



Wyniki prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem planów nawożenia TUZ azotem, w aspekcie wymagań Dyrektywy Azotanowej

prof. dr hab. inż. Stefan Pietrzak

Szkolenie w formie online dla pracowników stacji chemiczno-rolniczych, doradców rolnych i rolników nt. „Racjonalne nawożenie trwałych użytków zielonych” w ramach Zadania 2 „Racjonalne nawożenie” realizowanego na podstawie umowy dotacyjnej zawartej między Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi a Instytutem Technologiczno-Przyrodniczym – Państwowym Instytutem Badawczym.
Falenty, 26.03.2025 r.

- ❖ Zgodnie z Załącznikiem III Dyrektywy Azotanowej do środków, które należy włączyć do programów działania należą praktyki rolnicze, które mają być oparte na równowadze między cyt.:
 - i) możliwym do przewidzenia zapotrzebowaniem upraw na azot;*
 - ii) zasilaniem upraw azotem z gleby oraz z nawożenia, z uwzględnieniem:*
 - *ilości azotu obecnego w glebie w czasie, kiedy uprawa zaczyna wykorzystywać go w znaczącym stopniu (ilości pozostające w końcu zimy),*
 - *dopływu azotem przez mineralizację netto rezerw azotu organicznego w glebie,*
 - *uzupełniania związków azotu z odchodów zwierzęcych,*
 - *uzupełniania związków azotu pochodzącego z chemicznych nawozów i innych.*
- ❖ W ustanowionym w Polsce programie działań na rzecz Dyrektywy Azotanowej, powyższy wymóg w syntetycznym ujęciu wyraża podany niżej wzór określający sposób obliczania dawek mineralnych nawozów azotowych na podstawie uproszczonego bilansu tego składnika.

$$\text{Dawka } N_{\min.} = [\text{plon osiągalny w gospodarstwie rolnym [t/ha]} \times \text{pobranie jednostkowe azotu [kg N/t]} \text{ (według tabeli 10)} - \Sigma N \text{ z innych źródeł} \times \text{równoważnik nawozowy} - \text{korekta dla roślin uprawianych po przedplonach lub międzyplonach bobowatych (według tabeli 13)}] / 0,7$$ (współczynnik wykorzystania N z nawozów azotowych mineralnych).
- ❖ W obecnej wersji programu azotanowego (Dz.U. 2023 poz. 244) podobnie jak i w poprzedniej (Dz.U. z 2020 r. poz. 243) występują bądź występowały znaczne ograniczenia i braki w zakresie metody sporządzania planu nawożenia azotem wg uproszczonego bilansu w odniesieniu do trwałych użytków zielonych.
- ❖ Celem prezentacji jest omówienie wyników prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem planów nawożenia TUZ azotem, w aspekcie spełniania przez nie wymagań Dyrektywy Azotanowej.

Luki programu azotanowego w zakresie dotyczącym planów nawożenia TUZ azotem

- ❖ Równoważniki nawozowe znajdujące się w programie azotanowym, zostały opracowane na potrzeby tego programu w roku 2018 i następnie zaktualizowane je, kolejno w latach 2020 i 2023.

Źródło azotu	Termin stosowania	
	jesień	wiosna
Obornik		
Bydło	0,35	0,40
Świnie	0,40	0,45

Przykładowe równoważniki nawozowe azotu z różnych źródeł w zależności od terminu stosowania (Tabela 11 - Dz.U. 2023 poz. 244)

Poddając je bliższej analizie, wysnuć można wniosek, że posiadają one istotne ograniczenia. Po pierwsze, zostały one opracowane dla gruntów ornych i nie są adekwatne dla użytków zielonych. Po drugie, odnoszą się tylko wiosennych i jesiennych terminów stosowania nawozów naturalnych, podczas gdy również są one stosowane w okresie letnim (w tym czasie, w szczególności warunki termiczne wpływają na większe straty azotu w postaci amoniaku, w porównaniu z pozostałymi okresami). Po trzecie, nie uwzględniają one postępu jaki się dokonał w zakresie metod stosowania nawozów naturalnych (współczesne technologie aplikacji nawozów naturalnych znacznie zmniejszają zachodzące z nich straty azotu, co powoduje, że ilość tego składnika dostępna dla roślin jest większa).

- ❖ Wnoszone azotu do gleby przez rośliny bobowate wchodzące w skład runi TUZ zostało pominięte w programie azotanowym. Tymczasem ma ono ważne znaczenie w kształtowaniu bilansu azotu w glebach użytków zielonych.

Luki programu azotanowego w zakresie dotyczącym planów nawożenia TUZ azotem cd.

Tabela 13. Ilość azotu działającego pozostającego po uprawie roślin bobowatych

Rodzaj przedplonu	Bobowate w czystym siewie		Bobowate w mieszankach z trawami lub zbożami		Przyorane liście roślin korzeniowych
	plon główny	międzyplon	plon główny	międzyplon	
Przyorane resztki poźniwne	25 kg	15 kg	15 kg	10 kg	25 kg
Przyorane całe rośliny na zielony nawóz	50 kg	20 kg	30 kg	15 kg	–

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 stycznia 2023 r. w sprawie „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. 2023 poz. 244)

Tabela 13. Ilość azotu działającego pozostającego po uprawie roślin bobowatych

Rodzaj przedplonu	Bobowate w czystym siewie		Bobowate w mieszankach z trawami lub zbożami		Przyorane liście roślin korzeniowych
	plon główny	międzyplon	plon główny	międzyplon	
Przyorane resztki poźniwne	30 kg	15 kg	20 kg	10 kg	25 kg
Przyorane całe rośliny na zielony nawóz	Łubin żółty – 74 kg Groch – 77 kg Seradela – 65 kg Pozostałe – 60 kg	Koniczyna czerwona – 30 kg Koniczyna biała – 27 kg Seradela – 33 kg Pozostałe – 30 kg	50 kg	20 kg	–

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącym ze źródeł rolniczych oraz zapobieganiu dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. z 2020 r. poz. 243).

Luki programu azotanowego w zakresie dotyczącym planów nawożenia TUZ azotem cd.

- ❖ Wymagania Dyrektywy Azotanowej stanowią, że ilość azotu w nawozach naturalnych stosowanych na gruntach każdego roku, w tym wnoszonych **na nie przez same zwierzęta, standardowo nie może przekroczyć 170 kg N (Załącznik III). Z wymagania tego wynika, że również azot zawarty w odchodach wydalanym przez zwierzęta na pastwisku** powinien być uwzględniany w ramach tego limitu stosowania nawozów naturalnych. Potwierdzają to m.in. zapisy zawarte w artykule 6 i 7 decyzji przyznającej odstępstwo Niderlandom na podstawie dyrektywy Rady 91/676/EWG [OJEU 2020], a także pośrednio przepisy występujące w irlandzkim [Ireland 2022] i maltańskim [Malta 2015] azotanowych programach działań. Jednak w polskim programie azotanowym azot w odchodach zwierząt deponowanych na pastwisku, nie jest wliczany do dopuszczalnej jego puli 170 kg N na hektar rocznie.
- ❖ We wcześniejszej edycji programu azotanowego (Dz.U. z 2020 r. poz. 243) podane były dane dotyczące zasobności gleb w azot mineralny określone dla gruntów ornych (w których akumulacja makroelementów występuje w innym stopniu, niż w glebach użytków zielonych). Brak było takich danych w odniesieniu do gleb użytków zielonych.

Tabela 12. Zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie gleby 0-60 cm (kg N/ha)¹⁾

Kategoria agronomiczna gleby			
bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
49	59	62	66

¹⁾ Do obliczeń podane w tabeli wartości można zastąpić wynikami badania wiosną N_{min} dla działki rolnej i zastosować sposób obliczania podany w metodyce stacji chemiczno-rolniczej.

Źródło; Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącym ze źródeł rolniczych oraz zapobieganiu dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. z 2020 r. poz. 243).

Literatura

1. (Official Journal of the European Union) 2020. Commission Implementing Decision (EU) 2020/1073 of 17 July 2020 granting a derogation requested by the Netherlands pursuant to Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Dostęp: [5.03.2024]. Dostępny w internecie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020D1073&rid=3>
2. Ireland 2022. Statutory Instruments. S.I. No. 113 of 2022. European Union (Good Agricultural Practice For Protection Of Waters) Regulations 2022. Dostęp: [5.03.2024]. Dostępny w internecie: <https://www.irishstatutebook.ie/eli/2022/si/113/made/en/pdf>
3. Malta 2015. Nitrates Action Programme (Amendment) Regulations, 2015 (L.N. 94 of 2015). Dostęp: [5.03.2024]. Dostępny w internecie: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC144154/>

❖ Opracowane wskaźników zasobności gleb TUZ w azot mineralny w okresie wiosennym

- Na podstawie wyników monitoringu zawartości azotu mineralnego w glebach użytków zielonych prowadzonego przez KSChR w latach od 2015-2019 opracowano wskaźniki zasobności gleb TUZ w azot mineralny w okresie wiosennym w warstwie 0-30 cm w odniesieniu do gleb mineralnych i pochodzenia organicznego.
- Wskaźniki te zostały zamieszczone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 31 stycznia 2023 r. w sprawie „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. 2023 poz. 244).

Tabela 12. Zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie gleby

Zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie gleby 0–60 cm (kg N/ha) ¹⁾			
bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
49	59	62	66
Zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie 0–30 cm gleb mineralnych użytków zielonych w zależności od ich kategorii agronomicznej (kg N/ha) ¹⁾			
bardzo lekkie	lekkie	średnie	ciężkie
86	91	73	66
Zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie 0–30 cm gleb mineralno-organicznych użytków zielonych w zależności od poziomu zawartości w niej materii organicznej (kg N/ha)			
całkowicie zmineralizowane gleby torfowo-murszowe – I	gleby murszaste – II	gleby murszowate – III	gleby mineralno-murszowe – IV
≤3	(3-10>	(10-20>	>20
dane jak dla gleb mineralnych UZ	135	158	117

¹⁾ Do obliczeń podane w tabeli wartości można zastąpić wynikami badania wiosną N_{min} dla działki rolnej i zastosować sposób obliczania podany w metodyce stacji chemiczno-rolniczej.

Źródło: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 stycznia 2023 r. w sprawie „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (Dz.U. 2023 poz. 244)

Wyniki aktualnych prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem podstaw opracowywania planów nawożenia TUZ azotem cd.

➤ Na podstawie wyników monitoringu zawartości azotu mineralnego w glebach użytków zielonych prowadzonego przez KSChR w latach od 2019-2023 opracowano zaktualizowane wskaźniki zasobności gleb TUZ w azot mineralny w okresie wiosennym, warstwie 0-30 cm w odniesieniu do gleb mineralnych i pochodzenia organicznego.

Średnie zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie 0-30 cm gleb użytków zielonych

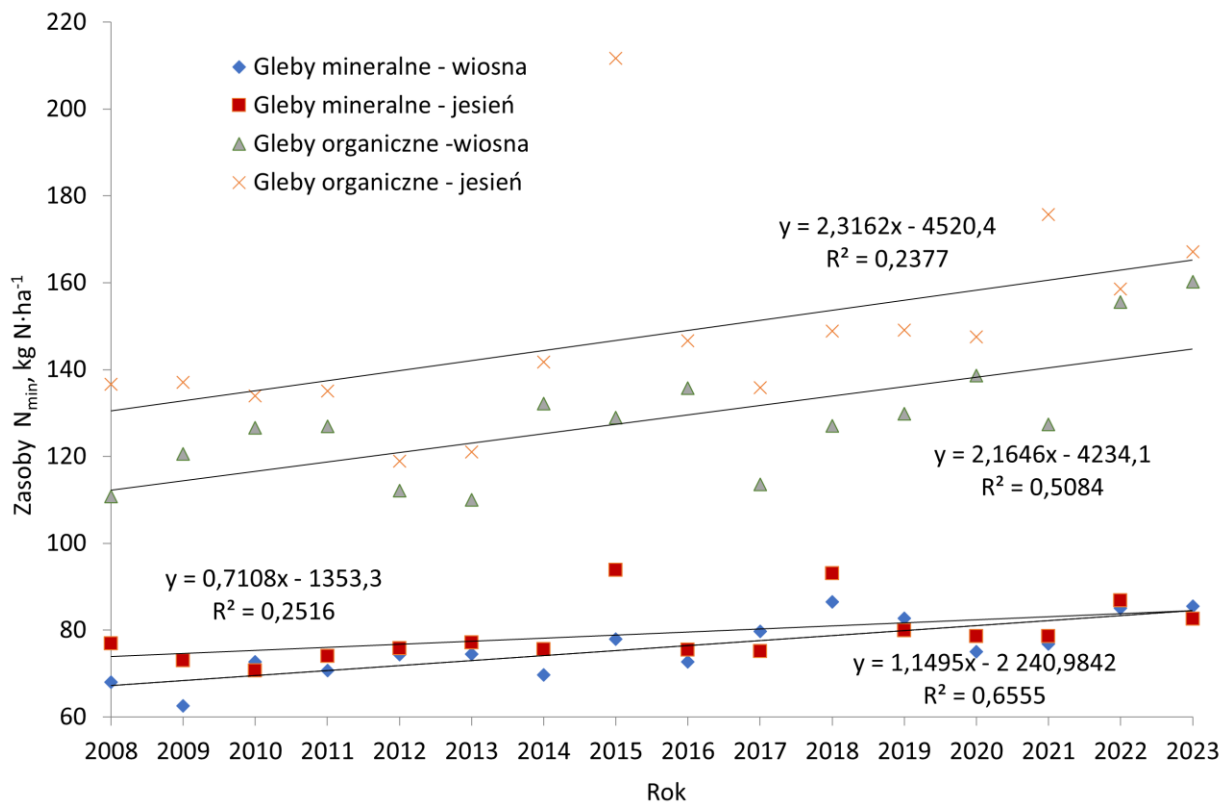
[opracowanie własne na podstawie wyników monitoringu zawartości azotu mineralnego w glebach użytków zielonych prowadzonego przez KSChR w latach od 2019-2023]

Podział gleb	Średnie zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie 0-30 cm gleb użytków zielonych, kg N·ha ⁻¹			
Gleby mineralne	kategoria agronomiczna:			
	bardzo lekkie	lekkie	średnie	ciężkie
	79	84	71	63
Gleby pochodzenia organicznego	grupa gleb:			
	całkowicie zmineralizowane gleby torfowo-murszowe	gleby murszaste	gleby murszowate	gleby mineralno-murszowe
	zawartość materii organicznej w warstwie 0-30 cm			
	≤3	(3-10>	(10-20>	>20
	dane jak dla gleb mineralnych UZ	128	168	126

Wyniki aktualnych prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem podstaw opracowywania planów nawożenia TUZ azotem, cd.

➤ Wyniki monitoringu azotu mineralnego w glebach użytków zielonych w Polsce prowadzone w latach 2008-2023 wskazują, że jego zasoby mają trend rosnący, zarówno w okresie wiosennym jak jesiennym. Na kierunek zmian tych zasobów miały wpływ (wprost proporcjonalny) średnie temperatury powietrza i (odwrotnie proporcjonalny) sumy opadów w związanych z wymienionymi okresami półroczach letnich i zimowych. Czynniki te stymulowały rozkład glebowej materii organicznej i uwalnianie z niej azotu mineralnego.

➤ W szerszym kontekście, zaobserwowane w 16-letnim okresie badawczym zwiększenie zasobów $N_{\min}$ w glebach UZ można interpretować jako skutek globalnego ocieplenia.



Zmiany zasobów azotu mineralnego ($N_{\min}$) w warstwie 0-30 cm gleb mineralnych i organicznych użytków zielonych w Polsce w okresach wiosennych i jesiennych w latach 2008-2023. Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników KSChR

❖ Opracowano propozycje zaktualizowanych równoważników nawozowych azotu dla nawozów naturalnych i pofermentu stosowanych na użytki zielone

Równoważniki nawozowe azotu z nawozów naturalnych i pofermentu stosowanych w danym roku na użytki zielone zależnościami od metody i terminu aplikacji, dla danego roku jej stosowania nawozu [opracowanie własne]

Źródło azotu	Metoda aplikacji nawozu	Równoważnik nawozowy azotu - R_{Ni}		
		termin stosowania		
		wiosna	lato	jesień
Obornik bydlęcy	rozrzut powierzchniowy	0,24	-	0,01
Gnojowica bydlęca	rozbryzg powierzchniowy	0,44	0,36	0,29
	wleczone węże	0,57	0,45	0,37
	płytki wtrysk (otwarty rowek)	0,64	0,55	0,47
Gnojowica świńska	rozbryzg powierzchniowy	0,57	0,52	0,47
	wleczone węże	0,70	0,64	0,60
	płytki wtrysk (otwarty rowek)	0,74	0,68	0,63
Poferment z biogazowni	rozbryzg powierzchniowy	0,46	0,40	0,35
	wleczone węże	0,61	0,54	0,49
	płytki wtrysk (otwarty rowek)	0,69	0,63	0,58

- ❖ Opracowano propozycje zaktualizowanych równoważników nawozowych azotu dla nawozów naturalnych i pofermentu stosowanych na użytki zielone.

Równoważniki nawozowe azotu z zakwaszonej gnojowicy stosowanej na użytki zielone zależnościami od miejsca zakwaszania oraz metody i terminu aplikacji, dla danego roku jej stosowania [opracowanie własne]

Źródło azotu	Metoda aplikacji nawozu	Równoważnik nawozowy azotu - R_{Ni}		
		Termin stosowania		
		Wiosna	Lato	Jesień
Gnojowica bydlęca - zakwaszanie w budynku inwentarskim/zbiorniku	rozbryzg powierzchniowy	0,50	0,50	0,45
	wleczone węże	0,65	0,59	0,56
Gnojowica bydlęca - zakwaszanie podczas aplikacji	rozbryzg powierzchniowy	0,48	0,48	0,42
	wleczone węże	0,62	0,56	0,52
Gnojowica świńska - zakwaszanie w budynku inwentarskim/zbiorniku	rozbryzg powierzchniowy	0,66	0,66	0,62
	wleczone węże	0,75	0,74	0,70
Gnojowica świńska - zakwaszanie podczas aplikacji	rozbryzg powierzchniowy	0,63	0,63	0,60
	wleczone węże	0,74	0,72	0,69

➤ Równoważniki nawozowe azotu wyznaczono na podstawie równania*:

$$R_{Ni} = (N-NH_4 \cdot k_{N-NH_4} + N_{org} \cdot k_{org}) / N_{og}$$

gdzie:

- R_{Ni} - równoważnik nawozowy azotu w nawozie naturalnym;
- $N-NH_4$ - zawartość azotu amonowego w nawozie zastosowanym w bieżącym roku, $kg \cdot t^{-1}$;
- k_{N-NH_4} - współczynnik dostępności azotu amonowego w zastosowanym nawozie (1 - % strat NH_3 po zastosowaniu nawozu/100);
- N_{org} - zawartość azotu organicznego w zastosowanym nawozie, $kg \cdot t^{-1}$;
- k_{org} - wskaźnik dostępności azotu organicznego zastosowanym w nawozie w bieżącym roku; $k_{org} = 0,25$ – dla obornika; $k_{org} = 0,35$ – dla gnojowicy;
- N_{og} - zawartość azotu ogólnego w nawozie naturalnym zastosowanym w bieżącym roku, $kg \cdot t^{-1}$;

przy czym:

- $N-NH_4 = N_{og} \cdot$ przeciętny udział $N-NH_4$ w N_{og} ;
- $N_{org} = N_{og} - N-NH_4$; lub: $N_{org} = N_{og} \cdot (1 - \text{przeciętny udział } N-NH_4 \text{ w } N_{og})$;

*Równanie to opracowano wykorzystując metodę określania ilości dostępnego dla roślin azotu z nawozów naturalnych stosowaną w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie [Koelsch, Shapiro 1997; Sullivan 2008 (2020); Karimi i in. 2017].

Literatura:

1. Koelsch R.K., Shapiro C.A. 1997. Determining Crop Available Nutrients from Manure. Nebraska Cooperative Extension. G97-1335A. ss. 5. Dostęp: [25.07.2023]. Dostępny w internecie: <https://core.ac.uk/download/pdf/17228715.pdf>
2. Sullivan D.M. 2008 (2020). Estimating Plant-Available Nitrogen from Manure. Extension Service, Oregon State University. ss. 21. Dostęp: [25.07.2023]. Dostępny w internecie: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8954.pdf>
3. Karimi R., Akinremi W., Flaten D. 2017. Nitrogen and phosphorus uptake from solid and liquid pig manure in perennial and annual cropping systems. Canadian Journal of Plant Science. 98(3): 771-781. <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0160>

W Polsce w nawozach naturalnych standardowo oznacza się suchą masę, N-ogólny, P, K i Mg. Nie oznacza się natomiast $\text{NH}_4\text{-N}$, co zgodnie z zaleceniem HELCOM 41/3 powinno być wykonywane.



Baltic Marine Environment Protection Commission

HELCOM Recommendation 41/3

Adopted 4 March 2020
having regard to Article 20, Paragraph 1b)
of the Helsinki Convention

THE USE OF NATIONAL MANURE STANDARDS

Dostęp: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/04/Rec-41-3.pdf>

Najważniejsze parametry wymagające analizy to:

- sucha masa;
- N, $\text{NH}_4\text{-N}$, P, K.

❖ Opracowano propozycje wskaźników podziemnego transferu azotu symbiotycznie związanego przez bobowate do traw jako komponenta mieszanki

- W mieszankach roślin bobowatych z trawami na użytkach zielonych, część azotu pobranego przez bobowate z atmosfery jest przekazywana trawom i przez nie wykorzystywana. Główne drogi transferu N można podzielić na nadziemne i podziemne. Transfer nadziemny występuje za pośrednictwem odchodów zwierząt wypasanych na pastwisku, jak też poprzez opadłe na glebę resztki roślinne.
- Transfer podziemny azotu z roślin bobowatych do sąsiadujących z nimi traw, zachodzi trzema różnymi drogami, takimi jak:
 - 1) rozkład tkanek korzeni roślin bobowatych (obumarłych brodawek korzeniowych i korzeni), a następnie pobieranie zmineralizowanego azotu przez sąsiadujące trawy;
 - 2) wysięk rozpuszczalnych związków N przez korzenie roślin bobowatych, a następnie wchłanianie ich przez korzenie traw;
 - 3) bezpośredni transfer N z bobowatych do traw przez strzępki grzybni w procesie mikoryzy (grzyby mikoryzowe tworząc sieć struktur grzybniowych wokół korzeni roślin, którymi dostarczają roślinom składniki odżywcze, w tym azot).



Schemat przedstawiający pęd i korzenie rośliny bobowatej z brodawkami korzeniowymi. Źródło: na podstawie: Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Root_nodule

- ❖ Opracowano propozycje wskaźników podziemnego transferu azotu symbiotycznie związanego przez bobowate do traw jako komponenta mieszanki cd.

Ilość azotu symbiotycznego transferowanego pod powierzchnią gruntu z koniczyny **czerwonej** do traw w zależności od jej udziału w runi łąkowej i plonu mieszanek trawiasto-koniczynowych [opracowanie własne]

Plon zielonki, dt·ha ⁻¹	Ilość transferowanego szlakami podziemnymi azotu symbiotycznego z koniczyny czerwonej do traw w kg N·ha ⁻¹ , gdy jej udział w runi wynosi w %:											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
250	0,4	0,7	1,1	1,5	1,8	2,2	2,6	2,9	3,3	3,7	4,1	4,4
300	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,5	4,0	4,4	4,9	5,3
350	0,5	1,0	1,5	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,2	5,7	6,2
400	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1
450	0,7	1,3	2,0	2,7	3,3	4,0	4,6	5,3	6,0	6,6	7,3	8,0
500	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,2	5,9	6,6	7,4	8,1	8,8
550	0,8	1,6	2,4	3,2	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1	8,9	9,7
600	0,9	1,8	2,7	3,5	4,4	5,3	6,2	7,1	8,0	8,8	9,7	10,6
650	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6	10,5	11,5
700	1,0	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,2	8,3	9,3	10,3	11,4	12,4

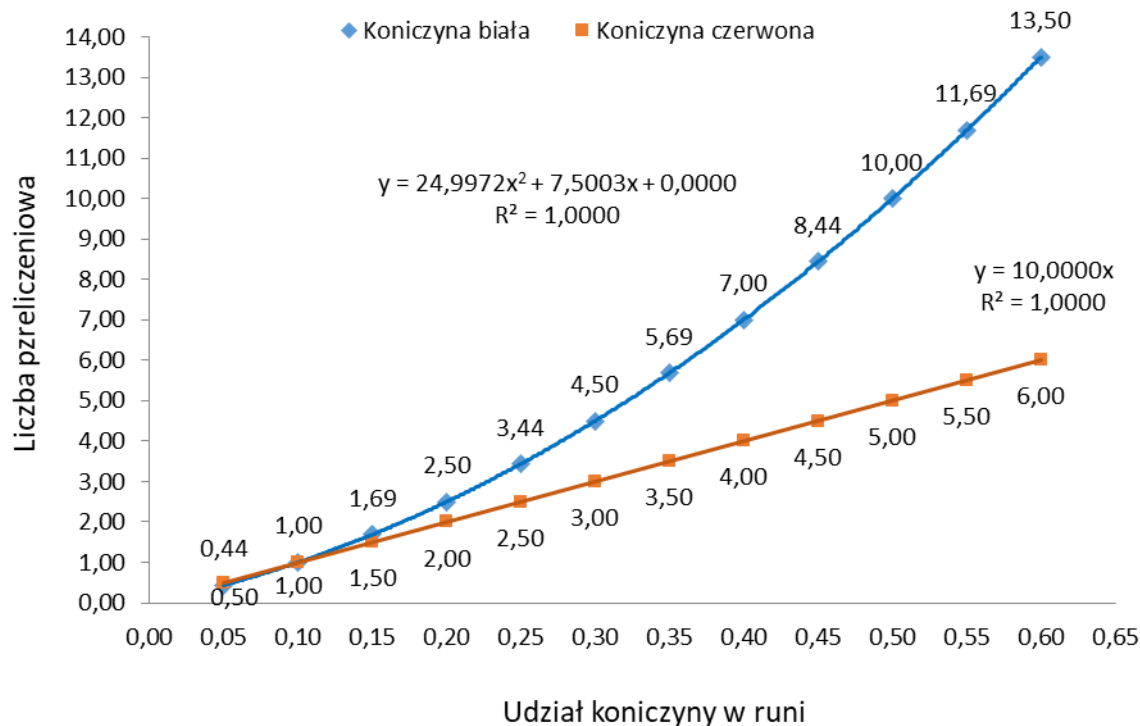
❖ Opracowano propozycje wskaźników podziemnego transferu azotu symbiotycznie związanego przez bobowate do traw jako komponenta mieszanki

Ilość azotu symbiotycznego transferowanego pod powierzchnią gruntu z koniczyny **białej** do traw w zależności od jej udziału w runi łąkowej i plonu mieszanek trawiasto-koniczynowych [opracowanie własne]

Plon zielonki, dt·ha ⁻¹	Ilość transferowanego szlakami podziemnymi azotu symbiotycznego z koniczyny białej do traw w kg N·ha ⁻¹ , gdy jej udział w runi wynosi w %:											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
250	0,4	1,0	1,6	2,4	3,4	4,4	5,6	6,8	8,2	9,8	11,4	13,2
300	0,5	1,2	2,0	2,9	4,0	5,3	6,7	8,2	9,9	11,7	13,7	15,8
350	0,6	1,4	2,3	3,4	4,7	6,1	7,8	9,6	11,5	13,7	16,0	18,4
400	0,7	1,6	2,6	3,9	5,4	7,0	8,9	10,9	13,2	15,6	18,3	21,1
450	0,8	1,8	3,0	4,4	6,0	7,9	10,0	12,3	14,8	17,6	20,5	23,7
500	0,9	2,0	3,3	4,9	6,7	8,8	11,1	13,7	16,5	19,5	22,8	26,4
550	0,9	2,1	3,6	5,4	7,4	9,7	12,2	15,0	18,1	21,5	25,1	29,0
600	1,0	2,3	4,0	5,9	8,1	10,5	13,3	16,4	19,8	23,4	27,4	31,6
650	1,1	2,5	4,3	6,3	8,7	11,4	14,4	17,8	21,4	25,4	29,7	34,3
700	1,2	2,7	4,6	6,8	9,4	12,3	15,5	19,1	23,1	27,3	31,9	36,9

Wyniki aktualnych prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem podstaw opracowywania planów nawożenia TUZ azotem cd.

Liczby przeliczeniowe do obliczenia wartości wskaźników podziemnego krótkoterminowego transferu azotu symbiotycznie związanego przez bobowate do traw na podstawie ich wartości bazowych określonych dla 10-procentowego udziału koniczyny w runi [opracowanie własne]



Stosując liczby przeliczeniowe określone za pomocą wskazanych na rysunku zależności, można za ich pomocą i na podstawie wartości wskaźników określonych dla 10-procentowego udziału koniczyny w runi, wyznaczyć ilość azotu symbiotycznie związanego przez bobowate transferowanego szlakami podziemnymi podziemnego do traw, dla dowolnego ich udziału w runi.

Wyniki aktualnych prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem podstaw opracowywania planów nawożenia TUZ azotem cd.

Przykłady obliczeń wartości wskaźników podziemnego krótkoterminowego transferu azotu symbiotycznie związanego przez bobowate do traw na podstawie ich wartości bazowych określonych dla 10-procentowego udziału koniczyny w runi z wykorzystaniem liczb przeliczeniowych

Koniczyna czerwona

Plon zielonki, dt·ha ⁻¹	Ilość transferowanego szlakami podziemnymi azotu symbiotycznego z koniczyny białej do traw w kg N·ha ⁻¹ , gdy jej udział w runi wynosi w %:		
	10	→	25
250	0,7	x 2,50	1,8
300	0,9		2,3
350	1,0		2,5
400	1,2		3,0
450	1,3		3,3
500	1,5		3,8
550	1,6		4,0
600	1,8		4,5
650	1,9		4,8
700	2,1		5,3

Koniczyna biała

Plon zielonki, dt·ha ⁻¹	Ilość transferowanego szlakami podziemnymi azotu symbiotycznego z koniczyny białej do traw w kg N·ha ⁻¹ , gdy jej udział w runi wynosi w %:		
	10	→	35
250	1,0	x 5,69	5,7
300	1,2		6,8
350	1,4		8,0
400	1,6		9,1
450	1,8		10,2
500	2,0		11,4
550	2,1		11,9
600	2,3		13,1
650	2,5		14,2
700	2,7		15,4

- Wskaźniki podziemnego transferu azotu symbiotycznie związanego przez koniczyny do traw określono ze wzoru*:

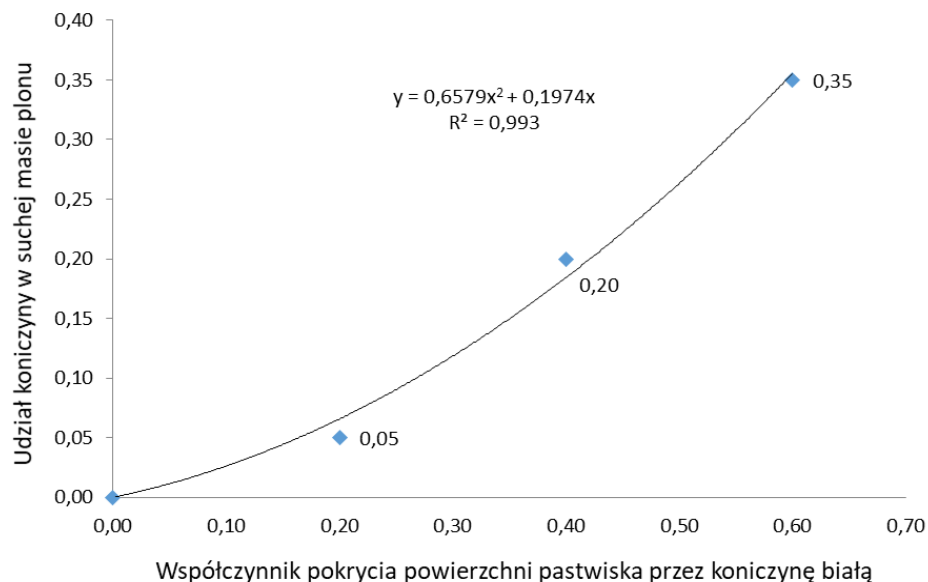
$$N_{\text{podz.}} = P_{\text{sm}} \cdot Z_N \cdot U_{\text{atm}} \cdot t_{\text{podz.}}$$

gdzie:

- $N_{\text{podz.}}$ – ilość transferowanego szlakami podziemnymi azotu z roślin bobowatych do traw na powierzchni 1 ha $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$;
- P_{sm} – zebrany plon roślin bobowatych w suchej masie, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m.;
- Z_N – zawartość azotu w suchej masie roślin bobowatych, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.;
- U_{atm} – udział azotu związanego symbiotycznie w ilości azotu zawartego w suchej masie nadziemnej części użytkowej roślin motylkowych (w zebranym plonie roślin bobowatych);
- $t_{\text{podz.}}$ – udział azotu związanego symbiotycznie, transferowanego za pośrednictwem gleby z roślin motylkowatych (występujących w mieszance z trawami) do traw, w całkowitej ilości azotu związanego symbiotycznie w nadziemnej części użytkowej roślin motylkowych, w końcowym okresie ich wzrostu.

*** Wzór ten stanowi część modelu empirycznego do kwantyfikacji azotu symbiotycznie związanego przez rośliny bobowate opracowanego przez Høgh-Jensena i in. [2004].**

- Przyjmując, że dla koniczyny czerwonej wartości parametrów Z_N , U_{atm} , t_{podz} i s.m. wynoszą odpowiednio $0,03 \text{ kg} \cdot (\text{kg s.m.})^{-1}$, 0,95; 0,05 i 20,7% a dla koniczyny białej $0,043 \text{ kg} \cdot (\text{kg s.m.})^{-1}$; 0,75; 0,2 i 23%, a ponadto, że:
- w runi łąkowej plon koniczyny czerwonej jest porównywalny z plonem traw, czyli stosunek plonu koniczyny czerwonej do plonu trawa jest jak 1:1,
 - udział koniczyny białej w plonie runi pastwiskowej zależy od zajmowanego przez nią odsetka powierzchni pastwiska i kształtuje się w sposób podany na rysunku,



Zależność pokrycia powierzchni pastwiska przez koniczynę białą a jej udział w plonie, w % [zmodyfikowany na podstawie: Wasilewski 1997 za: Clover... 1992]

dla celów praktycznych, wzór na ilość transferowanego szlakami podziemnymi azotu z roślin bobowatych do traw można zapisać w dwóch formach :

- dla łąk kośnych pokrytych runią z udziałem koniczyny czerwonej: $N_{podz.} = Q_1 \cdot x \cdot 0,295$;
- dla pastwisk pokrytych runią z udziałem koniczyny białej: $N_{podz.} = Q_p \cdot (0,6579x^2 + 0,1974x) \cdot 0,148$,

gdzie:

- Q_1 - plon zielonej masy runi łąkowej, $t \cdot ha^{-1}$;
- Q_p - plon zielonej masy runi pastwiskowej, $t \cdot ha^{-1}$;
- x - udział powierzchni łąki/pastwiska pokrytej roślinami bobowatymi, $ha \cdot ha^{-1}$;

Wyniki aktualnych prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem podstaw opracowywania planów nawożenia TUZ azotem cd.

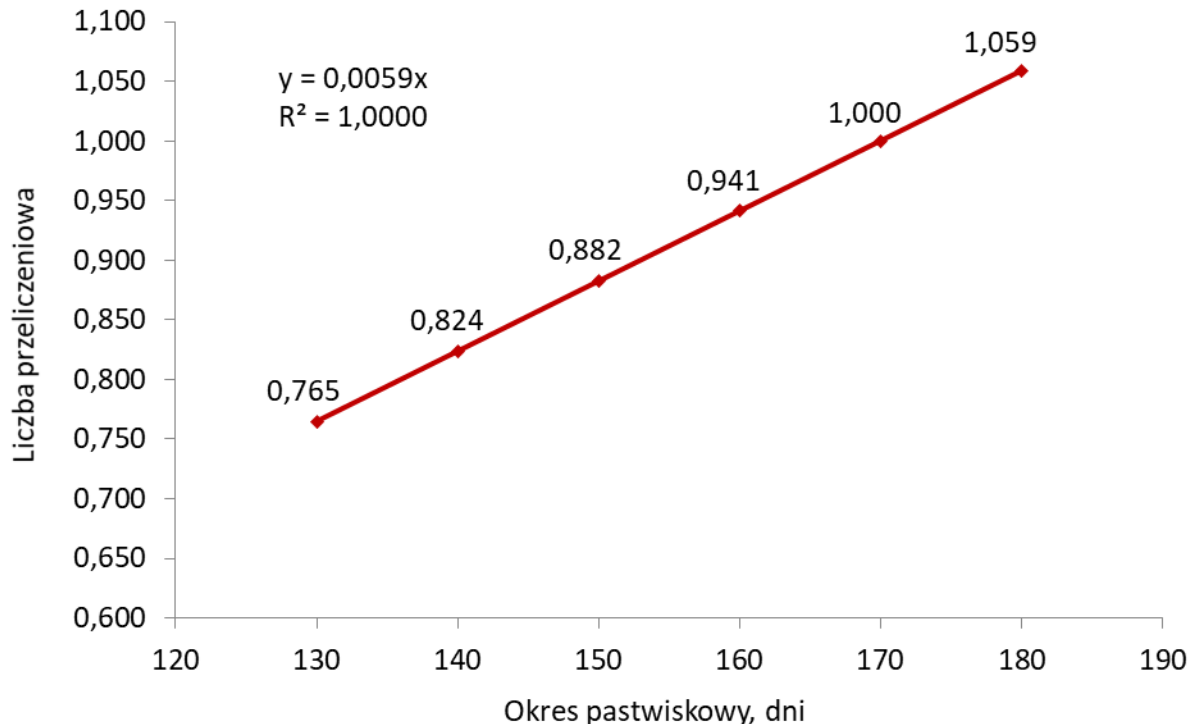
- ❖ **Opracowano propozycje wskaźników wydalania azotu (z odchodami) przez zwierzęta na pastwisku** [opracowanie własne]

Kategoria zwierząt	Ilość N wydalanego przez zwierzęta w ciągu okresu pastwiskowego trwającego 170 dni, gdy dobowy czas ich przebywania na pastwisku wynosi:					
	4 godz.	6 godz.	8 godz.	10 godz.	12 godz.	14 godz.
	w kg N/ha					
Cielęta 3-6 mies.*	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3
Jałówki 6-12 mies.*	1,7	2,6	3,4	4,3	5,2	6,0
Jałówki 12-24 mies.	3,3	4,9	6,6	8,2	9,9	11,5
Opasy 6-12 mies.*	1,8	2,7	3,5	4,4	5,3	6,2
Opasy > 24 miesiące	3,5	5,3	7,1	8,9	10,6	12,4
Krowy o wydajności 3,5 tys. kg mleka	5,5	8,2	10,9	13,6	16,4	19,1
Krowy o wydajności do 4 tys. kg mleka	5,9	8,8	11,8	14,7	17,7	20,6
Krowy o wydajności 4-6 tys. kg mleka	6,7	10,1	13,5	16,8	20,2	23,6
Krowy o wydajności > 6 tys. kg mleka	9,3	13,9	18,5	23,2	27,8	32,4
Żrebięta do 6 mies.*	1,0	1,5	2,0	2,5	3,1	3,6
Konie lekkie	2,0	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1
Konie robocze	2,3	3,4	4,5	5,7	6,8	8,0
Owce maciorki	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3
Jagnięta 6-12 mies.*	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0
Owce > 12 mies.	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
Koza	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1

* Wyniki dotyczą sztuk przelotowych, tj. takich, które przeszły przez daną grupę technologiczną w ciągu roku.

Wyniki aktualnych prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem podstaw opracowywania planów nawożenia TUZ azotem cd.

Liczby przeliczeniowe do określania wartości wskaźników N wydalanego przez zwierzęta na pastwisku na podstawie ich wartości bazowych wyznaczonych do okresu pastwiskowego wynoszącego 170 dni [opracowanie własne]



Stosując liczby przeliczeniowe określone za pomocą wskazanej zależności, można za ich pomocą i na podstawie wskaźników określonych dla 170-dniowego okresu pastwiskowego, wyznaczyć wartości wskaźników wydalania azotu na pastwisku przez różne kategorie zwierząt, dla dowolnej długości tego okresu.

- Wskaźniki wydalanania azotu na pastwisku przez różne kategorie zwierząt wyznaczono ze równania*:

$$N_{np} = p_{jN} \cdot (d/365) \cdot (h/24)]/A$$

gdzie:

- N_{np} – ilość azotu z odchodów zwierząt pozostawionych na kwaterze pastwiska, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ UZ;
- p_{jN} – produkcja jednostkowa azotu w odchodach, $\text{kg N} \cdot \text{zwierzę}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ [Jadczyzyn i in., 2000];
- d – liczba dni przebywania zwierząt na kwaterze pastwiska;
- h – liczba godzin spędzana przez zwierzęta na kwaterze pastwiska, wartość niemianowana np. 8 godz. (0,33 doby), 12 godz. (0,50 doby), 24 godz. (np. przy wypasie bydła mięsnego);
- A – powierzchnia pastwiska/kwaterny, ha ($A = 1$ ha).

*** Podobny, do przedstawionego powyżej sposób obliczenia ilości N deponowanego przez wypasane zwierzęta jest rekomendowany przez angielską Agencję Ochrony Środowiska (Environment Agency). Ilość N pozostawianego przez zwierzęta na pastwisku jest obliczana w zależności od rodzaju wypasanych zwierząt, ich obsady, długości sezonu pastwiskowego i rocznych wskaźników produkcji N przez zwierzęta gospodarskie [Davison i in. 2021].**

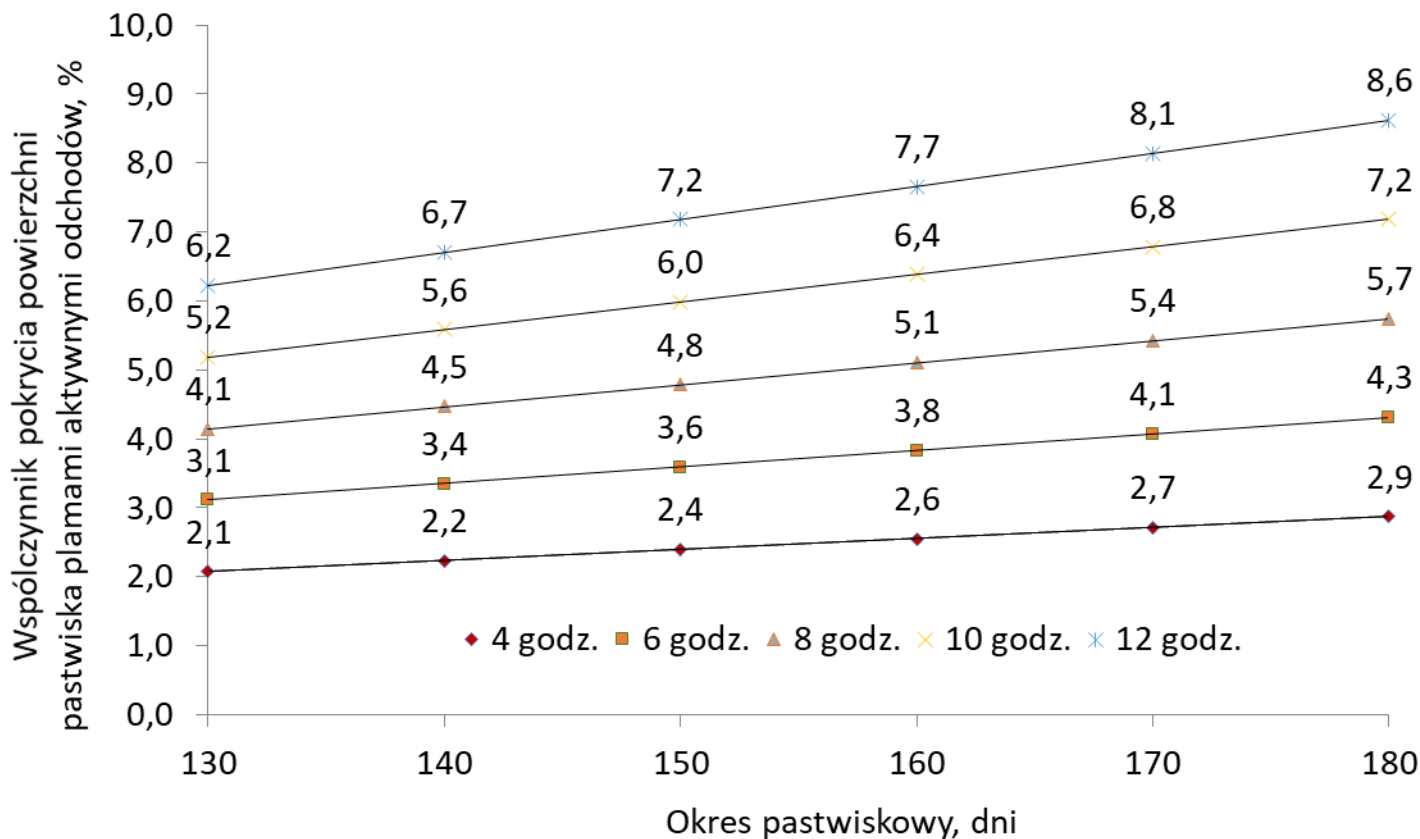
Literatura:

- Davison P., Bramer S., Lawrie H. 2021. The nitrate leaching tool: user guide. Chief Scientist's Group Report. Environment Agency. ss. 46. Dostęp: [6.03.2024]. Dostępny w internecie: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6093dfc2e90e0726f119efda/The_nitrate_leaching_tool_-_user_guide.pdf
- Jadczyzyn T., Maćkowiak Cz., Kopiński J., 2000. Model SFOM narzędziem symulacji ilości i jakości nawozów organicznych wytwarzanych w gospodarstwie. Pam. Puł. z. 120/I s. 168-175.

- **Udział powierzchni pastwiska pokryty odchodami (kał+mocz)**
 - **Powierzchnie plam odchodów pozostawianych przez zwierzęta na pastwisku dzielą się na powierzchnie zwilżone i efektywne (aktywne). W tym zakresie powierzchnia zwilżona oznacza obszar na który mocz bądź kał został bezpośrednio wydalany, natomiast powierzchnia efektywna oznacza obszar zwilżony oraz obszar poza nim (strefa oddziaływania obszaru zwilżonego), z którego rośliny mogą pobierać N z wydalonych odchodów poprzez boczne rozgałęzienia korzeni roślin i dyfuzję N w glebie [Buckthought i in. 2015].**
 - **Uogólniając wyniki badań dotyczące powierzchni plam odchodów i częstotliwości ich wydalania w zakresie dotyczącym krów mlecznych można przyjąć, że ich wartości kształtują się sposób następujący:**
 - **powierzchnia plamy mokrej moczu – 0,35 m²;**
 - **powierzchnia plamy efektywnej (aktywnej) moczu - 0,81 m²;**
 - **częstotliwość wydalania moczu - 0,4 zdarzeń/godz.**
 - **powierzchnia plamy mokrej kału – 0,06 m²;**
 - **powierzchnia plamy efektywnej (aktywnej) kału - 0,15 m²;**
 - **częstotliwość wydalania kału - 0,5 zdarzeń/godz.**

Wyniki aktualnych prac prowadzonych w ITP-PIB nad doskonaleniem podstaw opracowywania planów nawożenia TUZ azotem cd.

➤ Udział powierzchni pastwiska pokryty odchodami (kał+mocz)



Udział powierzchni pastwiska poddany oddziaływaniu odchodów (kał+mocz) w formie plam aktywnych od 1. krowy mlecznej w zależności od czasu przebywania jej na pastwisku i długości okresu pastwiskowego [opracowanie własne]

Nieuzasadnione jest uwzględnianie składników deponowanych na pastwisku z odchodami zwierząt w planach nawozowych. Ich uwzględnienie w bilansie nawożenia wypaczyłoby wyniki obliczeń rzeczywistych potrzeb pokarmowych roślin na przeważającym obszarze wypasanej powierzchni. Natomiast uzasadnione jest uwzględnienie azotu z odchodów pozostawianych przez zwierzęta na pastwisku, w zakresie przestrzegania dopuszczalnej do stosowania dawki tego składnika w nawozach naturalnych, wynoszącej $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

- ❖ **Program azotanowy jest aktem prawnym obowiązującym na obszarze całego kraju, w związku z tym duża część rolników jest zobowiązana do wykonywania planów nawożenia azotem zgodnie z zawartymi w nim wymaganiami.**
- ❖ **Program azotanowy jest dobrym narzędziem, pozwalającym w szerokim zakresie wprowadzać do praktyki rolniczej nowe - sprzyjające poprawie efektów gospodarowania i ochronie środowiska, rozwiązania dotyczących metod sporządzania planów nawożenia azotem.**
- ❖ **Prowadzone w ITP-PIB prace doprowadziły w ostatnim czasie do opracowania propozycji różnych wskaźników mogących potencjalnie poprawić jakość planów nawożenia azotem sporządzanych dla trwałych użytków zielonych.**



Dziękuję za uwagę!

Zaprezentowane wyniki prac uzyskano w ramach Zadania 3 pt. „Racjonalne nawożenie” realizowanego w latach 2023-2024 r., jako element dotacji celowych udzielonych Instytutowi Technologiczno-Przyrodniczemu - Państwowemu Instytutowi Badawczemu w Falentach przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi