

T A
Č R

ODBORNÁ ZPRÁVA
O POSTUPU PRACÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDKÁCH
ZA ROK 2016

Příloha k závěrečné zprávě za rok 2016

Číslo projektu: TA03020202

Název projektu: Optimalizace použití digestátu na zemědělskou půdu
ve vztahu k efektivnímu využití živin a ochraně půdy a vody

Předkládá:

Název organizace: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Jméno řešitele: Ing. Renata Duffková, Ph.D.

T A

Č R

2016 - dílčí cíle a výsledky

V roce 2016 byl vytyčen dílčí cíl s názvem „Ověření metodiky a technologie“, který velmi úzce souvisel se zpracováním významných výsledků projektu: certifikované metodiky (CM) a ověřené technologie (OT). Pro jejich tvorbu byly využity především výsledky polních maloparcelkových pokusů v Lukavci. Metodika s názvem „Metodický postup pro efektivní užití digestátu ze zemědělských bioplynových stanic“ uvádí procesy pro dosažení optimálních výnosů (za předpokladu dostatku půdní vláhy) a pro minimalizaci vyplavení dusičnanů do vod. Dále zahrnuje i literární rešerši s aktuálními poznatky z naší i zahraniční literatury a přehled legislativních předpisů, které se vážou k užití digestátu v zemědělství. Ověřená technologie s názvem „Efektivní nakládání s digestátem a jeho složkami separace při pěstování silážní kukuřice“ obsahuje postupy zaměřené na efektivní nakládání s dusíkem při hnojení digestátem, fugátem a separátem s přidavkem minerálních hnojiv. Tyto postupy byly stanoveny na základě testovacího protokolu, který zachycuje průběh a výstupy ověřování a je nedílnou součástí OT. Ověřená technologie byla zpracována zejména pro hospodaření ve zranitelných oblastech dusičnany se zaměřením na propustné půdy (III. aplikační pásmo), nicméně její užití je obecně prospěšné a využitelné na celém území České republiky. Certifikovaná metodika i ověřená technologie jsou součástí příloh závěrečné zprávy. Na tvorbě CM se podílely všichni účastníci projektu, na tvorbě OT to byly VUMOP, v.v.i., VURV, v.v.i. a Ecotrend Research Centre, s.r.o.

Dílčí cíl: Ověření metodiky a technologie (=klíčové výsledky výzkumné činnosti VUMOP, v.v.i. a VURV, v.v.i. za období 2013-2016, které byly použity při zpracování metodiky a technologie)

Metodika pokusů

V roce 2016 byla na pokusném pozemku s ornou půdou ZOD Kámen (k.ú. Vepříkov, 60,69 ha) pěstována kukuřice na siláž, na pokusném pozemku ZD Krásná Hora nad Vltavou, a.s. (k.ú. Podmoky 49,64 ha) byla opět pěstována kukuřice. Přehled aplikovaných živin uvádí tab. 1. Dávky N v digestátu/fugátu byly stanoveny tak, že množství účinného dusíku (tj. 70 % celkového N) odpovídalo množství účinného dusíku v dávce minerálních hnojiv (tj. 100 % celkového N). To znamená, že dávky N v digestátu/fugátu byly o cca 43 % vyšší než v hnojivech minerálních. Hnojení dusíkem na lokalitě Vepříkov představovalo 261 kg N/ha ve fugátu a 183 kg N/ha v síranu amonném, NP a DAM 390 (SA, NP, DAM 390). V Podmokách celková dávka N představovala 216 kg N/ha v digestátu a 182 kg N/ha v minerálních hnojivech (NPK 15-15-15, LAV, NP, DAM 390).

Kukuřice v Podmokách byla vyseta 13.4. 2016 (výsevok 85 tis./ha, odrůda Pauleen) a byla sklizena 13.9. 2016 s průměrným výnosem na variantě s digestátem 36,83 t/ha a na variantě s minerálním hnojivem 39,21 t/ha. Obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 33 – 38 %.

T A

Č R

Ve Vepříkově byla kukuřice vyseta 2.-3.5. 2016 a sklizena 3-7.10.2016 s průměrným výnosem na variantě s fugátem (tj. 25 ha, linie A) 38,6 t/ha při sušíně 39 -42% a na variantě hnojené minerálně 34,6 t/ha při stejné sušíně (35,69 ha, linie B).

V průběhu roku 2016 byly odebrány půdy před vegetací a před hnojením, dále po hnojení a v době sklizně. Vzorky půd pro stanovení Nmin. byly odebírány ze dvou hloubek 0-30 cm a 30-60 cm.

Na travním porostu v Porešíně byly provedeny celkem 3 seče: 20.5. a 26.7. Výnos 1. a 2. seče byl na variantě s digestátem 7,71 a 4,06 t /ha, respektive a na variantě s minerálním hnojením 6,04 a 3,00 t/ha, respektive.

Výnos nadzemní biomasy a odnos dusíku (z 1., 2. a 3. seče) uvádí tab. 2, ze které jsou evidentní výrazně vyšší výnosy nadzemní biomasy i odnosy živin po aplikaci digestátu. Nejvyšší rozdíl je u odnosu draslíku, což odpovídá tomu, že minerální hnojiva neobsahovala žádný draslík. Výnosy byly při uvážení limitované zásobě půdní vody v extrémně suchém roce velmi vysoké a vypovídají o vysokém využití živin.

Tabulka 1. Dávky a typ hnojiv na jednotlivých variantách pozemků v roce 2016

Pozemek	Varianta fugát-digestát					Varianta minerální hnojivo				
	datum	typ	Dávky kg/ha			datum	typ	Dávky kg/ha		
			celkem	dusík	fosfor			celkem	dusík	fosfor
Vepříkov orná půda	26.- 27.4.	fugát	50000	261 (183*)	25	26.-	síran amonný	450	92,3	0,0
						27.4.	NP(16N+20P ₂ O ₅)	290	46,4	25,4
						2.5.	DAM 390	120	46,8	0,0
Podmokly orná půda	11.4.	digestát	30000	120 (84*)	19,8	11.4.	NPK 15-15	256	38,4	16,8
							LAV 27,5	165	45,4	0
	13.4.	NP 18- 46	100	18	20	13.4.	NP 18-46	100	18	20
	15.4.	DAM 390	200	78	0	15.4.	DAM 390	200	78	0
Porešín TTP	2.5.	Digestát	30000	111	21	2.5.	NPK 15-15	36,0	15,8	240
						2.5.	LAV 27,5	47,3		172
	3.8.	Digestát	30000	111	21	3.8.	NP 18-46	13,1	14,8	73
						3.8.	LAV 27,5	64,6		235

* účinný dusík

Tabulka 2. Výnosy nadzemní zelené a suché hmoty a odnosy dusíku, fosforu a draslíku 1., 2. a 3. seče trvalého travního porostu, Porešín 2016.

Datum	Výnos zelené hmoty (t/ha)		Výnosy suché hmoty (t/ha)		Odnos dusíku (kg/ha)		Odnos fosforu (kg/ha)		Odnos draslíku (kg/ha)	
	digestát	minerál	digestát	minerál	digestát	minerál	digestát	minerál	digestát	minerál
18.5.	24,0	17,8	4,4	3,6	102,9	97,6	14,8	13,9	142,3	93,5
11.7.	18,0	10,7	5,3	4,4	89,4	63,6	13,9	11,1	146,5	76,8
17.10.	14,0	13,7	3,2	3,3	81,0	63,9	9,4	8,6	78,5	44,0
celkem	56,0	42,2	12,9	11,3	273,3	225,1	38,1	33,6	367,3	214,2

T A

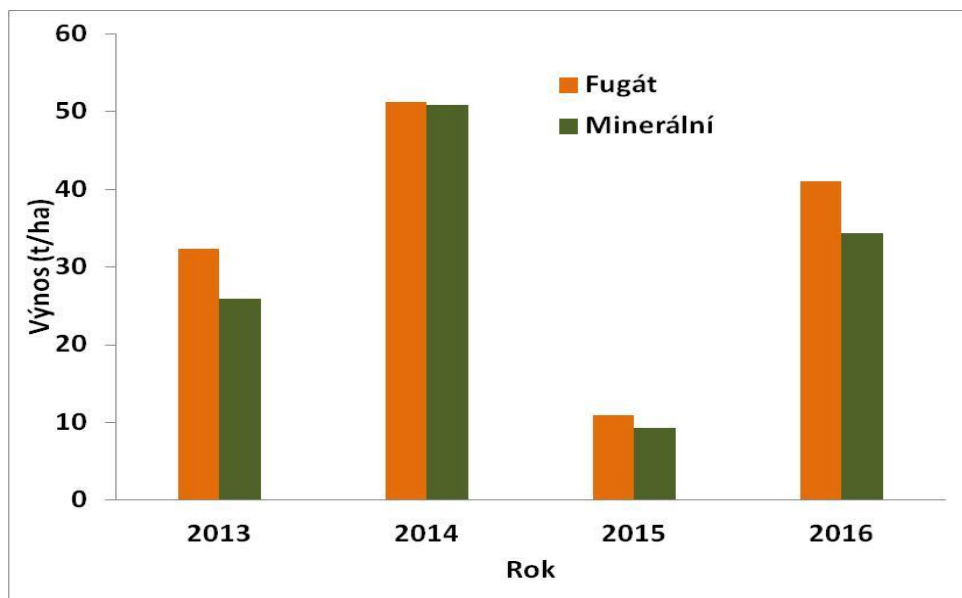
Č R

Provozní pokusy Vepříkov a Podmoky

Výnosy plodin

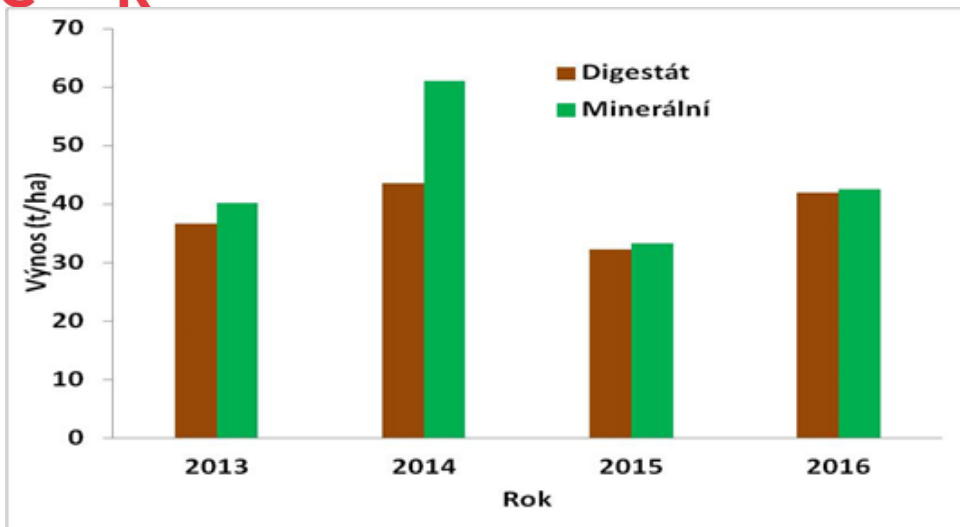
Průměrný výnos kukuřice na lokalitě Vepříkov byl vyšší na linii A, která byla v letech 2015 - 2016 hnojena fugátem než na srovnávací variantě s minerálním hnojením (graf 1). Při srovnání výnosů v rámci čtyř let pokusů lze konstatovat, že výnosy byly v průměru vyšší po hnojení fugátem než minerálními hnojivy. Z tohoto pohledu byly nejvyšší dosažené výnosy dosaženy v roce 2014, kdy byla aplikována i nejvyšší dávka fugátu. Jarní ječmen dosáhl výnosů 10,9 t/ha na části půdního bloku hnojeného fugátem a 9,3 t/ha na části hnojené minerálním hnojivem. Celkově výnos ječmene, na rozdíl od kukuřice sklizené v roce 2015 v podmínkách extrémního sucha, nebyl suchem tolik ovlivněn, protože největší sucho nastalo v době, kdy již podstatné růstové fáze ječmene byly ukončeny, zatímco u kukuřice v celé České republice (zde např. lokalita Podmoky) největší sucho nastalo v době, kdy se tvořil výnos hmoty.

Na lokalitě Podmoky byl v průběhu projektu průměrně vyšší výnos zaznamenán u minerálně hnojené varianty. Vyšší výnos na minerálně hnojené části půdního bloku v roce 2014 byl dán především díky vyššímu výnosu u odběrového bodu 2, kde byly i jinak zaznamenány v průměru vyšší výnosy než u ostatních odběrových bodů. Rok 2015 byl poznamenán suchem, kdy byly zjištěny nižší výnosy v porovnání s ostatními roky.



a) Vepříkov

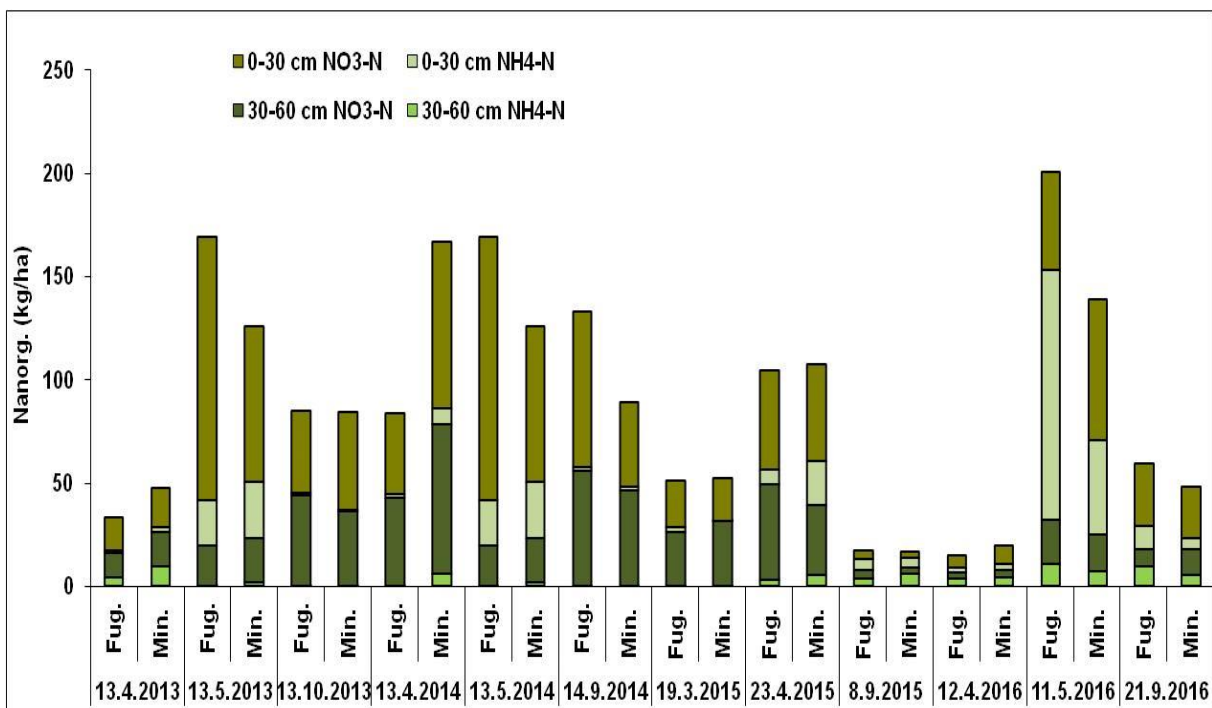
T A Č R



b) Podmoky

Graf 1. Průměrné výnosy kukuřice a ozimé pšenice na lokalitě Vepříkov (roky 2013, 2014 a 2016 – kukuřice; rok 2015 – jarní ječmen) a Podmoky (2013-2016 kukuřice)

Obsah minerálního dusíku v půdách

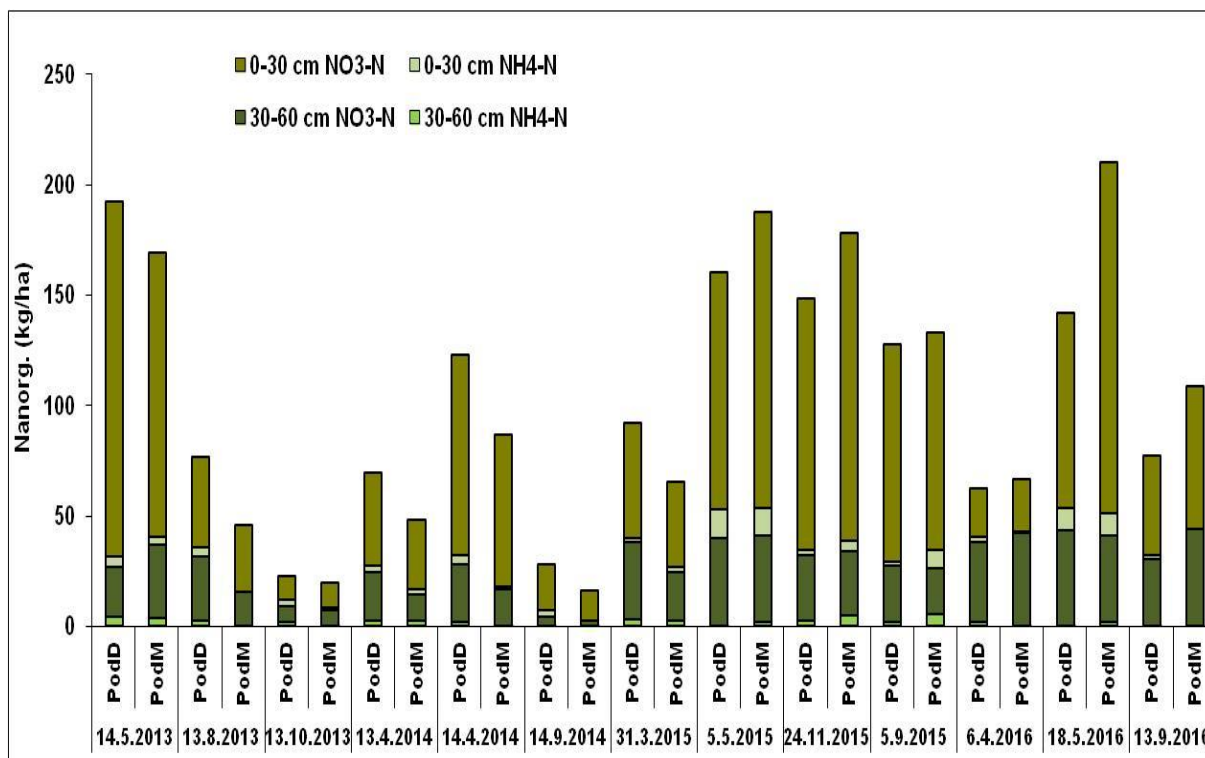


Graf 2. Obsah Nanorg. v letech 2013-2016 (lokalita Vepříkov)

T A

Č R

Na lokalitě Vepříkov byl průměrný obsah minerálního dusíku v letech 2013-2016 sledován celkem ve třech termínech – před hnojením, po hnojení a následně v době sklizně (graf 2). V průměru odběrových bodů lze vysledovat celkový trend obsahu anorganického dusíku v půdě, kdy po hnojení průměrný obsah Nanorg. (průměr celkem 5 odběrových bodů z linie) byl po hnojení vyšší na variantě hnojené fugátem (roky 2013 a 2014). Zatímco v roce 2013 byl podle evidence hnojení aplikován dusík na obou částech půdního bloku ve vyrovnané dávce jak fugát, tak minerální hnojiva, v roce 2014 byla na variantě s fugátem oproti plánu aplikována vysoká dávka (až 360 kg N/ha) oproti celkovým 150 kg N/ha v minerálním hnojivu. Toto vedlo k vyššímu obsahu dusíku v půdě po hnojení cca o 80 kg N/ha, což se pak projevilo i v následujícím období při sklizni. V jarním období před hnojením se ale v roce 2014 ukázalo, že v průběhu zimy byl mineralizován anorganický dusík z varianty hnojené minerálním dusíkem, což mohlo ovlivnit i podzemní vody. S výjimkou jara 2014 byly obsahy Nanorg. v půdě v jarním období zpravidla vyrovnané. V roce 2015 byl pěstován jarní ječmen, obsah fugátu a minerálního hnojení byl v půdě po hnojení vyrovnaný při dávce fugátu 160 kg N/ha a 95 kg N/ha v minerálních hnojivech. Po sklizni jarního ječmene jako doberné plodiny byl obsah Nanorg. v půdách nízký do 25 kg Nanorg./ha. V roce 2016 bylo plánovaně hnojeno fugátem v dávce 260 kg N/ha oproti 185 kg N/ha v minerálním hnojivu. Z tohoto důvodu byly zjištěny i vyšší obsahy Nanorg. v půdách na části hnojené fugátem. V září 2016 již obsah Nanorg. v půdě po hnojení fugátem byl jen o zhruba 10 kg Nanorg. vyšší než po minerálním hnojení.



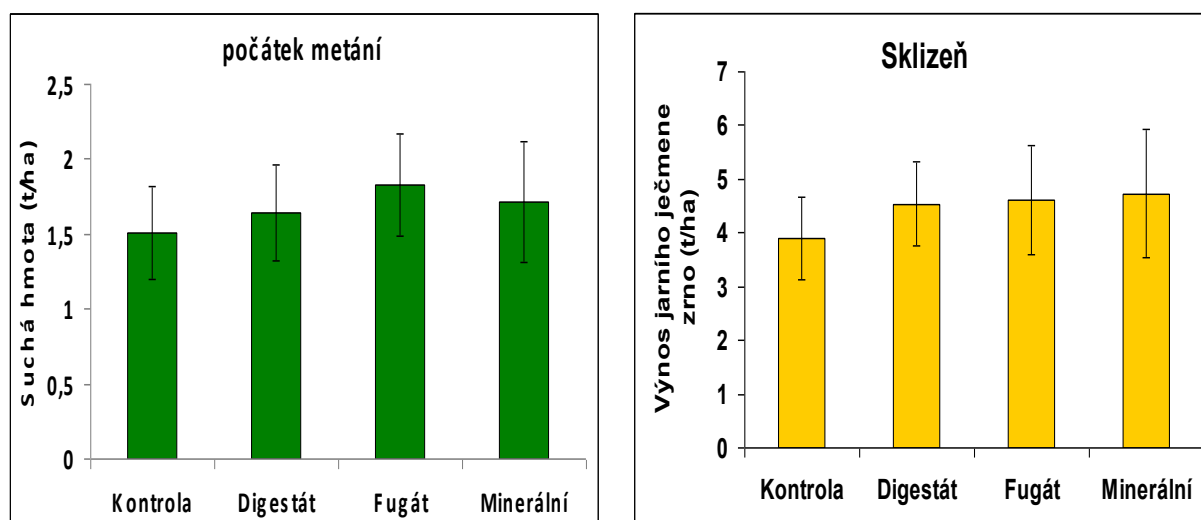
Graf 3. Obsah Nanorg. v letech 2013-2016 (lokalita Vepříkov)

T A

Č R

Digestát	160 kg N/ha v roce 2015
Fugát	160 kg N/ha v roce 2015
Minerální	160 kg N/ha v roce 2015

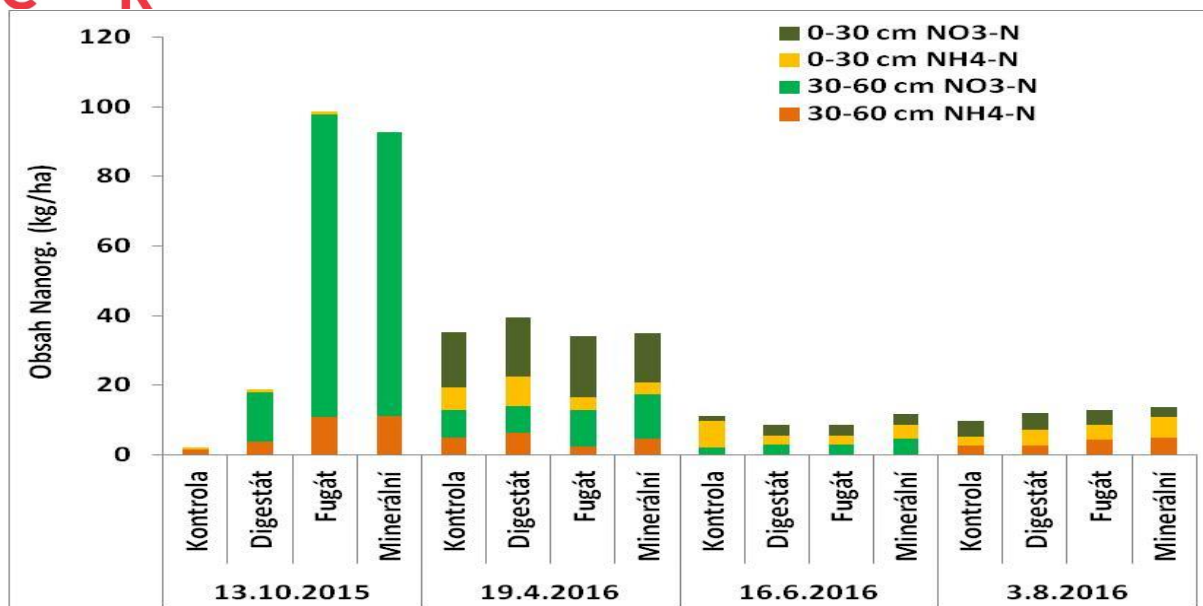
V roce 2016 byly parcely včetně kontrolních variant hnojeny jednotnou dávkou dusíku (močovina) v dávce 60 kg N/ha. Tato nízká dávka byla zvolena proto, aby se mohl projevit reziduální efekt hnojení z roku 2015 (graf 4), kdy v půdě v době sklizně vzhledem k suchu zůstalo po hnojení fugátem a minerálním hnojením značné množství dusíku (92-99 kg N/ha).



Graf 4. Výnos zelené hmoty ječmene ve fázi počátku metání a zrna v Lukavci – rok 2016:

Obsah anorganického dusíku v půdě při pěstování jarního ječmene

Obsah anorganického dusíku v půdách po aplikaci digestátu a fugátu (rok 2015) byl v roce 2016 ve srovnání se Nanorg. obsaženým v půdě při sklizni 2015 relativně nízký (graf 5). Vzhledem k suchu v roce 2015 zůstalo v půdě až téměř 100 kg Nanorg v půdách hnojených fugátem a minerálním hnojením. Problematický byl z tohoto pohledu vysoký obsah nitrátového dusíku v podorní vrstvě 30-60 cm. V jarním období byly obsahy Nanorg. relativně vyrovnané přibližně okolo 35 kg Nanorg. ve vrstvě 0-60 cm, kdy nejvyšší obsah Nanorg. byl zjištěn u půdy po hnojení digestátem (39 kg Nanorg./ha). V případě digestátu lze předpokládat, že se částečně mineralizoval dusík z organických vazeb pevné části digestátu. V další fázi růstu rostlin již obsah dusíku v půdě byl nízký a nepřekročil 13 kg N/ha. Důvodem byla nicméně i nižší dávka hnojiv cílená na ověření následného vlivu hnojení digestátem a fugátem na růst rostlin a na výnos.



Graf 5. Obsah Nanorg. v půdách v roce následujícím po aplikaci digestátu a fugátu, pěstovaná plodina jarní ječmen (stanoviště Lukavec u Pacova)

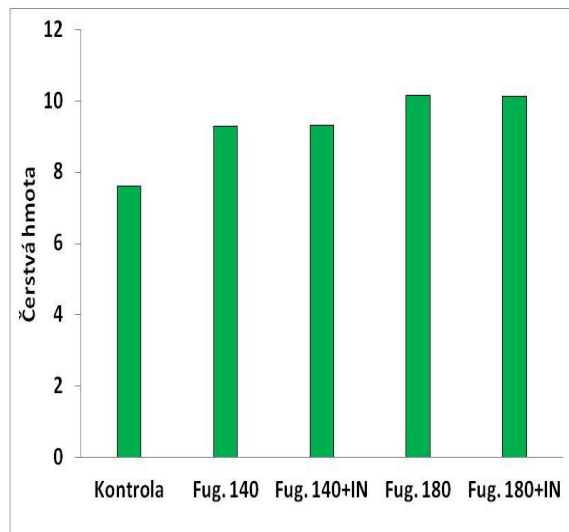
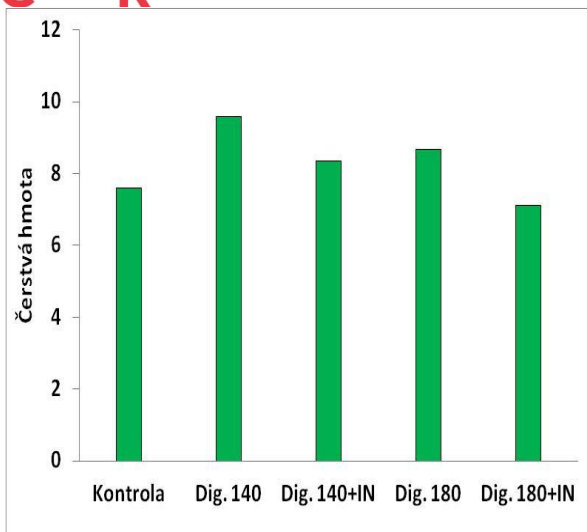
Doporučení pro praxi

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že v roce 2016 přetrvával reziduální efekt použitých hnojiv po extrémním roku 2015 a v porovnání s kontrolní půdou všechna hnojiva aplikovaná v roce 2015 výnos zvyšovala. V porovnání s kontrolou byl výnos zrna jarního ječmene v porovnání s nehnojenou kontrolou u digestátu vyšší o 16,5%, v případě fugátu o 18,3% a minerálního hnojiva o 21,4%. Při porovnání s nejvyšším dosaženým výnosem u minerálního hnojení byl výnos jarního ječmene nižší o 4% u digestátu, o 2,5% u fugátu a o 17,6% u kontrolní půdy nehnojené v roce 2015. Při kalkulaci hnojení je třeba počítat i s dusíkem aktuálně dostupným pro rostliny a přizpůsobit tomu dávky.

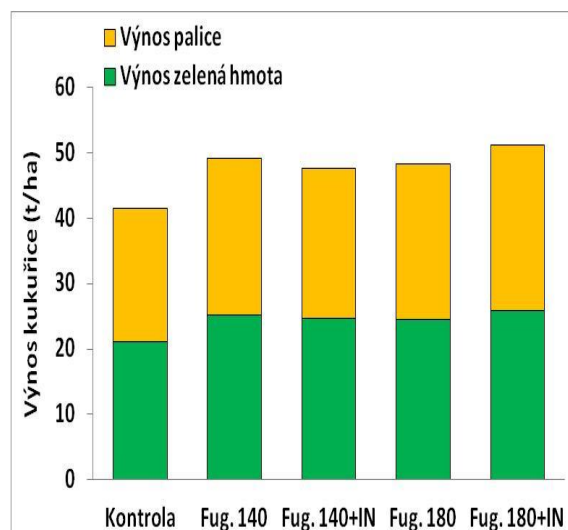
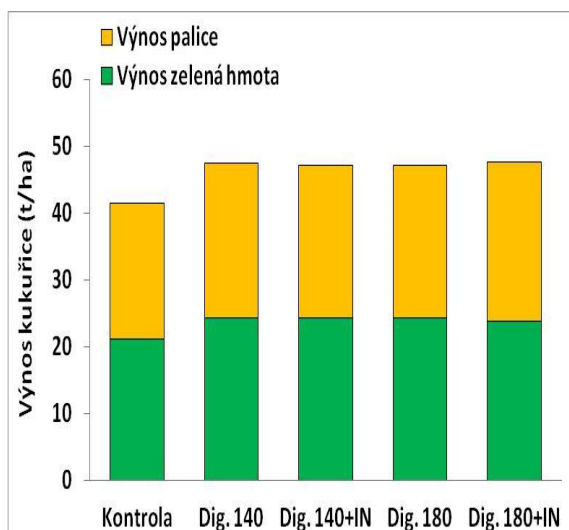
Výnos kukuřice

Růst kukuřice v Lukavci u Pacova byl v roce 2016 sledován dvěma odběry rostlin. Během prvního odběru v 10. listu se ukázalo, že průměrná hmotnost rostlin byla nejvyšší po aplikaci fugátu, kde vyšší průměrný růst rostlin byl zjištěn u inhibitoru nitrifikace (graf 6). Inhibitor nitrifikace naopak v této fázi růstu na růst rostlin ve variantách s aplikovaným digestátem mírně snižoval. Aplikace fugátu s inhibitorem na růst kukuřice naopak působila příznivě. Výnos pak v případě digestátu aplikovaného s inhibitorem nitrifikace byl velmi podobný jako bez aplikovaného inhibitoru (graf 7). Ve všech variantách s aplikovaným digestátem byl výnos podobný okolo 47 t/ha. V případě fugátu inhibitor nitrifikace pozitivně působil především u dávky 180 kg N/ha, kde se výnos zvýšil v porovnání s výnosem aplikovaným bez inhibitoru nitrifikace o 2,6 t/ha, z 48,4 t/ha na 51 t/ha.

T A Č R



Graf 6. Hmotnost čerstvé hmoty kukuřice v 10. listu (t/ha) po aplikaci digestátu a fugátu s inhibítorem nitrifikace.



Graf 7. Hmotnost čerstvé hmoty kukuřice při sklizni (t/ha) po aplikaci digestátu a fugátu s inhibítorem nitrifikace.

Obsah anorganického dusíku na polním pokusu v Lukavci při pěstování kukuřice

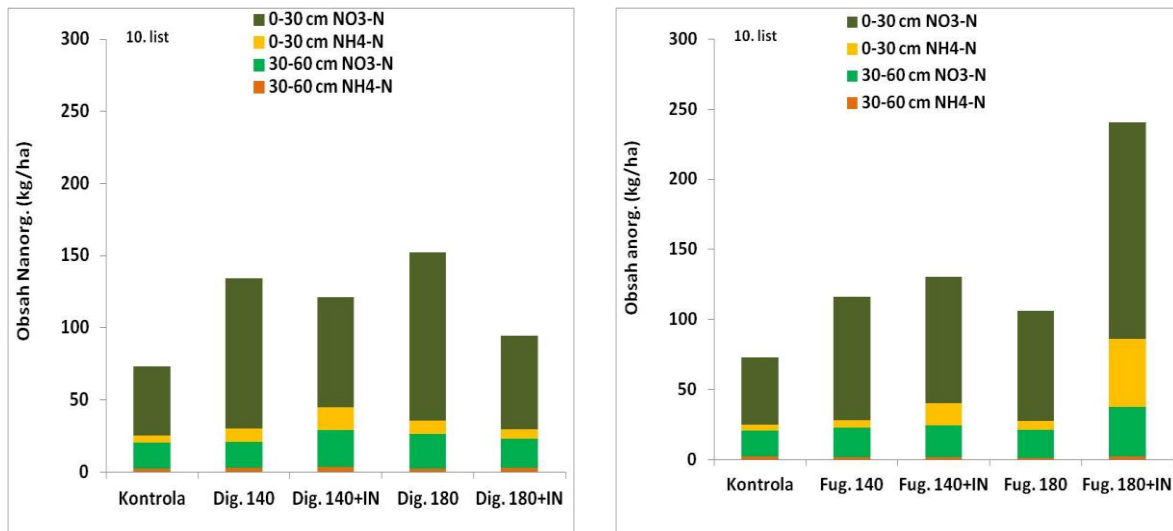
Obsah Nanorg v půdách z polního pokusu byl při průběžném odběru v 10. listu při srovnání obsahu anorganického dusíku ve variantách s aplikovaným digestátem vyšší ve variantách bez inhibitoru (graf 8), zatímco určitý pokles v obsahu Nanorg. byl patrný po jeho aplikaci. Je pravděpodobné, že mineralizace dodaného dusíku v digestátu byla po aplikaci inhibitoru nižší, což způsobilo i nižší nárůst hmoty kukuřice. V případě fugátu se ukázalo, že vyšší množství anorganického dusíku bylo v půdě po aplikaci inhibitoru nitrifikace, což vyústilo v průměrně vyšší nárůst hmoty kukuřice.

Při sklizni byl již obsah Nanorg. v půdách hnojených digestátem nízký, nejvyšší zjištěné množství Nanorg. v půdě (15 kg Nanorg/ha ve vrstvě 0-60 cm) bylo zjištěno u varianty s aplikovaným

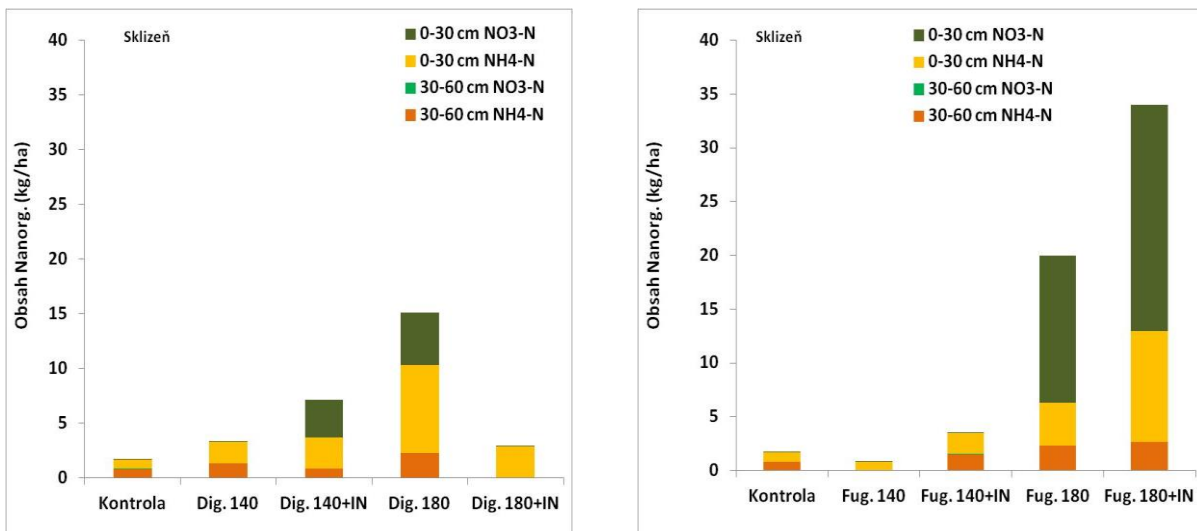
T A

Č R

digestátem v dávce 180 kg N/ha (graf 9). Pokud jde o fugát, v době sklizně byl při vyšší dávce dusíku (180 kg N/ha) zjištěn vyšší obsah Nanorg. v půdě než při aplikaci digestátu ve stejné dávce. Inhibitor nitrifikace v tomto případě pravděpodobně částečně působil, protože množství celkového N bylo sníženo z 240 kg Nanorg./ha na 34 kg Nanorg./ha, což je největší pokles obsahu dusíku v půdě mezi jednotlivými variantami v průběhu roku 2016 (více než 200 kg N/ha).



Graf 8. Obsah Nanorg. v půdě v 10. listu (t/ha) po aplikaci digestátu a fugátu s inhibítorem nitrifikace



Graf 9. Obsah Nanorg. v půdě při sklizni po aplikaci digestátu a fugátu s inhibítorem nitrifikace.

Doporučení pro praxi:

Podle dostupných údajů aplikace inhibitoru vychází zhruba na 700-900 Kč/ha. Jejich aplikace by proto měla být pečlivě volena. Inhibitor nitrifikace může zhoršovat zdravotní stav klíčících rostlinek

T A

Č R

(volný amoniak) zejména v půdách s nízkou sorpční kapacitou. Proto je vhodné zapravit hnojivo s inhibítorem do větší hloubky (15-25 cm) s větším odstupem od setí. Podle nitrátové směrnice je povinnost aplikovat inhibitor nitrifikace ve zranitelných oblastech na nitráty v podzimním období, které je na promyvných půdách rizikové pro případné vyplavení nitrátů, zvláště pokud na půdách není v podzimním období vegetace. Podle dosažených výsledků se nicméně nepotvrdil zcela předpoklad snížení obsahu Nanorg. v půdách po aplikaci inhibitoru nitrifikace. Vyšší dávka digestátu nebo fugátu nevedla k adekvátně vyššímu výnosu kukuřice v porovnání s dávkou nižší. Z tohoto pohledu je třeba vyhodnotit výnosový potenciál daného stanoviště a dávky hnojení přizpůsobit předpokládanému výnosu i možnému odběru N rostlinami.

Účinnost využití aplikovaných hnojiv

Z výnosu suché hmoty a obsahu N v suché hmotě z období 2013-2015 byla pro jednotlivé hnojené varianty vypočítána účinnost využití aplikovaného N v % (tzv. apparent nitrogen recovery efficiency, **ANR**): $((\text{obsah N} \cdot \text{výnos varianty}) - (\text{obsah N} \cdot \text{výnos kontroly})) / (\text{celkové aplikované množství N}) \cdot 100$ (tab. 3). V roce 2013 bylo na všechny hnojené varianty aplikováno celkem 140 kg N/ha (resp. 80 + 60 kg N v dělených dávkách), v roce 2014 180 kg N/ha (100+80 kg N v dělených dávkách). V roce 2014 byly vzhledem k relativně vysokým odběrům N na kontrolní variantě zjištěny nízké hodnoty ANR. Rok 2015 byl zcela atypický, extrémní sucho neumožnilo čerpání živin v dostatečném množství, tj. výnosy byly nejnižší za celé sledované období. Varianty s dělenými dávkami byly znevýhodněny, neboť živiny dodané v druhých dávkách (18. 6.) nemohly být v důsledku sucha adekvátně využity. Celkové dávky dusíku byly 160 kg N/ha (resp. 100 + 60 kg N v dělených dávkách). V roce 2016 byly aplikovány dvě rozdílné dávky zohledňující účinnost dusíku v digestátu a fugátu (140 a 180 kg N/kg) s/bez inhibítorem/u nitrifikace. Účelem této diferenciací dávek mělo být zjištění, zda zvýšené dávky dusíku ovlivní výnos, případně efektivitu využití dusíku. V poslední třetině vegetační sezóny 2016 došlo k výraznému nárůstu hmoty palic s následným celkovým zvýšením výnosů s velmi vysokým obsahem sušiny (40 – 50 %). Naopak obsah dusíku byl v celkové suché hmotě nízký (0,7 – 0,95 %). Příjem dusíku kořeny byl v tomto období již redukován.

Rozdíl mezi účinným dusíkem a celkovým aplikovaným dusíkem představuje dusík, který nebyl využit pro tvorbu výnosu, tzn., je to část dusíku, která zůstala v půdě v organické či anorganické formě, byla imobilizována mikroorganismy, vyplavena do vod, denitrifikována či unikla ve formě NH₃ (volatilizace amoniaku). Na druhé straně byl pro tvorbu výnosu využit dusík, který, který v půdě byl před aplikací hnojiv (minerální i organický), který byl přímo nebo po mineralizaci využit pro tvorbu výnosu. Tato část dusíku není zohledňována v akčním programu, to znamená, že tato část dusíku není odečítána z celkové dávky aplikovaného dusíku.

Z údajů v tab. 3 lze vyvodit následující závěry: Po aplikaci **fugátu** byly dosaženy srovnatelné výnosy suché hmoty kukuřice jako po aplikaci minerálních hnojiv, a to i v extrémně suchém roce 2015. Průměrné výnosy suché hmoty byly za 4 roky téměř stejné jako po aplikaci minerálních hnojiv, tj. **14,3 t/ha vs. 14,6 t/ha (minerální hnojení)**. Odnosy N po aplikaci fugátu však byly nižší než v případě variant s minerálními hnojivy či při kombinovaném děleném hnojení (tj.

T A

Č R

NPK+fugát dělená, separát+Mo dělená), neboť koncentrace N v biomase byla po aplikaci fugátu nižší ve srovnání s minerálními hnojivy. Průměrný obsah N v sušině za 4 roky byl u kontroly **0,96 %**, u minerálního hnojení **1,19 %**, u fugátu **1,08 %** a u digestátu **1,06 %**. **Aplikace samotného digestátu** zajistila většinou nižší výnosy než minerální hnojiva (**13,8** vs. 14,6 t/ha). Aplikace separátu s přihnojením minerálními hnojivy poskytla stejné nebo i vyšší výnosy než aplikace minerálních hnojiv. Separát zároveň může pozitivně ovlivnit půdní strukturu a obsah organické hmoty. Aplikace inhibitoru nitrifikace v roce 2016 zvýšila výnosy (srážkově normální rok) pouze u varianty s fugátem v dávce 180 kg N (o 12 %). V suchém roce však došlo po aplikaci inhibitoru ke snížení výnosů, neboť amonné ionty bez následné nitrifikace se akumulovaly ve vrchní vrstvě půdy, případně unikly do ovzduší volatilizací.

Výrazně vyšší ANR byly na variantách hnojených minerálními hnojivy nebo hnojených kombinovaně v dělených dávkách (separát + minerál). Využití dusíku u dělených dávek závisí na množství a rozložení srážek (optimální rok 2013). V zásadě dělení dávek nemělo vliv na ANR, a to z toho důvodu, že 2. dávky nebyly zapraveny (imitace aplikace hadicemi). Nejvyšší ANR z AD zbytků měl fugát, nejnižší separát. Relativní hnojiva hodnota (ANR/ANR minerálního hnojiva) byla nejvyšší u fugátu nebo u separátu přihnojeného minerálními hnojivy (až 80-90 %). Takto vysoké využití dusíku je však vázáno na dostatek srážek distribuovaných podle vláhových požadavků kukuřice (rok 2013). V jednotlivých letech (vyjma 2015) se RHH pohybovalo u fugátu mezi **40-85 %** (průměr 60 %), u digestátu mezi **30-80 %** (průměr 50 %) a separátu mezi **25-40 %** (průměr 33 %). Přidavek inhibitoru zvýšil RHH v roce 2016 u vyšších dávek digestátu, ale zejména fugátu z 33 na 42 %, resp. z 58 na 89 %.

Zjištěné průměrné RHH pro fugát a separát odpovídají využitelnosti N, která je uváděná v Akčním programu nitrátové směrnice (nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a Akčním programu, novela n.v. č. 235/2016). Při stanovení dávky dusíku však akční program nesnižuje celkové dávky N o množství dusíku dostupného v půdě před aplikací hnojiv (obsah minerálního N), případně zpřístupněného během vegetace mineralizací organické hmoty (např. z předchozí aplikace organických hnojiv).

Zjištěné výsledky potvrdily za předpokladu přijatelného rozdělení srážek vysokou účinnost využití živin po aplikaci fugátu pocházejícího z tzv. kodigesce pro tvorbu výnosu blížící se využití živin minerálních hnojiv. Účinnost využití živin digestátu a zejména separátu byla nižší, ale vzhledem k vyššímu zastoupení organického N a celkového P ve srovnání s fugátem lze předpokládat zásobování rostlin živinami po delší období postupnou mineralizací půdní organické hmoty.

T **A**
Č **R** Tabulka 3. Výnosy suché hmoty, odnosy dusíku a účinnost využití aplikovaného dusíku pro výnos. Lukavec 2013 -2016.

Varianta				Výnosy suché hmoty (t/ha)				Odnosy N (kg/ha)				ANR (%)			
2013*	2014**	2015***	2016+	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
po pšenici oz.	po ječmeni j.	po kukuřici	po ječmeni oz.												
kontrola	kontrola	kontrola	kontrola	12,1	9,7	11,6	18,8	93,7	106	144	145				
NPK+Mo	NPK+Mo	NPK+Mo	NPK+Mo1	14,8	12,1	10,8	23,0	168,5	154	145	217	53	26	1	51
NPK+Mo děl	NPK+Mo děl	NPK+Mo děl		15,3	11,8	9,1		164,9	143	103		51	21	-26	
fugát	fugát	fugát	fugát1	14,6	11,1	11,1	22,4	152,7	125	140	175	42	11	-3	21
NPK+fug děl	fugát děl	fugát děl		14,4	11,7	10,3		180,9	133	126		62	15	-11	
digestát	digestát	digestát	digestát1	13,1	10,7	11,5	21,6	130,4	122	148	174	26	8	2	21
separát	separát	sep+fug	dig1+inhib	11,7	10,1	11,7	21,8	123,3	118	139	159	21	7	-3	10
	sep+Mo děl	sep+Mo děl	fug1+inhib		11,7	13,3	21,6		139	177	147		18	20	1
		po j. ječmeni													
		kontrola				12,7				138					
		NPK+Mo				13,8				171				20	
		sep+fug děl (podz. aplikace sep)				11,6				136				-1	
		sep+Mo děl (sep-podzim)				13,5				170				20	
		po j. ječmeni	po ječ. oz.												
		Kontrola				10,7				113					
		NPK+Mo	NPK+Mo 2			12,3	22,6			176	217			40	40
		NPK+Mo děl				12,7				181				43	
		fugát	fugát 2			12,1	22,0			165	187			33	23
		fugát děl				11,4				160				30	
		digestát	digestát 2			12,1	21,9			163	169			31	13
		digestát děl				11,4				153				25	
		fug+inhib	fugát2+inhib			11,3	24,6			148	209			22	36
		dig+inhib	dig2+inhib			11,5	22,3			141	175			18	17

ANR - účinnost využití aplikovaného N pro výnos, * aplikace 140 kg N/ha (resp. 80+60 při dělené dávce), ** aplikace 180 kg N/ha (resp. 100+80), *** aplikace 160 kg N/ha (resp. 100+60), inhib – inhibitor nitrifikace,

+ aplikace 140 kg N/ha (u variant označených 1) a 180 kg N/ha (u variant označených 2)

T A

Č R

Obsahy a odnosy N-NO₃ po aplikaci minerálních hnojiv, digestátu a fugátu na lokalitách Vepříkov a Podmoky (lyzimetry a sukční kelímky)

Na lokalitě Podmoky byly koncentrace N-NO₃ v lyzimetrech i sukčních kelímcích obou variant velmi vyrovnané a zároveň i značně vysoké (graf 10 c, e). Na lokalitě se projevil vliv minerálního hnojení na intenzivnější vyplavení N-NO₃, a to tím, že při vyšším množství vody proteklé do lyzimetrů na minerální variantě (cca 2,3 x) byly koncentrace N-NO₃ stejné jako na variantě hnojené digestátem (graf 10 c). Vyšší množství proteklé vody by mělo koncentrace snižovat, dá se tedy předpokládat, že při stejném množství proteklé vody by byly koncentrace na minerální variantě vyšší. Stejně velké koncentrace na obou variantách v kombinaci s vyšší hydrologickou spojitostí varianty hnojené minerálními hnojivy způsobilo výrazně vyšší množství N-NO₃ proplavené do lyzimetrů na minerálně hnojené variantě (graf 10 a). Výrazně vyšší koncentrace v sukčních kelímcích v sušším roce 2016 (ve srovnání s lety 2013-2014, graf 10 e) prokazují vyšší retenci dusičnanů v kapilární vodě (čili potenciálně lépe využitelný dusík pro rostliny) ve srovnání s dusičnany proplavenými do lyzimetrů z nekapilárních pórů (graf 10 c).

Dávky hnojení dusíkem byly na lokalitě Vepříkov identické na obou variantách v roce 2013. Přestože množství proteklé vody do lyzimetrů bylo cca 1,5 x vyšší na minerálně hnojené variantě, byly zde koncentrace vyšší (2,5 x, graf 10 d). Ředění tedy nebylo dostatečně intenzivní, aby potlačilo vliv minerálního hnojení, které podmínilo intenzivnější vyplavování dusíku z půd ve srovnání s aplikací fugátu. V ostatních letech (2014, 2016) byly dávky dusíku ve fugátu vyšší než v minerálních hnojivech. V roce 2014 byla při stanovení dávek dusíku uvažována 60 % a v roce 2016 70 % využitelnost N neboli relativní hnojivá hodnota ve srovnání se 100 % využitelností N u minerálních hnojiv. To znamená, že dávky fugátu byly v roce 2014 navýšeny o 67 % a v roce 2016 o 43 % ve srovnání s minerálním hnojivem. V důsledku toho byly koncentrace dusičnanů v lyzimetrech na fugátem hnojené části vyšší 2 x (2014), resp. 3,9 x (2016, graf 10 d). V roce 2014 se navíc mohl projevit vliv mineralizace reziduálního dusíku z fugátu aplikovaného v roce 2013. Množství vody proteklé do lyzimetrů bylo výrazně vyšší na fugátem hnojené části, to znamená, že koncentrace N-NO₃ zde byly ředěné ve srovnání s minerálně hnojenou částí; přesto byly koncentrace fugátem hnojené části výrazně vyšší (graf 10 d). V roce 2015 byly varianty hnojení přehozeny, aby se mohl prokázat případný vliv hydropedologických vlastností pozemku na vyplavení dusičnanů. Tento rok byl však značně suchý a bylo získáno pouze malé (nereprezentativní) množství vzorků vody. Z tohoto důvodu byl rok 2015 z hodnocení vyloučen. Jiná situace je v koncentracích N-NO₃ v sukčních kelímcích (kapilární voda). Zde byla koncentrace na obou rozdílně hnojených částech stejná v roce 2013 (při 1,5 x vyšším množství vody na minerálně hnojené části) a nižší na fugátem hnojené části v letech 2014 a 2016 (při přibližně stejném množství nasáté vody na obou variantách, graf 10 f). Tyto výsledky dokládají shodu ve vyšším vyplavení N-NO₃ na minerálně hnojené části v roce 2013 a vyšším vyplavení na části hnojené fugátem v roce 2014 a 2016 (nižší retence N-NO₃ v kapilárních pórech).

Zjištěné množství (odnosy) N-NO₃ vyplavené do lyzimetrů byly vyšší v letech 2013-2014 v návaznosti na množství srážek (graf 10 b, tab. 4). V roce 2016 byly zjištěny naprosto

T A

Č R

zanedbatelné odnosy N-NO₃ (max. 10 kg N/ha, nízká suma srážek). Odnosy uvedené v grafu 1 (a, b) nejsou prokazatelně ztraceny pro výživu rostlin (zejména v sukčních kelímcích).

Tabulka 4. Suma srážek ve Vepříkově v jednotlivých vegetačních sezónách

Období	17.6.-30.9.2013	1.5.(17.6.)-30.9.2014	1.5.(17.6.)-30.9.2016	1.5. (17.6.)-30.9.2016
Suma srážek (mm)	386	589 (439)	307 (197)	312 (199)



Graf 10. Množství N-NO₃ vyplavené do lyzimetrů (a, b), koncentrace N-NO₃ v lyzimetrech (c, d) a koncentrace N-NO₃ v sukčních kelímcích (e, f) pro lokality Podmoky a Vepříkov (2013, 2014 a 2016).

T A

Č R

Jakost drenážních vod a odnosy N-NO₃, P-PO₄ a P-celk. drenážními systémy z lokalit Podmoky a Vepříkov

Pokusná lokalita Podmoky

Vliv využití digestátu na jakost drenážních vod a velikost odnosu N-NO₃, fosforečnanového fosforu P-PO₄ a celkového fosforu P-celk. drenážním odtokem byl zkoumán na dvou drenážních skupinách pokusné lokality Podmoky (obhospodařované ZD Krásná Hora) s rozdílným způsobem hnojení v jednotlivých sledovaných sezónách. Jedná se o drenážní skupinu POD DIG, jejíž mikropovodí má velikost 13,42 ha a hnojena byla digestátem, a o drenážní skupinu POD MIN s mikropovodím o výměře 6,98 ha, kde probíhalo hnojení minerálními hnojivy. Průměrný průtok měl na POD DIG hodnotu 0,304 l/s a specifický odtok 0,03 l/s/ha. Na mikropovodí drenážní skupiny POD MIN měl průměrný průtok hodnotu 0,243 l/s a specifický odtok 0,034 l/s/ha. Monitoring drenážních vod probíhal od června 2013 do října 2016.

Koncentrace N-NO₃, P-PO₄, P-celk. a jejich odnos z povodí byly sledovány jednak pravidelnými odběry v přibližně dvoutýdenním intervalu, který zachycoval především běžné vodní stavy za převládajícího základního a svahového odtoku, a potom také v průběhu srážko-odtokových epizod (SOE), kdy byly vzorky odebírány kvazi kontinuálně pomocí automatických vzorkovačů. Velikost průtoku byla v obou případech měřena kontinuálně. Srážko-odtokové epizody mají značný význam z pohledu koncentrací i odnosu živin z povodí. Význam SOE spočívá jednak v prudkých změnách koncentrací, ke kterým dochází v jejich průběhu, ale také ve velkém podílu na celkovém odtoku z mikropovodí a tím také na celkovém odnosu živin. Pro možnost lepšího srovnání koncentrací látek při různé velikosti průtoku byly vypočteny tzv. průtokově vážené koncentrace – C_{fw} (Concentration flow weighted).

Koncentrace a odnos N-NO₃

Koncentrace dusičnanového dusíku byly na pokusné lokalitě v celém sledovaném období relativně vysoké. Jejich základní charakteristiky jsou zobrazeny v grafu 11a) pro skupinu POD DIG a 11b) pro skupinu POD MIN. Za běžných vodních stavů (pravidelné odběry) s převahou základního a svahového odtoku byly koncentrace dusičnanového dusíku mírně vyšší na digestátem hnojené skupině POD DIG. Hodnoty C_{fw} na drenážní skupině POD DIG byly **36,0 mg/l** v hydrologickém roce (HR) 2014, **35,2 mg/l** v HR 2015 a **45,7 mg/l** v HR 2016; na minerálními hnojivy hnojené skupině POD MIN byly hodnoty C_{fw} **23,9 mg/l** v HR 2014, **25,6 mg/l** v HR 2015 a **30,2 mg/l** v HR 2016. Na POD DIG navíc byla ve všech sledovaných letech zaznamenána pozitivní korelace koncentrací N-NO₃ s průtokem, tedy růst koncentrací s rostoucí hodnotou průtoku. Tento jev nastává v případě dusičnanového dusíku pouze na orné půdě s nadbytečnou zásobou dusičnanů v půdě (přehnojení). V HR 2016 rostly koncentrace s rostoucím průtokem také na skupině POD MIN. Toto zvýšení koncentrací N-NO₃ v HR 2016 je způsobeno velmi suchým rokem 2015, po kterém zůstaly v půdě velké zásoby nevyplavených dusičnanů. Tento nárůst se projevil na většině pokusných lokalit VÚMOP v.v.i.

T A

Č R

V průběhu SOE naopak významněji rostly koncentrace N-NO₃ na minerálně hnojené POD MIN, což je způsobeno vyšší hydrologickou konektivitou mikropovodí této skupiny. Hodnoty Cfw (tabulka 5) na drenážní skupině POD DIG v průběhu SOE byly za jednotlivé HR **40,8 mg/l** v roce 2014, a **62,0 mg/l** v roce 2016. V průběhu HR 2015 nebyla na POD DIG změřena žádná epizoda. Hodnoty Cfw na drenážní skupině POD MIN v průběhu SOE byly za jednotlivé HR 2014, 2015 a 2016 **78,3 mg/l**, **34,0 mg/l** a **55,4 mg/l**. Ve vztahu s velikostí průtoku docházelo často k růstu koncentrací dusičnanového dusíku na obou sledovaných mikropovodích, což opět svědčí o nadbytečné zásobě dusičnanů v půdě.

Také celkový odnos dusičnanového dusíku byl na lokalitě Podmoky dosti vysoký (tabulka 6 a graf 13a). Jeho velikost byla určena zejména velikostí odtoku v daném HR. Na profilu POD DIG se pohyboval roční odnos N-NO₃ od **18,0 kg/ha/rok** v suchém roce 2015 až po **36,8 kg/ha/rok** v podstatně vlhčím roce 2014. Na skupině POD MIN se hodnota ročního odnosu pohybovala od **22,7** po **43,8 kg/ha/rok**. Zvyšování koncentrací v průběhu SOE na této lokalitě má za následek také vysoký podíl SOE na celkové roční ztrátě N-NO₃ (tabulka 6), která ve vlhčích letech bývala **30 – 39 %**, což je z hlediska dusičnanového dusíku relativně vysoká hodnota.

Koncentrace a odnos P-PO₄ a celkového fosforu (P-celk.)

Hodnoty koncentrací obou sledovaných forem fosforu byly za běžných vodních stavů podobně nízké na obou sledovaných drenážních skupinách (graf 11 c,d,e,f, tabulka 5). Mírně vyšší byly většinou na minerálně hnojené POD MIN. V případě P-PO₄ se hodnoty Cfw držely na POD DIG do **0,051 mg/l** a na skupině POD MIN do **0,081 mg/l**. Hodnoty Cfw celkového fosforu se na POD DIG pohybovaly od **0,075 mg/l** do **0,93 mg/l** a v případě POD MIN od **0,07** do **0,139 mg/l**. Hodnoty koncentrací obou forem fosforu rostly s rostoucím průtokem, přičemž tento vztah byl silnější v případě P-PO₄. V průběhu SOE docházelo téměř vždy a na obou drenážních skupinách k výraznému růstu koncentrací obou forem fosforu, tento nárůst byl většinou výraznější na POD MIN. Hodnota Cfw P-PO₄ v průběhu epizod (tabulka 5) se pohybovala na POD MIN od **0,057** do **0,132 mg/l** a od **0,137** do **0,167 mg/l** v případě POD MIN. Hodnota Cfw celkového fosforu se na POD DIG pohybovala od **0,116** do **0,444 mg/l** a od **0,217** do **0,573 mg/l** v případě POD MIN.

S výrazně rostoucími koncentracemi obou forem fosforu v průběhu SOE také souvisí jejich významný podíl na celkovém ročním odnosu P-PO₄ i Pcelk., jak je uvedeno v tabulce 6 a též zobrazeno v grafu 13 b, c. Tento podíl se ve vlhčích letech (2014, 2016) pohybuje od **30** do **80 %**, přičemž významnější je na mikropovodí drenážní skupiny POD MIN, kde bylo zaznamenáno více SOE a která má celkově vyšší hydrologickou konektivitu. Celkový roční odnos fosforečnanového fosforu se pohyboval od **17,5** do **61,0 g/ha/rok** z POD DIG a od **33,5** do **131,8 g/ha/rok** z POD MIN. Významně větší odnos z POD MIN je způsoben zejména větším odtokem z tohoto mikropovodí (tabulka 5), nicméně roli hrají i vyšší koncentrace, zejména v případě SOE.

T A

Č R

Pokusná lokalita Vepříkov

Vliv využití fugátu na jakost drenážních vod a velikost odnosu N-NO₃, P-PO₄ a P-celk. drenážním odtokem byl zkoumán na dvou drenážních skupinách pokusné lokality Vepříkov (obhospodařované ZOD Kámen) s rozdílným způsobem hnojení v jednotlivých sledovaných sezónách. Jedná se o drenážní skupinu Vepř. 1, jejíž mikropovodí má velikost 19,95 ha a hnojena byla v letech 2013 a 2014 minerálními hnojivy a v letech 2015 a 2016 fugátem, a o drenážní skupinu Vepř. 2 s mikropovodím o výměře 28,25 ha, kde probíhalo hnojení opačným způsobem (2013 a 2014 fugát, 2015 a 2016 minerální hnojivo). Obě sledované drenážní skupiny mají podobnou velikost průměrného průtoku (0,57 l/s Vepř. 1, resp. 0,7 l/s Vepř. 2) i specifického odtoku (0,028 l/s/ha Vepř. 1, resp. 0,025 l/s/ha Vepř. 2), lze tedy velmi dobře porovnávat koncentrace a odnosy N-NO₃ při obou způsobech hnojení. Monitoring drenážních vod probíhal od června 2013 do října 2016.

Koncentrace N-NO₃, P-PO₄, P-celk. a jejich odnos z povodí byly sledovány obdobným způsobem jako v případě pokusné lokality Podmokly.

Koncentrace a odnos N-NO₃

Charakteristiky koncentrací N-NO₃ v drenážních vodách obou drenážních skupin ze vzorků z pravidelných odběrů (běžné vodní stavy) i ze vzorků v průběhu SOE jsou zobrazeny v grafu 12 a,b v tabulce 5. Koncentrace N-NO₃ ve vzorcích z pravidelných odběrů se v průběhu sledovaného období pohybovaly na skupině Vepř. 1 v rozmezí mezi **13,7** a **35,1 mg/l**, přičemž průtokově vážené koncentrace (C_{fw}) se pohybovaly od 21,4 mg/l do **29,0 mg/l**. Na drenážní skupině Vepř. 2 byly v průběhu sledovaného období koncentrace N-NO₃ podstatně nižší než na Vepř. 1 (graf 12 a,b). V průběhu sledovaného období se pohybovaly v rozmezí **2,7 - 27,0 mg/l** a hodnota C_{fw} se pohybovala od **13,1 mg/l** do byla **15,7 mg/l**. Vzhledem k tomu, že koncentrace na Vepř. 2 byly nižší po celou dobu pokusu, způsob hnojení významně koncentraci N-NO₃ v drenážních vodách neovlivnil. Na obou mikropovodích byl zaznamenán pouze malý rozdíl v koncentracích ve vegetační a nevegetační sezóně. Za běžných průtoků existuje pouze slabý vztah mezi koncentrací N-NO₃ a velikostí drenážního průtoku, když koncentrace obecně s rostoucím průtokem mírně klesaly.

V průběhu SOE koncentrace N-NO₃ vykazovaly značnou variabilitu, jejich velikost se pohybovala od **2,9 mg/l** do **46,5 mg/l** na profilu Vepř. 1 a od **1 mg/l** do **54,6 mg/l** na profilu Vepř. 2. Tato variabilita byla způsobena zejména měnícím se složením drenážního odtoku v průběhu SOE a množstvím dusičnanů v půdě před epizodou. V průběhu většiny sledovaných SOE došlo ke snižování koncentrací N-NO₃ v drenážních vodách s rostoucím průtokem (obr. 29), což je situace typická pro většinu odvodněných subpovodí s ornou půdou, která není přehnojena. Výjimkou byla drenážní skupina Vepř. 1 v roce 2016, kdy koncentrace N-NO₃ v průběhu některých SOE byly vyšší, než ve vzorcích z pravidelných odběrů při běžných vodních stavech. Tato skutečnost s velkou pravděpodobností nebyla způsobena přehnojením půdy velkou dávkou dusíku aplikovanou tomto roce, ale zvýšenou zásobou N v půdě po předchozím relativně sušším roce (2015), ve kterém

T A

Č R

proběhlo pouze několik SOE a bylo čerpáno méně N porostem. Při srovnání obou drenážních skupin je patrné, že koncentrace N-NO₃ se v průběhu SOE snižují intenzivněji na skupině Vepř. 2, což je způsobeno vyšší hydrologickou konektivitou tohoto mikropovodí. Tato skutečnost se projevuje mj. větším počtem zaznamenaných SOE, které jsou také intenzivnější a drenážní odtok v jejich průběhu obsahuje vyšší podíl vody pocházející z příčné srážky (určeno pomocí velikosti změny teploty drenážní vody v průběhu SOE).

Charakteristiky odnosu N-NO₃ jsou shrnuty v tabulce 5. Velikost odnosu se v jednotlivých letech sledování pohybovala od **8,3** do **21,9 kg N-NO₃** na hektar, a to především v závislosti na velikosti odtoku v daném roce. Podíl vyplaveného N vůči aplikovanému N byl velmi variabilní a pohyboval se od **3** do **17 %** bez závislosti na typu aplikovaného hnojiva.

Podíl SOE na celkovém odnosu dusíku z povodí (tabulka 5, graf 13 a) je dán především vodností daného hydrologického roku. V jednotlivých hydrologických letech se podíl epizod na celkovém odnosu N pohyboval v rozmezí od **7** do **21 %**, přičemž za celé sledované období byl na obou drenážních skupinách obdobný (**17 %** na Vepř. 1 a **18,4 %** na Vepř. 2). Z 1 hektaru bylo v průběhu SOE vyplaveno **0,9 až 10,1 kg N/ha/rok**. Podíly epizod na odnosu dusíku jsou na sledované lokalitě nižší než v případě fosforu, což je dáno převážným řaděním koncentrací N-NO₃ v jejich průběhu, což svědčí o relativně nepřehnojené půdě.

Koncentrace a odnos P-PO₄ a celkového fosforu (P-celk.)

Hodnoty koncentrací obou sledovaných forem fosforu byly za běžných vodních stavů podobně nízké na obou sledovaných drenážních skupinách (graf 11 c,d,e,f, tabulka 5). Mezi koncentracemi změřenými na obou mikropovodích nebyl žádný významný rozdíl. V případě P-PO₄ se hodnoty C_{fw} se držely na Vepř. 1 do **0,034 mg/l** a na skupině Vepř. 2 do **0,043 mg/l**. Hodnoty C_{fw} celkového fosforu se na Vepř. 1 pohybovaly od **0,056 mg/l** do **0,079 mg/l** a v případě Vepř. 2 od **0,053** do **0,097 mg/l**. Hodnoty koncentrací obou forem fosforu ve vzorcích z pravidelných odběrů mírně rostly s rostoucím průtokem. Naopak v průběhu SOE docházelo téměř vždy a na obou drenážních skupinách k výraznému růstu koncentrací obou forem fosforu. Koncentrace v průběhu SOE byly většinou 2x – 9x vyšší než za běžných průtoků. Hodnota C_{fw} P-PO₄ v průběhu epizod (tabulka 5) se pohybovala na Vepř. 1 od **0,038** do **0,301 mg/l** a od **0,015** do **0,086 mg/l** v případě Vepř. 2. Hodnota C_{fw} celkového fosforu se na Vepř. 1 pohybovala od **0,111** do **0,573 mg/l** a od **0,093** do **0,270 mg/l** v případě Vepř. 2., přičemž vyšší růst koncentrací je vázán na vlhčí roky.

S výrazně rostoucími koncentracemi obou forem fosforu v průběhu SOE také souvisí jejich významný podíl na celkovém ročním odnosu P-PO₄ i P-celk., jak je uvedeno v tabulce 6 a též zobrazeno v grafu 13 b, c. Tento podíl se ve vlhčích letech (2014, 2016) pohybuje od 30 do 59 %, v závislosti na počtu a velikosti epizod v daném HR. Celkový roční odnos fosforečnanového fosforu se pohyboval od **21,3** do **65,8 g/ha/rok** z mikropovodí Vepř. 1 a od **12,7** do **92,2 g/ha/rok** z mikropovodí Vepř. 2. Odnos celkového fosforu z mikropovodí Vepř. 1 byl v rozmezí **37,9 g/ha/rok až 127,9 g/ha/rok** a z mikropovodí Vepř. 2 od **37,5 g/ha/rok** do **92,2 g/ha/rok**, vždy v závislosti na velikosti odtoku v daném HR.

T A

Č R

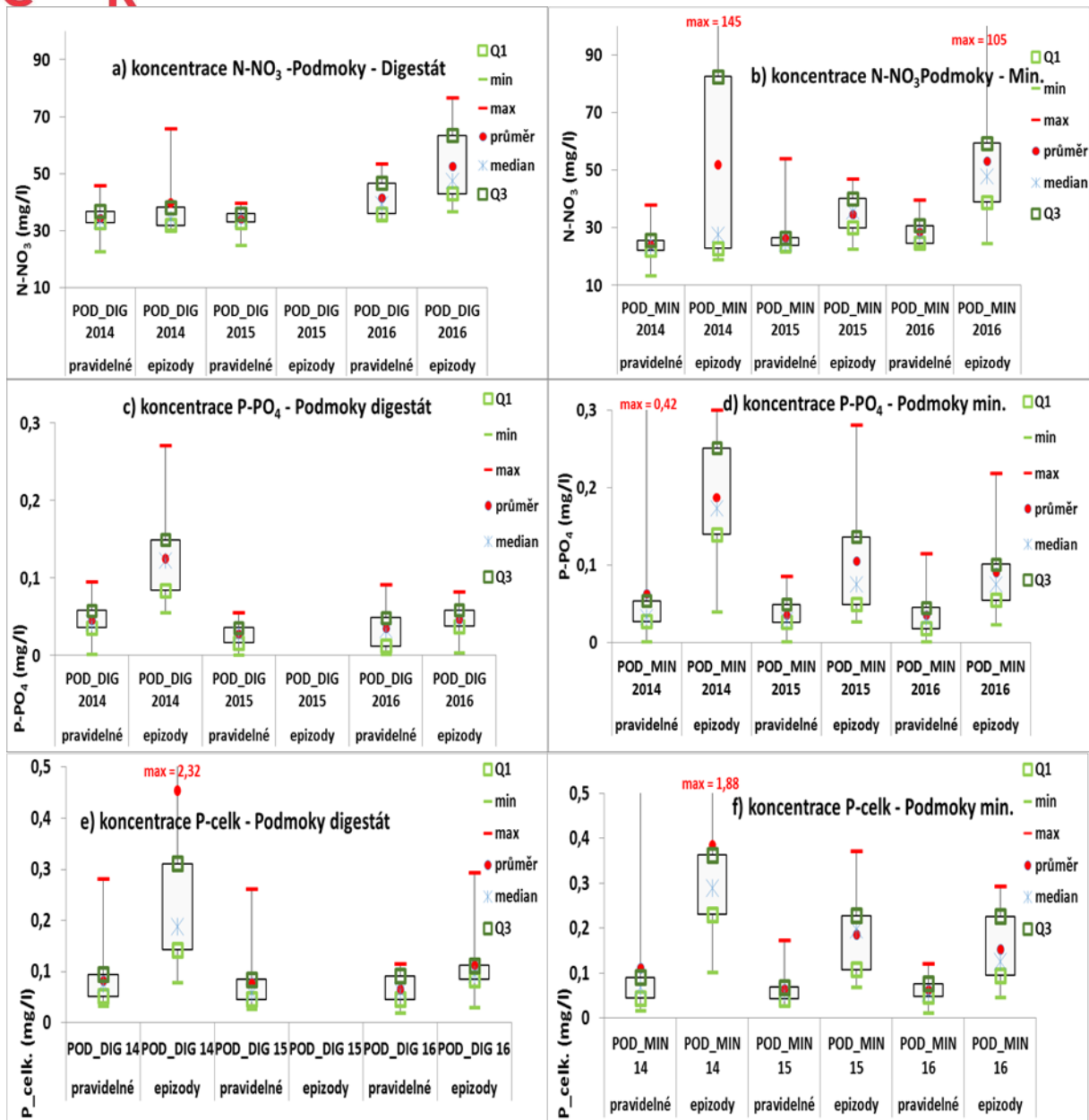
Shrnutí poznatků o vyplavování sledovaných živin drenáží

Z výsledků sledování koncentrací vyplývá, že v případě hnojení fugátem v dávkách 190 – 360 kg N/ha/rok (při uvažované využitelnosti dusíku z fugátu 60 %) a digestátem v obdobných dávkách nemá toto hnojení negativní vliv na jakost drenážních vod a odnos dusíku a fosforu z povodí, neboť variabilita koncentrací a odnosů N a P je dána především variabilitou odlišností hydrologických a klimatických podmínek. Naopak v případě přehnojení půdy dávkami dusíku podstatně vyššími, než jsou schopny rostliny spotřebovat (250 – 400 kg/ha/rok), vede ke zvýšení vyplavování N a P z půdy, zejména v průběhu srážko-odtokových epizod. Vysoký podíl epizod na celkovém odnosu zejména fosforu, ale v některých případech i dusíku, směřuje pozornost k organizačním opatřením na nejvíce propustných půdách, jako jsou např. omezení hnojení ve zdrojových lokalitách nebo jejich zatravnění.

Tabulka 5. Průtokově vážené koncentrace (Cfw) sledovaných látek za běžných průtoků i v průběhu SOE na drenážních skupinách POD DIG, POD MIN, Vepř. 1 a Vepř. 2.

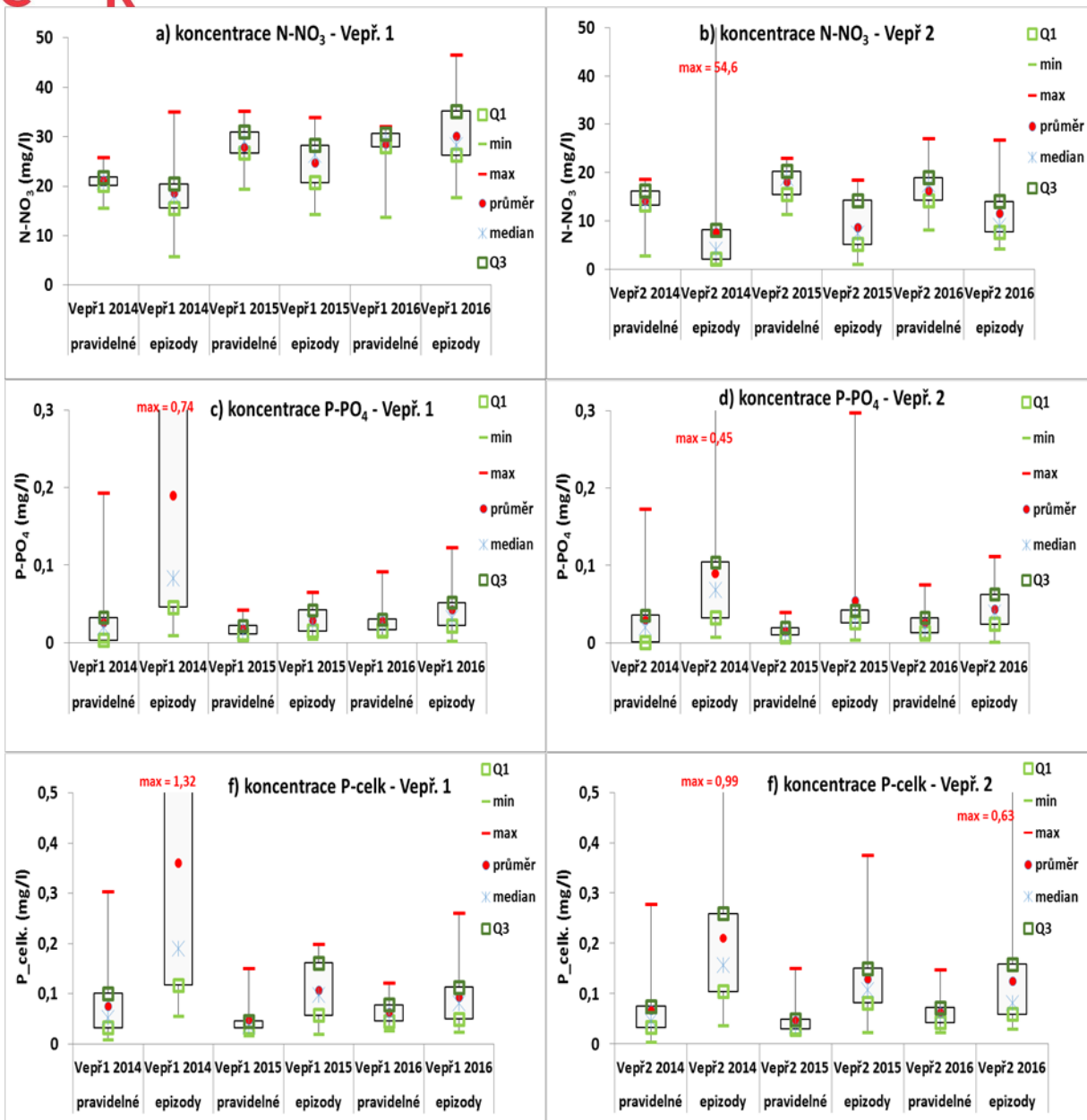
N-NO ₃	POD DIG Cfw (mg/l)		POD MIN Cfw (mg/l)		Vepř. 1 Cfw (mg/l)		Vepř. 2 Cfw (mg/l)	
	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody
HR								
2014	36,0	40,8	23,9	78,3	21,4	18,0	13,1	30,7
2015	31,8	n	26,6	34,0	27,5	23,8	18,4	5,7
2016	45,7	62,0	30,2	55,4	29,0	31,4	15,7	12,9
P-PO ₄	POD DIG Cfw (mg/l)		POD MIN Cfw (mg/l)		Vepř. 1 Cfw (mg/l)		Vepř. 2 Cfw (mg/l)	
	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody
HR								
2014	0,054	0,132	0,081	0,233	0,032	0,301	0,043	0,086
2015	0,034	n	0,038	0,137	0,020	0,038	0,015	0,037
2016	0,051	0,057	0,044	0,168	0,033	0,059	0,039	0,048
P_celk	POD DIG Cfw (mg/l)		POD MIN Cfw (mg/l)		Vepř. 1 Cfw (mg/l)		Vepř. 2 Cfw (mg/l)	
	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody	pravidelné	epizody
HR								
2014	0,093	0,444	0,139	0,573	0,079	0,574	0,097	0,270
2015	0,090	n	0,067	0,217	0,056	0,136	0,053	0,093
2016	0,075	0,116	0,070	0,235	0,061	0,111	0,077	0,180

T A Č R



Graf 11. Koncentrace sledovaných živin v drenážních vodách na pokusném povodí Podmoky v hydrologických letech 2014 – 2016 ve vzorcích z pravidelných odběrů a ve vzorcích ze SOE: a) koncentrace N-NO₃ na drenážní skupině POD DIG, b) koncentrace N-NO₃ na drenážní skupině POD MIN, c) koncentrace P-PO₄ na drenážní skupině POD DIG, d) koncentrace P-PO₄ na drenážní skupině POD MIN, e) koncentrace P_celk. na drenážní skupině POD DIG, f) koncentrace P_celk. na drenážní skupině POD MIN

T A Č R



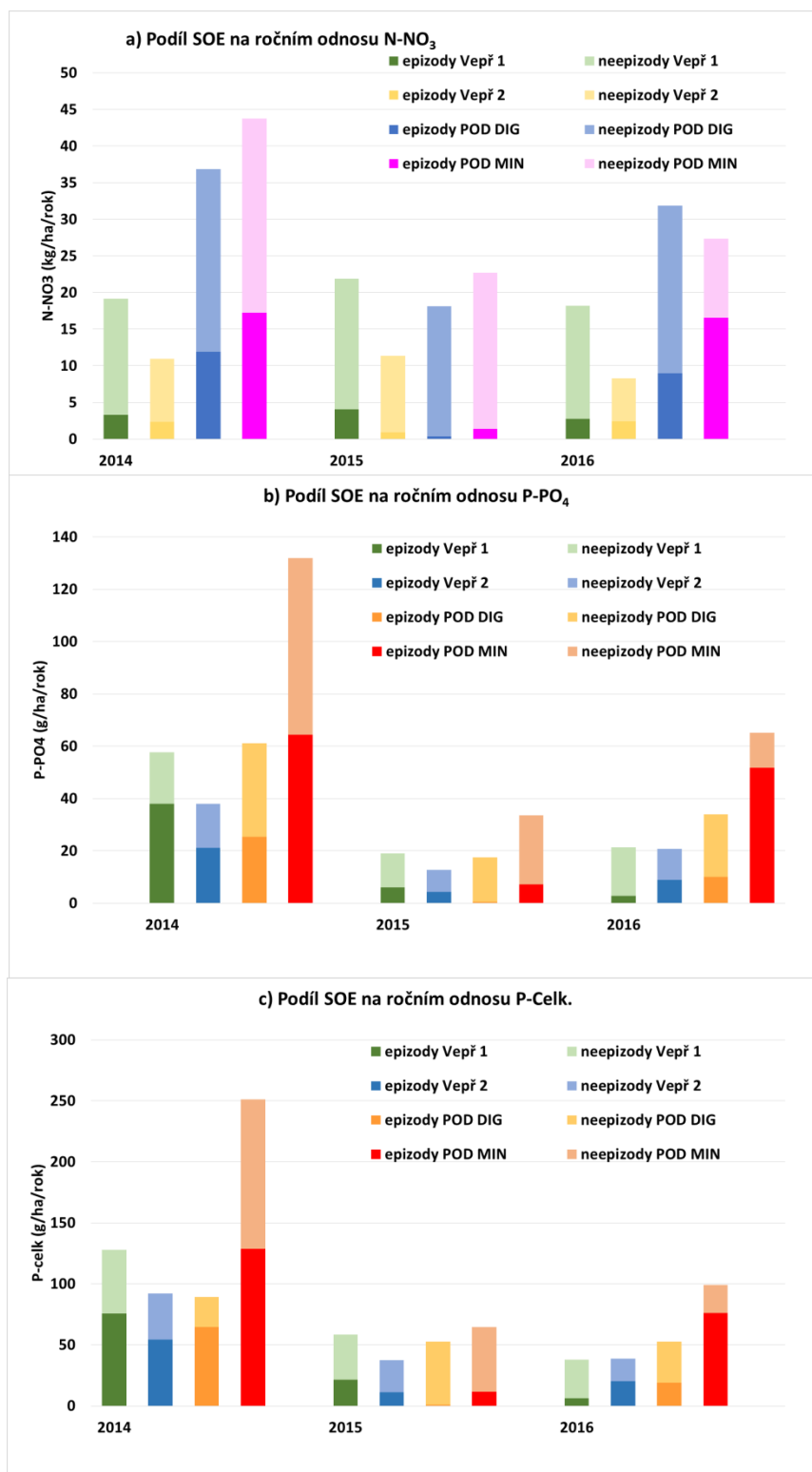
Graf 12. Koncentrace sledovaných živin v drenážních vodách na pokusném povodí Vepříkov v hydrologických letech 2014 – 2016 ve vzorcích z pravidelných odběrů a ve vzorcích ze SOE: a) koncentrace N-NO₃ na drenážní skupině Vepř. 1, b) koncentrace N-NO₃ na drenážní skupině Vepř. 2, c) koncentrace P-PO₄ na drenážní skupině Vepř. 1, d) koncentrace P-PO₄ na drenážní skupině Vepř. 2, e) koncentrace P-celk. na drenážní skupině Vepř. 1, f) koncentrace P-celk. na drenážní skupině Vepř. 2.

T A

Č R

Tabulka 6. Velikost odtoku, odnosu sledovaných živin, základní charakteristiky SOE a jejich podíl na celkovém odnosu živin v jednotlivých hydrologických letech

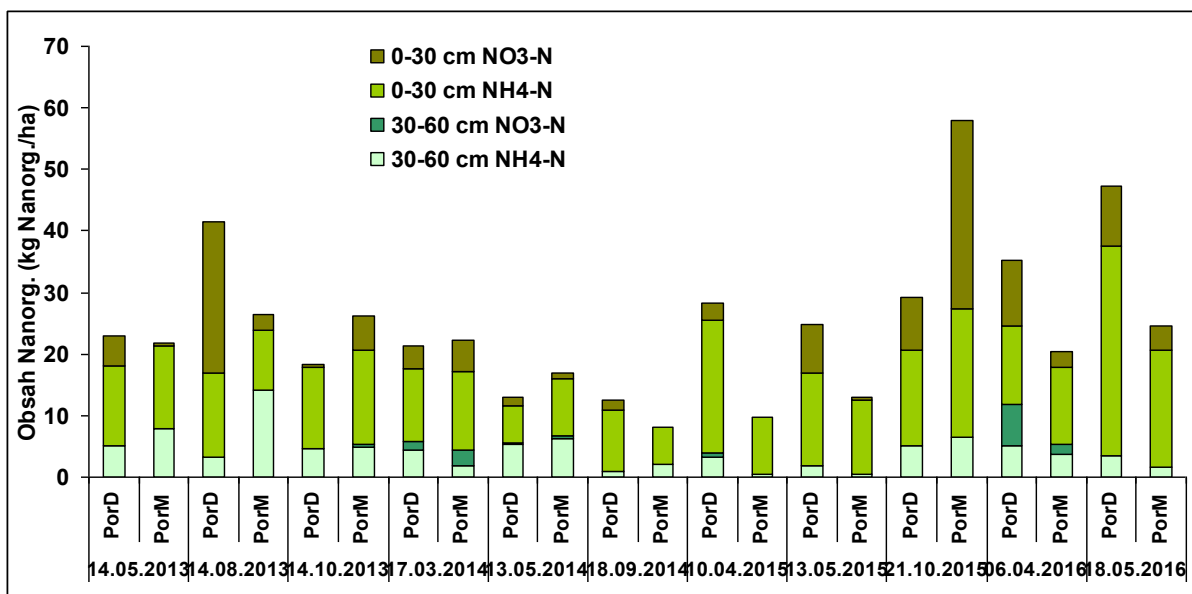
HR	Místo	Vepř. 1	Vepř. 2	POD DIG	POD MIN
2014	Odtok (m ³ /ha)	869,2	766,8	945,1	1379,4
	Počet SOE	16	19	13	15
	Trvání SOE (dnů)	24,4	30,3	26,1	23,5
	Odnos N-NO ₃ (kg/ha/rok)	19,2	10,9	36,8	43,8
	Podíl SOE na odnosu N-NO ₃ (%)	17,1	21,3	32,2	39,3
	Odnos P-PO ₄ (g/ha/rok)	57,6	38,0	61,0	131,8
	Podíl na odnosu P-PO ₄ (%)	65,8	55,4	41,3	48,8
	Odnos P-celk. (g/ha/rok)	127,9	92,2	220,1	251,1
Podíl SOE na odnosu P-celk. (%)	59,2	59,1	70,7	51,2	
2015	Odtok (m ³ /ha)	815,1	684,7	511,3	843,8
	Počet SOE	8	11	2	8
	Trvání SOE (dnů)	13	18,9	5,3	10,9
	Odnos N-NO ₃ (kg/ha/rok)	21,9	11,3	18,1	22,7
	Podíl SOE na odnosu N-NO ₃ (%)	18,4	7,8	2,0	6,2
	Odnos P-PO ₄ (g/ha/rok)	19,0	12,7	17,5	33,5
	Podíl na odnosu P-PO ₄ (%)	31,6	33,4	2,1	21,6
	Odnos P-celk. (g/ha/rok)	58,4	37,5	45,9	64,7
Podíl SOE na odnosu P-celk. (%)	36,5	29,3	1,6	18,1	
2016	Odtok (m ³ /ha)	624,7	501,6	687,9	1079,5
	Počet SOE	13	25	6	13
	Trvání SOE (dnů)	23,3	60,3	14,9	27,8
	Odnos N-NO ₃ (kg/ha/rok)	18,2	8,3	31,9	27,4
	Podíl SOE na odnosu N-NO ₃ (%)	15,2	29,4	28,0	60,6
	Odnos P-PO ₄ (g/ha/rok)	21,3	20,7	33,9	65,1
	Podíl na odnosu P-PO ₄ (%)	12,8	42,7	29,7	79,5
	Odnos P-celk. (g/ha/rok)	37,8	38,6	52,7	99,2
Podíl SOE na odnosu P-celk. (%)	16,0	51,7	36,0	76,7	



Graf 13. Roční odnos N-NO₃ a podíl SOE na ročním odnosu N-NO₃ z mikropovodí sledovaných drenážních skupin za HR 2014, 2015 a 2016 (a), celkový roční odnos P-PO₄ a podíl SOE na ročním odnosu P-PO₄ z mikropovodí sledovaných drenážních skupin za HR 2014, 2015 a 2016 (b) a roční odnos P-celk. a podíl SOE na ročním odnosu P-celk. z mikropovodí sledovaných drenážních skupin za HR 2014, 2015 a 2016 (c)

Trvalý travní porost – lokalita Porešín

Na trvalém travním porostu v Porešíně se v průběhu let 2013-2016 obsahy Nanorg. v půdě pohybovaly zpravidla okolo 30 kg Nanorg./ha do hloubky 60 cm, pouze po hnojení se dostávaly k hodnotám nad 40 kg Nanorg./ha. Na trvalém travním porostu byla značná část dusíku v amonné formě, která se nitrifikací přeměňuje na nitráty, které se snadno vyplavují do podzemních vod. Hnojení digestátem sice může v půdě trvalého travního porostu zvýšit obsah anorganického dusíku (převážně v amonné formě) o 10-12 kg Nanorg./ha, nicméně v podzimním období je již obsah Nanorg. po hnojení digestátem v půdě zpravidla okolo 20 kg Nanorg./ha. Tyto hodnoty jsou buď srovnatelné s půdami, kde bylo provedeno minerální hnojení, případně v suchém roce 2015 se jako rizikovější ukázalo právě minerální hnojení, kde množství dusíku v půdě dosáhlo 58 kg Nanorg./ha oproti 30 kg Nanorg./ha při hnojení digestátem.



Graf 14. Obsah Nanorg. v půdách na trvalém travním porostu v letech 2013-2016 (Porešín)

Doporučení pro praxi: Aplikace digestátu na trvalý travní porost z hlediska vyplavení nitrátů do vody není podstatněji rizikovější než minerální hnojení, pokud je na trvalém travním porostu provedeno. Trvalý travní porost, pokud je dobře zapojen, má i značný kořenový systém, který přetrvává i přes zimu, proto je riziko vyplavení nitrátů v zimním období dále snižováno.

Recenzované články a jiné výsledky 2015 a 2016

V roce 2016 byl publikován v časopise Úroda (č. 11/2016, str. 16 – 20) recenzovaný článek s názvem Hnojení kukuřice digestátem a fugátem z bioplynových stanic autorů: Mühlbachová, G., Duffková, R., Kusá H., Vavera R., Káš M., Zajíček A., který byl dedikován na projekt TA03020202. Jedná se o výsledek typu X-jiné, jehož plánovaný termín dosažení je 31.12.2016 a tudíž je připojen k závěrečné zprávě projektu.

V článku jsou uvedeny výsledky pro jednorázové i dělené dávky digestátů a fugátů z polního maloparcelkového pokusu v Lukavci. Třileté výsledky ukázaly, že aplikace fugátu do půdy za dobrých vláhových podmínek vede k výnosům kukuřice přibližujícím se použití minerálních hnojiv ve stejné dávce. Aplikace digestátů výnosy může snížit zhruba o 5%. Dělené dávky digestátů a fugátů byly přijatelné v klimaticky průměrném roce, v případě sucha (rok 2015) již rostliny nevyužily dusík aplikovaný v druhé dávce a výnosy se snížily oproti jednorázovým dávkám digestátu nebo fugátu. Při vysokých srážkách nebyly dělené dávky hnojiv účinné pro snížení rizika vyplavení nitrátů do podzemních vod, v případě sucha nemusí být dusík z druhé dělené dávky dostupný pro rostliny v rozhodujícím období růstu pro dosažení výnosu.

V příloze zprávy je rovněž přiložen recenzovaný článek z roku 2015: Duffková R., Mühlbachová G. 2015. Vliv aplikace digestátu na produkci kukuřice. Energie21 8(2): 22-24. ISSN 1803-0394.

Vzhledem k tomu, že v předchozím období byla pro účely „Specializované mapy s odborným obsahem s indikátory vodního stresu pro vymezení infiltračních zón“ zajištěna pouze nevhodná data z družicových snímků Landsat s nedostatečným rozlišením, byla dne 13.6.2015 provedena úspěšná letecká hyperspektrální kampaň s optimálním rozlišením ve VIS-NIR a LWIR spektrální oblasti (pro dvě lokality VUMOP – Čechtice a Vepříkov-Kámen). Následně byly provedeny atmosférické a radiometrické korekce a georeferencování a mozaikování. Zpráva o provedené kampani 2015 byla v příloze projektu za rok 2015. V roce 2016 bylo provedeno zpracování dat z této letecké kampaně do upřesněné podoby zmíněné specializované mapy, které je v podobě zprávy přiloženo do příloh.