozdíl od orné půdy není u travních porostů pohybováno s orníčním horizontem. Z tohoto důvodu je zde půdní profil méně provzdušněn a procesy přeměny dusíku včetně nitrifikace jsou utlumeny, travní porosty mají také obecně nižší hladinu vstupu dusíku v hnojivech a také fixace

novit optimální procento zornění daného povodí a travní porosty rozmístí v krajině též za účelem ochrany proti erozi.

Význam lesa

Déle trávající měření množství a kvality vody odtékající z lesních porostů v systému Geomon a v rámci dalších úkolů a projektů přineslo několik zásadních poznatků vyzdvihujících příznivý význam lesa pro jakost povrchových (přenesené i podzemních) vod.

Drtivá většina odnosu dusíku (95 %) z lesních povodí připadá na dusičnanovou formu. Koncentrace dusičnanů v povrchových lesních vodách jsou přítomny trvale velmi nízké, blíží se kvalitě srážkových vod a jen velmi výjimečně překračují 15 mg/l NO₃.

Odnos dusíku lesními povrchovými vodami je rovněž velmi nízký (v průměru dosahuje 3 kg/ha/rok N-NO₃ a jen velmi vzácně ve vyšších polohách pře-

močištění, který probíhá v prostředí celého povodí (zmiňuje též vliv difúzních zdrojů) i ve vlastních tocích. Samočištění schopnost se zvyšuje úměrně zátěži toku, samozřejmě jen do určité míry, která však u nás nebývá zpravidla překračována. Paradoxně platí, že nejčistší vody jsou nejzranitelnější. Intenzita samočištění je dále závislá především na době zdržení vody v toku a obecně v krajině, na drsnosti koryta a smáčeném obvodu (na prostoru pro uchycení mikroorganismů), v neposlední řadě pak na roční době a průběhu povětrnosti. Samočištění schopnost lze posílit cílenými opatřeními v povodích i ve vlastních tocích, v jejich nivách a ve vodních nádržích.

Pro posílení samočištění schopnosti v krajině mají nezastupitelný význam mokřady a podmaččené louky s anaerobním režimem ve svých půdních profilech. Podmínkou funkčnosti je zde přítok vody s dusičnanovou zátěží, protože v mokřadech téměř neprobíhá nitrifikační proces. V anaerobním prostředí mokřadů jsou transportované nitráty denitrifikovány a dusík uniká do ovzduší ve své molekulární formě (N₂) nebo jako oxid dusný (N₂O).

V povrchových tocích a nádržích, ale i například v kanalizačních potrubích či v odvodňovacích systémech, probíhá s různou intenzitou v závislosti na teplotě, obsahu kyslíku a redukovatelných dusíkatých sloučenin nitrifikace. Jelikož nitrifikace je mikrobiální proces probíhající ve dvou stupních (nitrifikační a nitratační), lze často pozorovat

měrné roční teplotě 6–7 °C, průměrném ročním srážkovém úhrnu 700–800 mm a specifickém odtoku 8–10 l/s/km². Údaje v tabulkách 1. a 2. byly získány za období 1987 až 1999. Samostatně bylo sledováno a hodnoceno šest dílčích povodí, v ukázkách jsou uvedeny průměrné hodnoty za celé zájmové území vodárenské nádrže.

Z tabulky 1 je na první pohled patrný dominantní podíl orné půdy na zátěži povrchových vod sloučeninami dusíku, z nichž hlavní část tvoří dusičnany. Dále lze vyčíst stabilizační úlohu lesa, který se podílí na ploše povodí více než 2/3, ale na celkové zátěži jen z 1/10. V procesu samočištění se povrchové vody nad vtokem do nádrže zbavily téměř 1/2 zátěže dusičnany.

Na orné půdě (tabulka 2) bylo téměř 58 % vstupů dusíku využito k tvorbě zemědělské produkce, ztráty vyplavením činily 32 %, což je zde zapříčiněno především vyšší vodností území. Poměr ztrát dusíku vyplavením mezi ornou půdou a travními porosty činil 2 : 1. Tento poměr se s klesající nadmořskou výškou rozšiřuje, v nížinách a sušších oblastech dosahuje i hodnoty 5 : 1.

Závěr

Poznatků o zákonitostech koloběhu dusíku v přírodě a krajině, jeho chování v půdě, procesů vyplavování a samočištění lze využít k optimalizaci kvality povrchových vod v zájmových územích vodních zdrojů. Nezpochybnitelná je zejména úloha lesů a mokřadů. Hospodaření na zemědělské půdě lze regulovat skladbou kultur (procent-

Tab. 1 – Ukázka bilance dusíku v krajině, Vodní dílo Vír, povodí Svratky, období 1987 až 1999

Zdroj zátěže toků dusíkem	Podíl na výměře povodí o výměře 405,36 km ² (%)	Zátěž (t/rok)	Podíl na celkové zátěži toků (%)
Orná půda	28,8	671	55,2
Travní porosty	20,5	238	19,6
Les	43,1	64	5,3
Ostatní nezastavěné plochy		14	1,2
Obce (26 915 obyvatel)	7,6	149	12,2
Živočišná výroba (12 356 VDJ)		79	6,5
Celková zátěž toků	–	1 215	100,0
Skutečný odnos dusíku v ústích toků	–	638	52,5

Tab. 2 – Ukázka bilance dusíku na zemědělské půdě, Vodní dílo Vír, povodí Svratky, období 1987 až 1999

Položka	Orná půda	Travní porosty
Vstupy N (kg/ha/rok)		
minerální hnojiva	76	54
statková hnojiva	32	9
fixace N ₂	47	25
atmosférické depozice	25	25
Celkem vstupy N (kg/ha/rok)	180	113
Výstupy N (kg/ha/rok)		
odběr plodinami	104	79
ztráty vyplavením	59	29
plynné ztráty	17	5

vdusného N₂ je zde nižší. Koncentrace dusičnanů ve vodách odtékajících z trvalých travních porostů jsou i několikanásobně nižší než z orných půd a pohybují se obvykle v rozmezí 10 až 50 mg/l NO₃, odnos dusíku pak v intervalu 5 až 30 kg/ha/rok N. Poměr mezi odnosy dusíku z orné půdy a travních porostů při stejných hladinách vstupů N lze využít pro účely projektování.

Obsahy dusičnanového dusíku v ornici a v podorníci pod travními porosty jsou podstatně nižší než u orných půd, pohybují se v intervalu ~0 až 15 mg/kg N-NO₃ v půdní sušině (v přepočtu 0 až 80 kg/ha N-NO₃, je uvažována vyšší objemová hmotnost půdy pod travními porosty) a nevykazují dynamiku, pouze oscilují kolem hladiny, která charakterizuje příslušnou lokalitu a způsob jejího využívání.

V rámci projektování lze na základě jednoduchých vztahů sta-

kračuje 10 kg/ha/rok N). Na zemědělských půdách dosahuje tento ukazatel běžně hodnot o řád vyšších.

Les zadržuje 45 % depozice dusičnanového a 97 % amonného dusíku z volné plochy, u podkorunových srážek jsou tyto charakteristiky ještě vyšší. Ve skutečnosti však les zadrží ještě více iontově vázaného dusíku, protože srážková voda není ani jeho jediným zdrojem (dosud zde nebyla přímo stanovena fixace vzdušného N₂ mikroorganismy).

Pro utváření a stabilizaci příznivé kvality povrchové vody, zejména v případě jejího využití jako zdroje vody pitné, má les klíčovou a zcela nezastupitelnou úlohu.

Samočištění schopnost povrchových vod a význam mokřadů

Vedle zátěže je výsledná kvalita vody utvářena procesem sa-

znik dusitanových pásem, u větších toků pak vleček, zejména pod bodovými zdroji znečištění. Tato pásma či vlečky, charakteristické zvýšenými koncentracemi dusitanů, které se ještě nestály přeměnit na dusičnany, mohou být, zejména v období nízkých průtoků, ve stojatých vodách či při pomalém proudění, nebezpečím pro vodní živočichy, především ryby nebo koryšce (raky).

Ukázky bilancí dusíku v krajině a na zemědělské půdě

Z velkého množství materiálů byly jako ukázky vybrány dále bilance dusíku provedené v rámci průzkumu povodí Vodního díla Vír. Jedná se o povodí o celkové výměře 405 km² (bez vlastní nádrže a malých bočních přítoků), nadmořské výšce 470 m (provozní hladina v nádrži) až 836 m (kóta Devět skal), prů-

tem zornění, vhodným nástrojem jsou zde například komplexní pozemkové úpravy nebo dotace z agroenvironmentálních programů), strukturou plodin a hladinou vstupů dusíku do výroby.

Doc. ing. Vladimír Švihla, DrSc. ing. Vladimír Černohous, Ph.D. Ing. František Šach, CSc. Ing. Dušan Kacálek, Ph.D.
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Odbor lesního hospodářství ČAZV

Příspěvek vznikl za podpory projektu MZe NAZV QH92073 a za poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016-MZe-17011). Příspěvek vychází z aktivit komise mimoprodukčních funkcí lesa při Odboru lesního hospodářství ČAZV. ■