

Zhodnocení vlivu rozsahu zatravnění orné půdy na koncentrace dusičnanů ve vybraných povodích horní Vltavy a Želivky

Tomáš Kvítek^{1,2}, Pavel Žlábek², Václav Bystřický², Petr Fučík¹, Jana Moravcová², Pavel Novák¹

¹ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

² Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

ÚVOD

Po roce 1990 došlo v České republice k významným změnám v zemědělství, a to nejen v produkci potravin, ale i ve využití půdy. Změny využití půdy se v mnoha oblastech státu projevují velmi rozdílně (tab. 1). Cílem práce bylo zhodnotit dopad změn využití půdy a vybudovaných drenážních systémů v těchto oblastech na koncentrace dusičnanů ve vodách.

Vývoj koncentrací dusičnanů byl studován ve dvou okresech - v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce (okres Pelhřimov) a v podhorské oblasti pohoří Šumava (okres Český Krumlov). Zemědělská půda v nich je po roce 1990 rozdílně využívána – v povodí vodárenské nádrže Švihov nedošlo k výrazné změně využití půdy po roce 1990, naproti tomu v podhůří Šumavy jsou změny významné.

V okrese Český Krumlov bylo zatravněno mnoho podhorských lokalit, kde je pastevní využívání zemědělské půdy vhodnější z hlediska půdoochranného i vodohospodářského. Mezi lety 1990 a 2000 se změnila výměra trvalých travních porostů v okrese Český Krumlov z 228,9 km² na 353,3 km², což představuje nárůst o přibližně 55 %. K zatravnění těchto ploch významně přispěla i zemědělská dotační politika uplatňovaná po roce 1990. Pastevní využívání v podhorských oblastech ČR bylo v historickém kontextu pro tato místa tradiční a jedná se tedy o návrat k systému hospodaření, který zde byl uplatňován po řadu staletí před nástupem socialismu v ČR. Tyto změny jsou charakteristické pro většinu podhorských oblastí České republiky, vnitrozemí ČR si udržuje poměrně konstantní plochy zornění a travních porostů.

Tab. 1. Využití půdy v okrese Pelhřimov a Český Krumlov (Zdroj: ČSÚ)

Vybrané oblasti ČR	Rok	Výměra km ²	I.		II.		III.		IV.		V.	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Pelhřimov	1990	1178	565,4	48,0	142,5	12,1	341,6	29,0	13,0	1,1	68,3	5,8
	2000	1178	563,1	47,8	144,9	12,3	341,6	29,0	14,1	1,2	69,5	5,9
Český Krumlov	1990	1615	336,0	20,8	228,9	14,2	761,7	47,2	7,1	0,4	69,2	4,3
	2000	1615	214,1	13,3	353,3	21,9	761,8	47,2	7,8	0,5	69,8	4,3

Vysvětlivky: I = orná půda, II = louky, III = les, IV = zastavěné plochy, V = vodní plochy.

Současně se změnou využití půdy došlo i k poklesu hnojení v těchto oblastech. Na okrese Pelhřimov došlo po roce 1990 k redukci spotřeby minerálního dusíku na 62 % v letech 1995/96 a v letech 2000/01 je zaznamenán další nárůst na 75 % spotřeby z let 1984/85. Na okrese Český Krumlov dochází k vytrvalému snižování spotřeby minerálního dusíku, kdy v roce 2000/01 dosáhla 31,2 % množství z let 1984/85. Spotřeba hnojiv odpovídá trendům v zornění pro obě lokality. Oblast Pelhřimova je intenzivněji zemědělsky využívána a po určité stagnaci ve spotřebě hnojiv je zde mírné zvýšení. V oblasti Český Krumlov je stálý

trend snižování jejich spotřeby. Koresponduje to s výrazně nižší intenzitou zemědělské produkce a travní porosty jsou hnojeny v minimální míře.

Podle údajů Zemědělské vodohospodářské správy bylo v povodí Želivky (oblast Pelhřimov) postaveno 153,4 km² odvodňovacích staveb (tj. 20,17 % zemědělské půdy). Ve 23 zkoumaných povodích se podíl rozlohy odvodňovacích zařízení k celkové rozloze povodí pohybuje v rozmezí 4,2 % - 19,7 %.

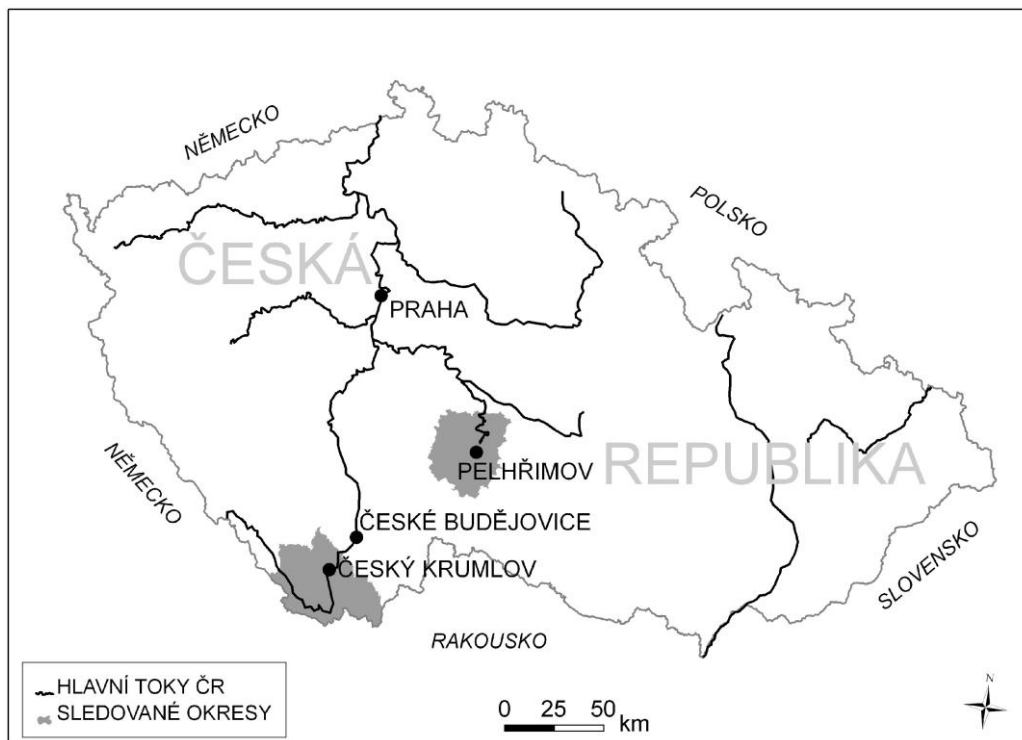
V okrese Český Krumlov bylo postaveno 237,2 km² odvodňovacích staveb (tj. 42 % zemědělské půdy). Z celkové plochy devíti zkoumaných povodí v okrese Český Krumlov je odvodněno 0 % - 29,8 %.

Rozsáhlá výstavba drenážních systémů proběhla v ČR mezi roky 1968 a 1985. Cílem výstavby bylo získat dostatek orné půdy pro pěstování polních plodin, speciálně obilí. Do roku 1990 bylo odvodněno 1,087 milion ha (cca 25 %) zemědělského půdního fondu. Systematická drenáž s rozchodem 7-20 m byla často realizována ve svazích, na zamokřených a vlhkých loukách

Travní porosty na rozdíl od orné půdy jsou schopny absorbovat i větší dávky aplikovaného dusíku. Hlavní důvod, proč je relativně pouze malé množství dusíku vyplavováno z lučního porostu je, že tento porost je schopen využít vyšší množství dusíku než orná půda a tato schopnost je zachována po většinu roku. Během dlouhodobých lyzimetrických sledování bylo zjištěno, že trvalé travní porosty mají vysokou zadržující schopnost a to až do dávky hnojení 400 kg N/ha za rok, potenciální ztráty byly velmi nízké a v průměru nepřekračovaly 1% z hnojením přidaného dusíku.

MATERIÁL A METODY

Pokusné plochy



Obr. 1. Šedivé plochy vyznačují zájmové území.

Pro okres Pelhřimov byly k dispozici výsledky monitoringu koncentrací dusičnanů na 36 malých povodích. Časové řady koncentrací bohužel nejsou úplné pro všechna povodí, proto byl výběr zúžen na 23 povodí, kde je zachována časová kontinuita. Plocha monitorovaných povodí má výměru od 0,94 km² do 53,95 km², podíl orné půdy v povodích je od 73,2 % do 22,6 %, podíl vodních ploch je velmi malý, výjimečně v rozsahu 2,6 %, podíl odvodňených ploch je v rozsahu 4,2 % - 19,7 %, počet obyvatel od 15 do 1756.

Pro okres Český Krumlov byly k dispozici výsledky monitoringu koncentrací dusičnanů na 8 malých povodích ve dvou časových obdobích. Plocha monitorovaných povodí má výměru od 4,94 km² do 12,39 km² a podíl odvodňených ploch z celkové plochy povodí je v obou sledovaných obdobích do 29 %, podíl vodních ploch se v průběhu let nezměnil a je velmi malý, do 1 % z celkové plochy povodí. Podíl orné půdy v povodích byl v letech 1986 – 1988 od 61,8 % do 26,8 % a v letech 2004 - 2005 v rozmezí 1,9 % - 40,1 %, současný počet obyvatel je od 31 do 473.

V povodí VN Švihov byl prováděn monitoring jakosti vody na malých zemědělsko-lesních povodích Zemědělskou vodohospodářskou správou. Sledované období zahrnovalo červen 1993–prosinec 2001, ale pouze 2 povodí byla sledována nepřetržitě po celé toto období. U ostatních povodí bylo souvislé měsíční vzorkování po dobu nejméně 4,5 roku. Monitoring na 8 povodích v okrese Český Krumlov byl prováděn v rámci řešení výzkumného projektu v letech 1986-88 a následně v letech 2004-05. Odebíráno bylo vždy 12 vzorků ročně v měsíčním intervalu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

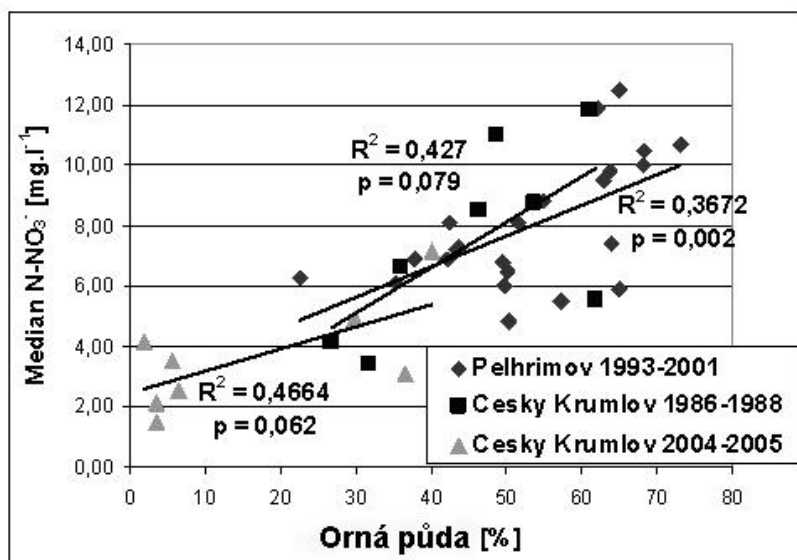
Trendová analýza

V okrese Pelhřimov zůstává po celou dobu výzkumu relativně stejný způsob hospodaření, pouze spotřeba minerálního dusíku při hnojení průmyslovými hnojivy klesla. Není zde patrný žádný dominantní trend (stoupající ani klesající) na koncentracích N-NO₃⁻ v povrchových vodách. Z výsledků vyplývá zřejmé významné sezónní kolísání koncentrací N-NO₃⁻, s minimem v letních obdobích a nejvyššími koncentracemi od pozdního podzimu do jara.

Stejně sezónní kolísání je dobře viditelné i z průběhu koncentrací N-NO₃⁻ v povrchových vodách na povodích v okrese Český Krumlov. V okrese Český Krumlov je patrný průkazný klesající trend na všech osmi zkoumaných povodích ($p < 0,01$). Příčinou je výrazná změna způsobu hospodaření na zemědělských půdách, jejímž výsledkem je výrazné zvýšení zastoupení trvalých travních porostů na úkor orné půdy.

Regresní analýza

Výsledky regresní analýzy jsou uvedeny v obr. 3. Koeficient determinace – R^2 se u všech zjištěných analýz (Pelhřimov 1993-2001, Český Krumlov 1986-1988, Český Krumlov 2004-2005) pohybuje v rozsahu 0,3672-0,4664. Vývoj koncentrací dusičnanů ve vodách je dáván do souvislostí s dalšími faktory, jako jsou např. doba a způsob aplikace hnojiv v povodí, použité osevní postupy a agrotechnika a dynamika atmosférických prvků.



Obr. 3. Závislost charakteristické hodnoty (medián) koncentrací N-NO_3^- na podílu zornění povodí.

Mnohonásobná regresní analýza

Mnohonásobnou regresní analýzou byl zkoumán vliv více vysvětlujících proměnných (podíl plochy orné půdy, podíl odvodněných ploch a podíl vodních ploch) na vysvětlovanou proměnnou (koncentrace N-NO_3^-). Do výpočtu byla zahrnuta všechna povodí ve všech etapách sledování (okres Pelhřimov 1993-2001, Český Krumlov 1986-88 a 2004-05).

Rovnice funkce závislosti koncentrace dusičnanů na vybraných faktorech prostředí vyšla následující:

$$y' = 2,072 + 0,02 x_1 + 0,119 x_2 - 1,734 x_3$$

kde y' – koncentrace N-NO_3^- (teoretická hodnota)
 x_1 – podíl odvodněných ploch v povodí
 x_2 – podíl orné půdy v povodí
 x_3 – podíl vodních ploch v povodí

Celý tento regresní model dosáhl hladiny významnosti $p < 0,01$ ($F_{3,35} = 21,01$) a koeficientu determinace R^2 0,64. Jedinou statisticky průkaznou ($p < 0,01$) vysvětlující proměnnou v tomto modelu je „podíl orné půdy v povodí“. Vysvětlující proměnná „podíl vodních ploch v povodí“ dosáhla hladiny významnosti $p = 0,081$ a „podíl odvodněných ploch v povodí“ $p = 0,604$.

Dopředná kroková regresní analýza vyřadila ze vzorce nezávisle proměnnou podíl odvodněných ploch v povodí a výsledná rovnice je:

$$y' = 2,336 + 0,119 x_2 - 1,707 x_3$$

Celý tento regresní model dosáhl hladiny významnosti $p < 0,01$ ($F_{2,36} = 32,02$), a koeficientu determinace R^2 0,64. Jedinou statisticky průkaznou ($p < 0,01$) vysvětlující proměnnou v tomto modelu je opět „podíl orné půdy v povodí“. Ačkoli nezávisle proměnná „podíl vodních ploch“ vyšla neprůkazná ($p = 0,082$), dopředná kroková regrese ji v modelu ponechala, neboť jejím vynecháním by došlo k významnému snížení koeficientu determinace.

Z provedených regresních analýz je patrné, že průkazně nejvýznamnějším faktorem prostředí ovlivňujícím dusičnanové znečištění (negativně) je podíl orné půdy v povodí. Podíl vodních ploch v povodí je taktéž důležitým faktorem (pozitivním), ačkoliv nesplňuje všechna požadovaná statistická kritéria.

Faktorová analýza

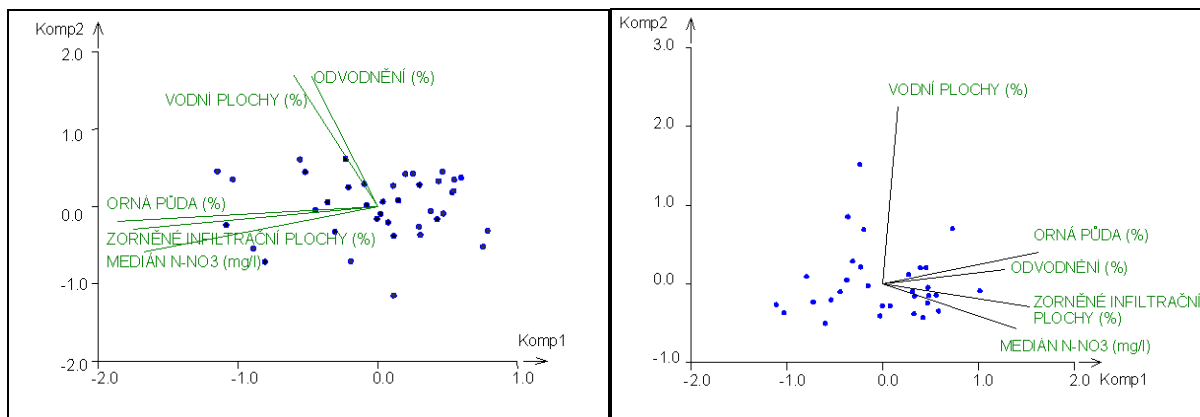
Analýza faktorů ovlivňujících koncentrace dusičnanů

Statistickým softwarem QC Expert 2.5 byla provedena vícenásobná faktorová analýza za použití těchto faktorů: medián hodnot koncentrací N-NO_3^- , procento orné půdy v povodí, procento zorněných infiltračních ploch v povodí, zastoupení odvodněných ploch v povodí a procento vodních ploch v povodí.

Analýza byla provedena na dvou skupinách dat:

- a) na datech ze všech povodí,
- b) na všech datech s vyloučením dat z povodí v okrese Český Krumlov z let 2004 – 2005, kde došlo k výraznému nárůstu zatravnění v povodích.

Výsledné BiPloty faktorové analýzy (obr. 4) ukazují, že z uvedených faktorů je s vektorem koncentrací N-NO_3^- nejvíce svázán vektor podílu orné půdy v povodí a vektor podílu infiltračních ploch krytých ornou půdou (pro data skupiny *a*). Pro data skupiny *b* je zřejmá značná souvislost vektoru odvodněných ploch v povodí s vektorem koncentrací N-NO_3^- ; tento vztah u dat skupiny *a* nalezen nebyl - je tedy patrný významný vliv navýšení zatravněných ploch v povodí (na odvodněných plochách) na snížení koncentrací dusičnanového dusíku. Osamocený je vektor vodních ploch v povodí (v případě skupiny dat *a* spolu s vektorem odvodněných ploch), který směřuje v úhlu cca 90° jinam než ostatní faktory. Ukazuje to, že vliv vodních ploch v povodí na koncentrace N-NO_3^- není významný.



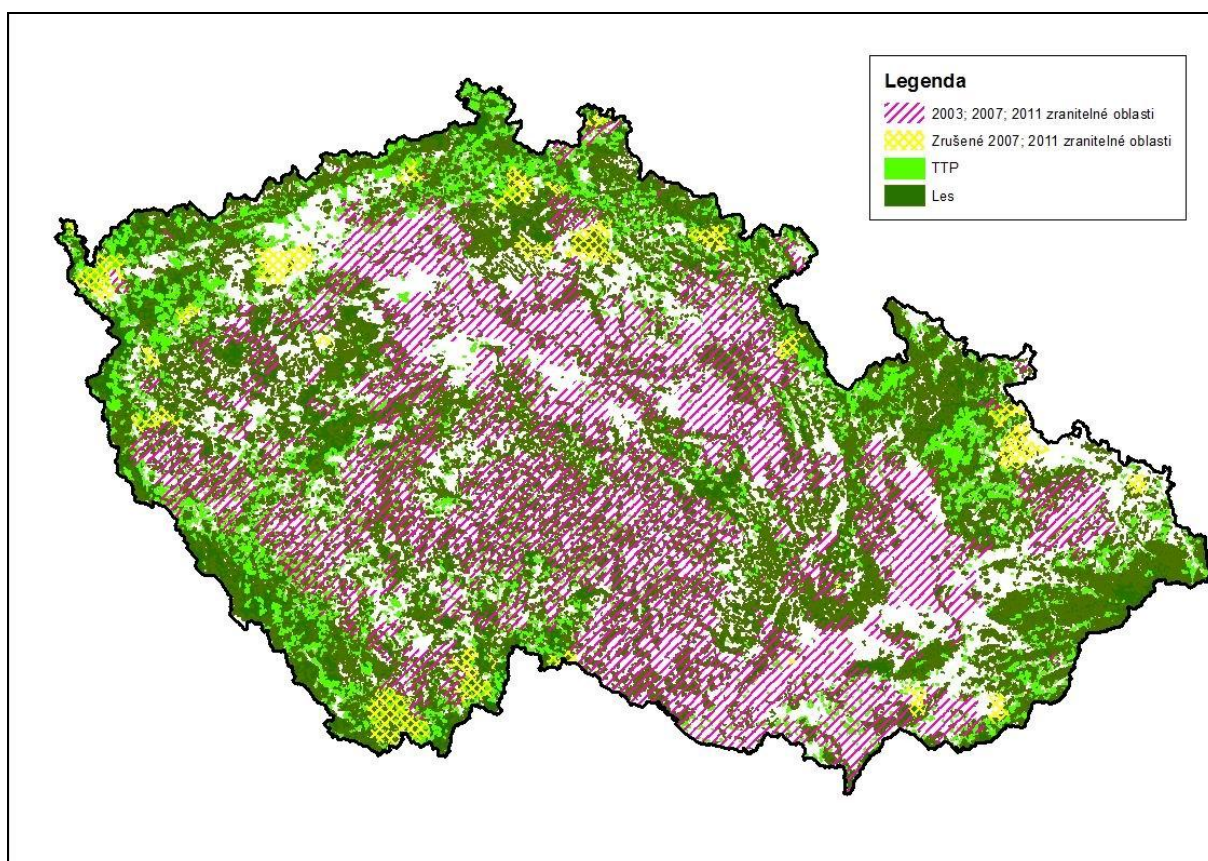
Obr. 4. BiPlot s výsledky faktorové analýzy – vlevo při zahrnutí všech povodí (skupina dat *a*), vpravo při zahrnutí pouze povodí s převládajícím využitím orné půdy (skupina dat *b*).

ZÁVĚR

Hlavní závěry, které lze z prezentovaných výsledků vyvodit jsou následující:

- Přes pokles spotřeby minerálního dusíku při hnojení nedošlo do roku 2001 v okrese Pelhřimov k výraznému poklesu v koncentracích N-NO_3^- v povrchových vodách. Z 23 sledovaných povodí vykázala pouze 3 povodí průkazný klesající lineární trend a 2 povodí naopak průkazný stoupající lineární trend koncentrací N-NO_3^- .
- V okrese Český Krumlov došlo k výraznému snížení koncentrací N-NO_3^- v povrchových vodách. Všechna povodí vykazují průkazný klesající lineární trend. Příčinou je výrazné zvýšení zastoupení trvalých travních porostů na úkor orné půdy.

- Z provedených regresních analýz je patrné, že průkazně nejvýznamnějším faktorem prostředí ovlivňujícím dusičnanové znečištění je podíl orné půdy v povodí. Podíl vodních ploch v povodí je také důležitým faktorem. Čím je více orné půdy v povodí, tím je vyšší zatížení dusičnany v tocích, a čím více je vodních ploch v povodí, tím je tato situace naopak lepší.
- Byl prokázán negativní vliv drenážních systémů na koncentrace dusičnanů ve vodách při vyšším podílu orné půdy v povodí. Se změnou orné půdy na louky a pastviny je tento vliv eliminován a vybudované drenážní systémy se již na zvyšování koncentrací dusičnanů ve vodách neprojevují.
- Byl prokázán vliv zorněných infiltračních lokalit (zdrojových oblastí) v povodí na koncentrace dusičnanů v povrchových vodách a to i po provedeném zatravnění. Tato skutečnost podporuje naše dřívější poznatky o vlivu zdrojových lokalit povodí na tvorbu jakosti povrchových a podzemních vod v oblasti krystalinika České republiky.
- Jednoduché vyhodnocení zranitelných oblastí ve vazbě na lesy a trvalé travní kultury potvrdilo, že všechny oblasti s významným zalesněním a zatravněním jsou mimo oblast zranitelnosti, je to názorně vidět na všech pohraničních horách a na ně navazujících podhorských oblastech, včetně zrušené zranitelné oblasti v okrese Český Krumlov (Obr. 5).



Obr. 5. Mapa ČR s vyznačením lesů, trvalých travních porostů a zranitelných oblastí v roce 2011