



XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot

Kalkulatory wspomagające ograniczenie zanieczyszczania środowiska wodnego poprzez efektywniejsze gospodarowanie nawozami

Dawid Dybowski*¹, Lidia Dzierzbicka-Głowacka¹

*ddybowski@iopan.pl

¹Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

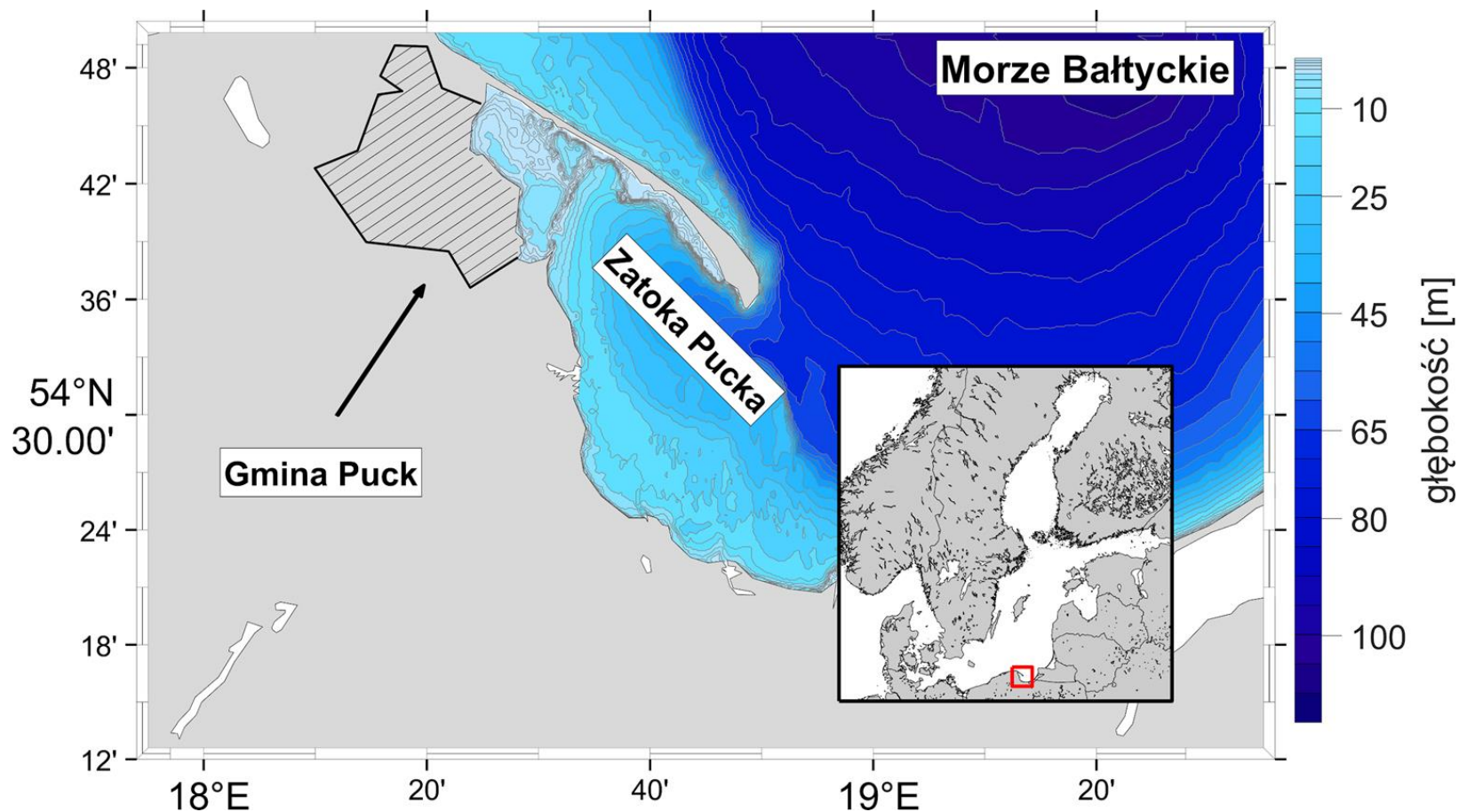




XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot



Rys. 1 Obszar implementacji opracowanych rozwiązań.



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

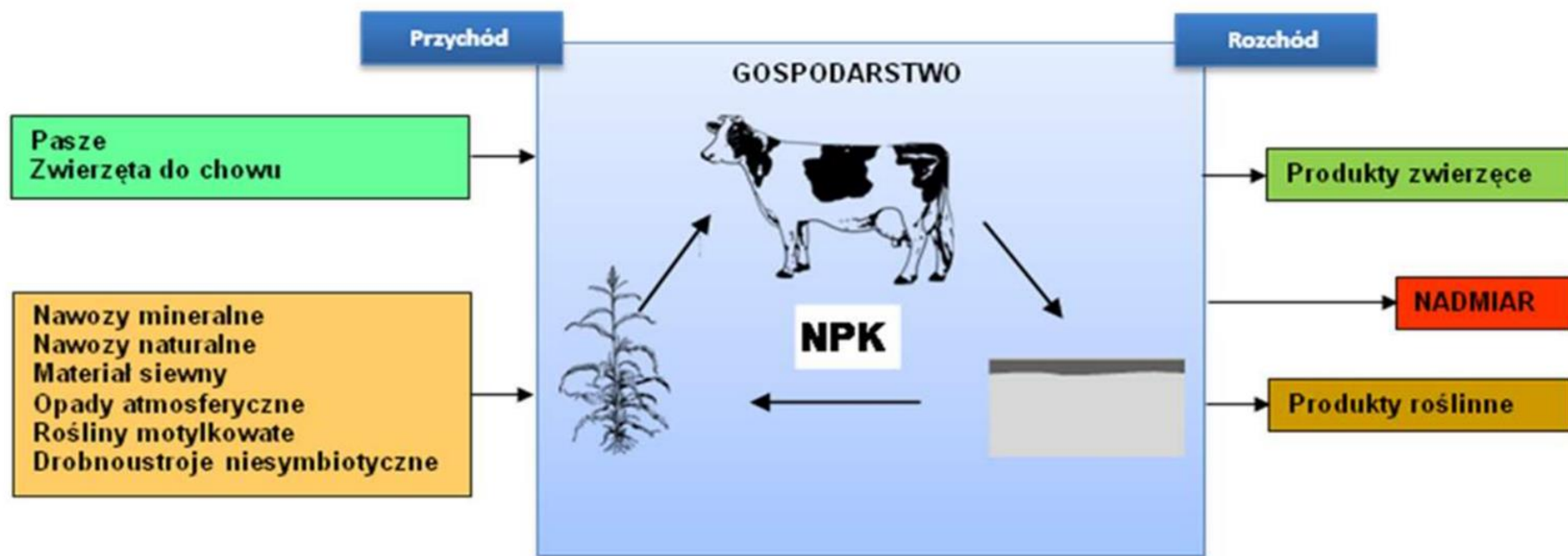




XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot



Rys. 2 Schemat bilansu składników nawozowych „u bramy gospodarstwa” z zaznaczeniem obiegu składników nawozowych w gospodarstwie [Źródło: Pietrzak, 2013]



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju





XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot

Bilans gospodarstw

	N	P	K
Przychód [kg]:	5259.00	1051.60	1990.52
Rozchód [kg]:	4724.00	911.00	1482.50
Nadmiar [kg]:	535.00	140.60	508.02
Efektywność [%]:	89.83	86.63	74.48

Powierzchnia gospodarstwa [ha]

Województwo

☒ Nawozy mineralne ☒ Mieszanki dla bydła ☒ Mieszanki dla trzody ch. ☒ Mieszanki dla drobiu ☒ Nawozy naturalne ☒ Pasze en. i biał. ☒ Rośliny motylkowe ☒ Pozostałe produkty

☒ Produkty zwierzęce ☒ Produkty roślinne

Nawozy mineralne

Nazwa	Ilość [dt]
Polifoska 8	100
Saletra amonowa	130

Rys. 3 Zrzut ekranu gotowego narzędzia do sporządzania bilansu gospodarstwa.



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju





XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot

Tab. 1 Średnie zużycie nawozów mineralnych w przebadanych gospodarstwach w kontekście zużycia na terenie całego kraju oraz województwa pomorskiego [zadanie WP1].

Obszar	azotowe [kg N ha ⁻¹ UR]		fosforowe [kg P ha ⁻¹ UR]	
	2016/2017	2017/2018	2016/2017	2017/2018
Polska	79,4	80,4	10,3	10,1
Pomorskie	82,8	91,1	8,8	10,0
Gmina Puck	-	109,3	-	9,6



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

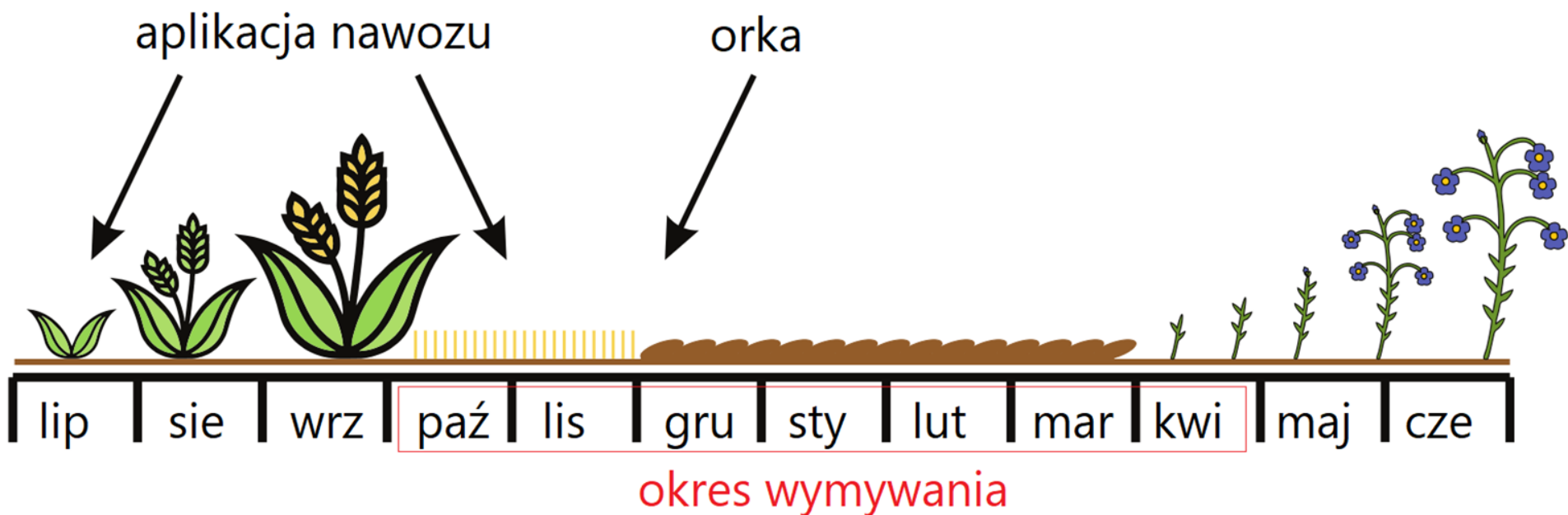




XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot



Rys. 4 Okres uprawowy wraz z zaznaczonymi kluczowymi zabiegami rolniczymi oraz kluczowym okresem, w którym wymywanie jest największe.



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju



**Tabela II.1.** Formularz do obliczania rocznego szacunkowego wymywania N z pól użytkowanych rolniczo

Nr pola	Czynniki								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	wymywanie bazowe kg/ha	uprawiana roślina	termin wykonania orki	wymywanie zmodyfikowane, kg/ha $= A \cdot B \cdot C$	termin nawożenia (jesień lub wiosna) i rodzaj nawozu naturalnego	intensywność nawożenia	suma wymywania, kg/ha $= (D \cdot E) + F$	powierzchnia pola, ha	wymywanie z pola, kg $= G \cdot H$
1									
2									
3									
4									
5									

Wymycie bazowe (A) z uwzględnieniem rodzaju gleby i klimatu danego regionu. Wskaźnik A jest mnożony przez wskaźnik zależny od rośliny poprzedzającej (B) oraz wskaźnik zależny od uprawy roli (C), aby uzyskać poziom wymywania (D). Po przemnożeniu przez współczynnik uwzględniający rodzaj nawozu naturalnego i termin jego zastosowania (E) i dodaniu do wskaźnika wymywania w zależności od intensywności nawożenia (F) uzyskuje się sumę szacunkowego wymycia azotu w przeliczeniu na hektar (G). Mnoży się ją następnie przez powierzchnię pola (H) w celu obliczenia całkowitej ilości azotu wymytego z pola (I).

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Ulen B., Pietrzak S., Tonderski K., 2013. Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Balic Sea 2020. Wydawnictwo ITP Falenty 2013., ss.99



**Tabela II.1.** Formularz do obliczania rocznego szacunkowego wymywania N z pól użytkowanych rolniczo

Nr pola	Czynniki					
	A	B	C	D	E	F
	wymywanie bazowe kg/ha	uprawiana roślina	termin wykonania orki	wymywanie zmodyfikowane, kg/ha $= A \cdot B \cdot C$	termin nawożenia (jesień lub wiosna) i rodzaj nawozu naturalnego	intensywność
1						
2						
3						
4						
5						

Wymycie bazowe (A) z uwzględnieniem rodzaju gleby i klimatu danego regionu. Wskaźnik A jest mnożony przez wskaźnik zależny od rośliny poprzedzającej (B) oraz wskaźnik zależny od uprawy roli (C), aby uzyskać poziom wymywania (D). Po przemnożeniu przez współczynnik uwzględniający rodzaj nawozu naturalnego i termin jego zastosowania (E) i dodaniu do wskaźnika wymywania w zależności od intensywności nawożenia (F) uzyskuje się sumę szacunkowego wymycia azotu w przeliczeniu na hektar (G). Mnoży się ją następnie przez powierzchnię pola (H) w celu obliczenia całkowitej ilości azotu wymytego z pola (I).

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Tabela II.2. Wymycie bazowe (kg N/ha) w zależności od rocznej sumy opadów atmosferycznych (mm) i od rodzaju gleby

Opad atmosferyczny	Wymycie w zależności od gleby			
	gleba piaszczysta	piasek gliniasty	gleba gliniasta	gleba organiczna
500–700	30	20	15	30
700–1000	40	30	20	40

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Ulen B., Pietrzak S., Tonderski K., 2013. Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Balic Sea 2020. Wydawnictwo ITP Falenty 2013., ss.99

**Tabela II.1.** Formularz do obliczania rocznego szacunkowego wymywania N z pól użytkowanych rolniczo

Nr pola	Czynniki		Tabela II.2. Wymycie bazy (kg N ₂ atmosferycznych (mm) i od rodzaju plon
	A	Tabela II.3. Wpływ roślin uprawianych w poprzednim roku na wymycie azotu w zależności od regionu (na podstawie warunków występujących w regionie Götlandia, Szwecja)	
	wymywanie bazy	Roślina uprawiana w poprzednim roku uprawowym	Współczynnik
		Zboża	1,0
		Zboża poprzedzone zbożami ozimymi	0,9
		Zboża poprzedzone rzepakiem ozimym	0,8
		Rzepak	1,2
		Rzepak poprzedzony zbożami ozimymi	1,1
1		Zboża lub rzepak w uprawie z wsiewką poplonową	0,7
2		Zboża lub rzepak w uprawie z poplonem	0,9
3		Zboża w uprawie z wsiewką traw i motylkowatych	0,7
4		Przemienne użytki zielone niezaorane w ciągu roku	0,6
4		Przemienne użytki zielone przyorane do września	2,0
5		Przemienne użytki zielone przyorane jesienią (od października do listopada)	1,9
Wymycie baz A jest mnożony od uprawczynniki uwzględniają sumę szacunkową przez powier		Ziemniaki	1,7
		Ziemniaki z poplonem lub plonem ozimym	1,2
		Buraki cukrowe (z przyoraną częścią zieloną)	0,9
		Groch i fasola	1,3
		Przypadek szczególny – przyoranie przemianowych użytków zielonych: jeżeli orka miała miejsce wiosną przed siewem, wymywanie się nasili, dlatego współczynniki dla upraw z tabeli II.3 powinny zostać pomnożone przez współczynnik 1,5 zanim zostaną wprowadzone do tabeli formularza: Ryzyko wymywania azotu (tabela II.1).	1,5
Źródło: ARON			

Źródło: ARON

Tabela II.2. Wymycie bazowe (kg N/ha) w zależności od rocznej sumy opadów atmosferycznych (mm) i od rodzaju gleby

Wymycie w zależności od gleby		
piasek gliniasty	gleba gliniasta	gleba organiczna
20	15	30
30	20	40

i. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Ulen B., Pietrzak S., Tonderski K., 2013. Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Balic Sea 2020. Wydawnictwo ITP Falenty 2013., ss.99

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

**Tabela II.1.** Formularz do obliczania rocznego szacunkowego wymywania N z pól użytkowanych rolniczo

Nr pola	Czynniki	Tabela II.2. Wymycie bazowe (kg N/ha) w zależności od rocznej sumy opadów atmosferycznych (mm) i od rodzaju gleby		
		Wymycie w zależności od gleby		
A	Wymywanie bazowe	Tabela II.3. Wpływ roślin uprawianych w poprzednim roku na wymycie azotu w zależności od regionu (na podstawie warunków występujących w regionie Götlandia, Szwecja)		
		Roślina uprawiana w poprzednim roku uprawowym	Współczynnik	
		Zboża	1,0	
		Zboża poprzedzone zbożami ozimymi	0,9	
		Zboża poprzedzone rzepakiem ozimym		
		Rzepak		
		Rzepak poprzedzony zbożami ozimymi		
		Zboża lub rzepak w uprawie z wsiewkami		
		Zboża lub rzepak w uprawie z poplonem		
		Zboża w uprawie z wsiewką traw i roślin zielonych		
1		Przemienne użytki zielone niezaorane		
2		Przemienne użytki zielone przyorane		
3		Przemienne użytki zielone przyorane jesienią (od października do listopada)		
4		Ziemniaki	1,9	
5		Ziemniaki z poplonem lub plonem ozimym	1,7	
Wymycie bazowe jest mnożone od uprawy przez czynnik uwzględniający do wskazań sumę szacunkową przez powier		Buraki cukrowe (z przyoraną częścią zieloną)	1,2	
		Groch i fasola	0,9	
		Przypadek szczególny – przyoranie przemiannych użytków zielonych: jeżeli orka miała miejsce wiosną przed siewem, wymywanie się nasili, dlatego współczynniki dla upraw z tabeli II.3 powinny zostać pomnożone przez współczynnik 1,5 zanim zostaną wprowadzone do tabeli formularza: Ryzyko wymywania azotu (tabela II.1).	1,3	
			1,5	

Źródło: ARONSSON

Tabela II.4. Wpływ terminu wykonania orki na wymywanie azotu

Termin orki	Współczynnik
Wczesna jesień (nawet wrzesień)	1,0
Późna jesień (październik–listopad)	0,8
Brak orki jesiennej	0,7

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Ulen B., Pietrzak S., Tonderski K., 2013. Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Balic Sea 2020. Wydawnictwo ITP Falenty 2013., ss.99



**Tabela II.1.** Formularz do obliczania rocznego szacunkowego wymywania N z pól użytkowanych rolniczo

Nr pola	wymiwanie bazowe	Czynniki		Tabela II.2. Wymycie bazowe (kg N/ha) w zależności od rocznej sumy opadów atmosferycznych (mm) i od rodzaju gleby		
		Tabela II.3. Wpływ roślin uprawianych w poprzednim roku na wymycie azotu w zależności od regionu (na podstawie warunków występujących w regionie Götlandia, Szwecja)		wymycie w zależności od gleby		
		Roślina uprawiana w poprzednim roku uprawowym		Współczynnik		
1		Zboża		1,0		
		Zboża poprzedzone zbożami ozimymi		0,9		
2		Zboża poprzedzone rzepakiem ozimym				
		Rzepak				
3		Rzepak poprzedzony zbożami ozimymi				
		Zboża lub rzepak w uprawie z wsiewką				
4		Zboża lub rzepak w uprawie z popłosem				
		Zboża w uprawie z wsiewką traw i r				
5		Przemienne użytki zielone niezaorane				
		Przemienne użytki zielone przyorane				
6		Przemienne użytki zielone przyorane jesienią (od października do				
		Przemienne użytki zielone przyorane wiosną (od kwietnia do				
7		Tabela II.4. Wpływ terminu wykonania orki na wymycie azotu				
		Termin orki		Współczynnik		
8		Wczesna jesień (nawet wrzesień)		1,0		
		Późna jesień (październik–listopad)		0,8		
9		Brak orki jesiennej		0,7		
10		Tabela II.5. Dodatkowe straty azotu w stosunku do wymycia bazowego w zależności od rodzaju nawozu naturalnego i terminu jego zastosowania ¹⁾				
		Rodzaj nawozu		Współczynnik w zależności od terminu nawożenia		
11				jesień		
				wiosna		
12		Obornik		1,15		
		Gnojowica		1,30		
13				1,1		

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Ulen B., Pietrzak S., Tonderski K., 2013. Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Balic Sea 2020. Wydawnictwo ITP Falenty 2013., ss.99

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

**Tabela II.1.** Formularz do obliczania rocznego szacunkowego wymywania N z pól użytkowanych rolniczo

Nr pola	Czynniki	Tabela II.2. Wymycie bazowe (kg N/ha) w zależności od rocznej sumy opadów atmosferycznych (mm) i od rodzaju gleby			
		Wymycie w zależności od gleby			
		piasek gliniasty	gleba gliniasta	gleba organiczna	
		10	15	30	
		20	20	40	

Nr pola	Wymywanie	Tabela II.3. Wpływ roślin uprawianych w poprzednim roku na wymycie azotu w zależności od regionu (na podstawie warunków występujących w regionie Götlandia, Szwecja)		Tabela II.6. Przewidywane dodatkowe wymywanie (kg/ha) ze względu na przekroczenie optymalnej dawki nawożenia dla przeciętnych plonów uzyskiwanych na różnych glebach			
				Wymywanie w zależności od gleby			
				gleba piaszczysta	piasek gliniasty	gleba gliniasta	gleba organiczna
1		Przekroczenie zalecanych dawek azotu dla przeciętnych plonów kg N/ha					
2		10–20	3	2	2	3	
3		20–30	6	4	4	6	
4		30–40	10	5	5	10	
		40–50	16	7	7	16	
		50–60	22	8	8	22	

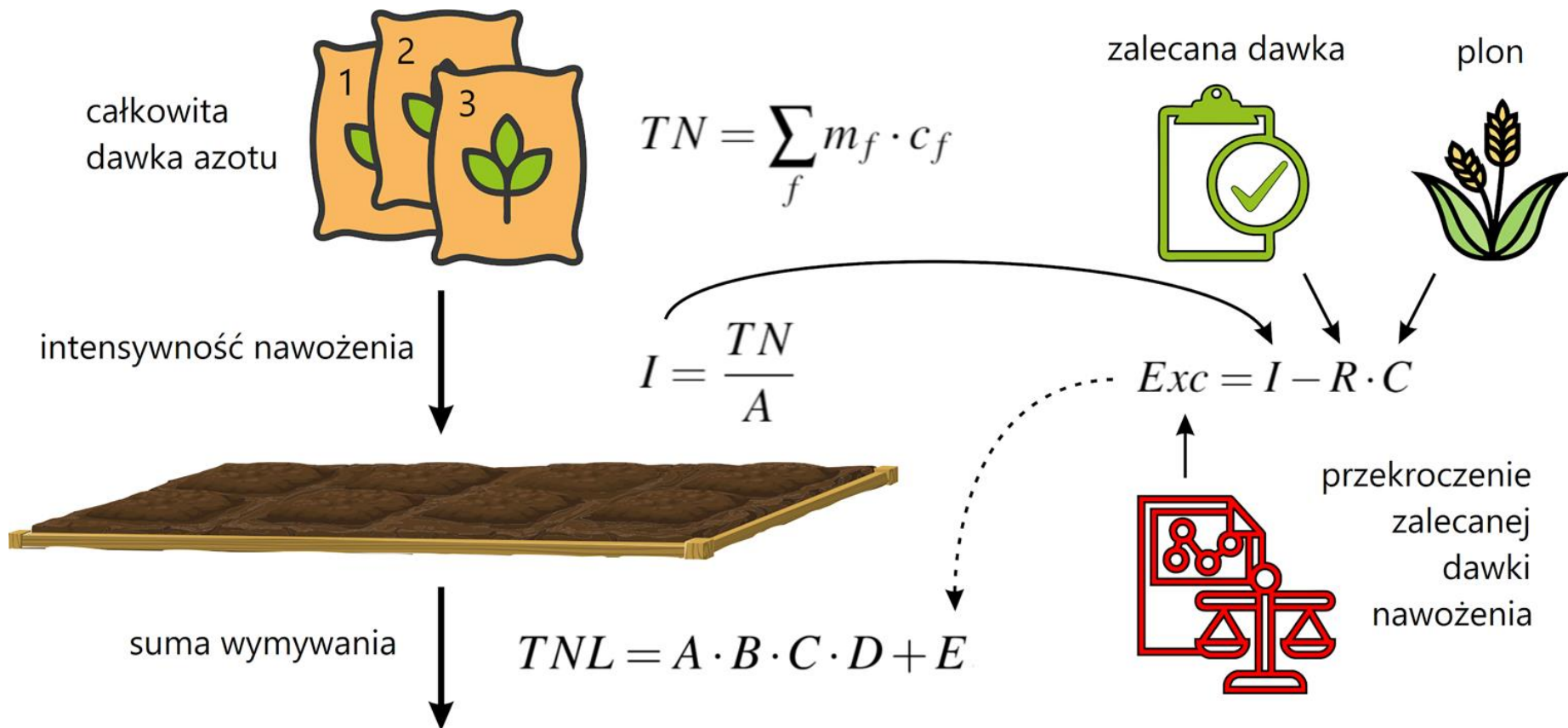
Tabela II.5. Wymycie azotu (kg N/ha) w zależności od rodzaju gleby i na wymywanie azotu	
	Współczynnik
	1,0
	0,8
	0,7

Źródło: ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Rodzaj nawozu	Współczynnik w zależności od terminu nawożenia	
	jesień	wiosna
Obornik	1,15	1,1
Gnojowica	1,30	1,1

Źródło: ARONSSON na podstawie HOFFMAN i in. [1999] oraz ARONSSON i TORSTENSSON [2004].

Ulen B., Pietrzak S., Tonderski K., 2013. Samoocena gospodarstw w zakresie zarządzania składnikami nawozowymi i oceny warunków środowiskowych. Balic Sea 2020. Wydawnictwo ITP Falenty 2013., ss.99



Rys. 5 Schemat obliczania sumy wymywania azotu z konkretnego pola uprawnego.



XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot

Wymywanie azotu z pola

Wymycie bazowe azotu [kg/ha]:	15.00
Zawartość całowita azotu [kg]:	1420.00
Wymywanie zmodyfikowane [kg/ha]:	12.00
PLON [t/ha]:	5.00
Intensywność nawożenia [kg/ha]:	355.00
Dodatkowe wymywanie [kg/ha]:	8.00
Suma wymywania [kg/ha]:	21.80
Wymywanie z pola [kg]:	87.20

Roślina Żyto ozime

Masa produktu [dt] 200

Powierzchnia pola [ha] 4

Wybór nawozu x Polifoska 8 x Saletra amonowa

Nazwa nawozu	Masa nawozu [dt]
--------------	------------------

Polifoska 8	50
-------------	----

Saletra amonowa	30
-----------------	----

Przyoranie przemiennych użytków zielonych wiosną: ☒ Nie ☐ Tak

Rodzaj gleby ☐ gleba piaszczysta ☐ piasek gliniasty ☒ gleba gliniasta ☐ gleba organiczna

Termin orki jesiennej ☐ Wczesna jesień (plus wrzesień) ☒ Późna jesień (październik-listopad) ☐ Brak orki jesiennej

Nawóz naturalny ☐ Brak ☒ Obornik ☐ Gnojownica

Termin nawożenia naturalnego ☐ Wiosna ☒ Jesień

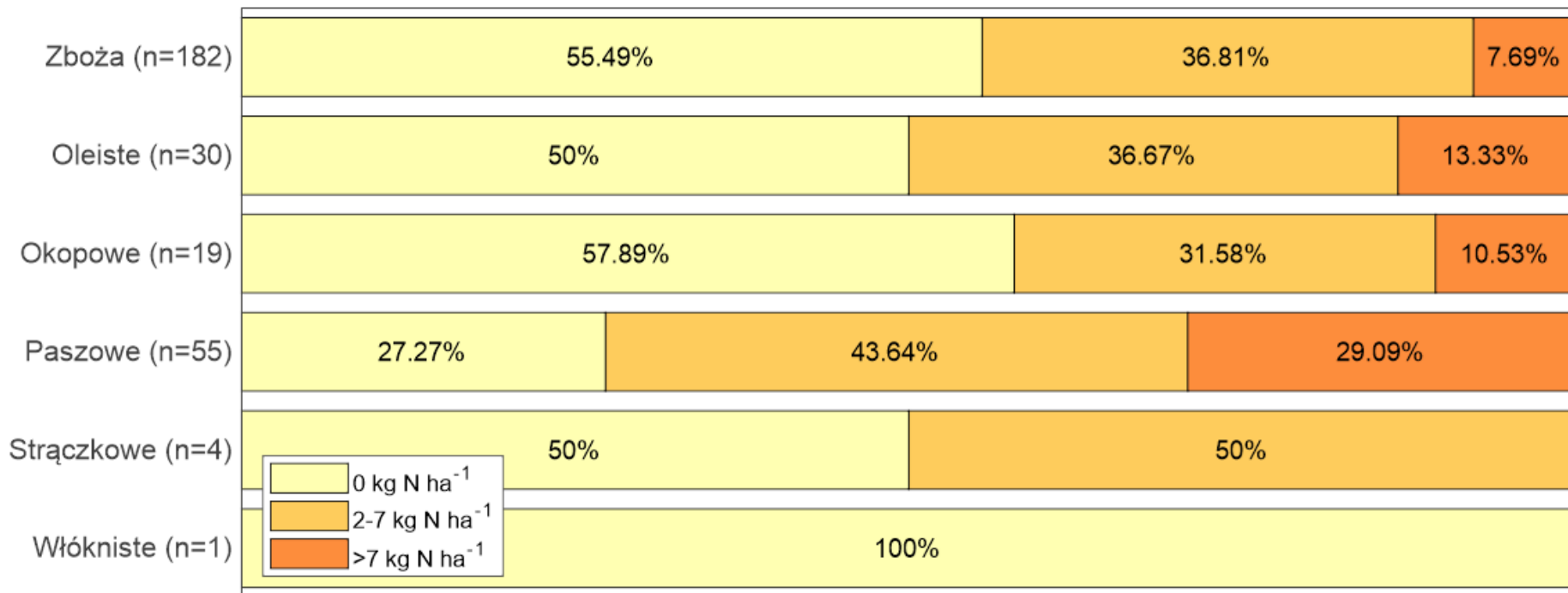
Rys. 6 Zrzut ekranu gotowego narzędzia do szacowania ilości wymywania azotu z konkretnego pola.



XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot



Rys. 7 Wymywanie dodatkowe wyznaczone na podstawie danych z roku uprawowego 2018.



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju





XIV Konferencja

CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

16 października 2020 r., Sopot

Dziękuję za uwagę!

Prace zostały wykonane w ramach projektu WaterPUCK i były finansowane przez NCBiR (Programy strategiczne Biostrateg III - nr BIOSTRATEG3/343927/3/NCBR/2017).



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

