

# Rolnictwo węglowe - wskaźniki monitoringu

**Jerzy Kozyra**  
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych  
IUNG-PIB w Puławach

Warsztaty on-line organizowane w ramach realizacji Dotacji Celowej IUNG-PIB 2023, Zadanie nr 2.4 „Analiza wybranych instrumentów WPR pod kątem potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza”, finansowanej przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

23 października 2023







## Soil carbon 4 per mille



Budiman Minasny<sup>a,\*</sup>, Brendan P. Malone<sup>a</sup>, Alex B. McBratney<sup>a</sup>, Denis A. Angers<sup>b</sup>, Dominique Arrouays<sup>c</sup>, Adam Chambers<sup>d</sup>, Vincent Chaplot<sup>e</sup>, Zueng-Sang Chen<sup>f</sup>, Kun Cheng<sup>g</sup>, Bhabani S. Das<sup>h</sup>, Damien J. Field<sup>a</sup>, Alessandro Gimona<sup>i</sup>, Carolyn B. Hedley<sup>j</sup>, Suk Young Hong<sup>k</sup>, Biswapati Mandal<sup>l</sup>, Ben P. Marchant<sup>m</sup>, Manuel Martin<sup>c</sup>, Brian G. McConkey<sup>b</sup>, Vera Leatitia Mulder<sup>n</sup>, Sharon O'Rourke<sup>o</sup>, Anne C. Richer-de-Forges<sup>c</sup>, Inakwu Odeh<sup>a</sup>, José Padarian<sup>a</sup>, Keith Paustian<sup>p</sup>, Genxing Pan<sup>g</sup>, Laura Poggio<sup>i</sup>, Igor Savin<sup>q</sup>, Vladimir Stolbovoy<sup>r</sup>, Uta Stockmann<sup>a</sup>, Yiyi Sulaeman<sup>s</sup>, Chun-Chih Tsui<sup>f</sup>, Tor-Gunnar Vågen<sup>t</sup>, Bas van Wesemael<sup>u</sup>, Leigh Winowiecki<sup>t</sup>

**Zwiększając globalne zasoby materii organicznej w glebie o **0,4 % rocznie**, można kompensować globalne emisje gazów cieplarnianych ze źródeł antropogenicznych (Minasny i wsp., 2017)**



W 2050 roku obszar przydatny do uprawy ziemniaka bez stosowania nawodnień w Wielkiej Brytanii skurczy się o 80-90%, a obecna infrastruktura nie będzie wystarczająca do zapewnienia wody do nawodnień przy takich potrzebach (Daccache i inni 2011).

Sekwestracja i pochłanianie  
(jeśli nie przesuszone)

Emisje gazów cieplarnianych (GHG)  
wynikające z użytkowanie gruntów  
LULUCF

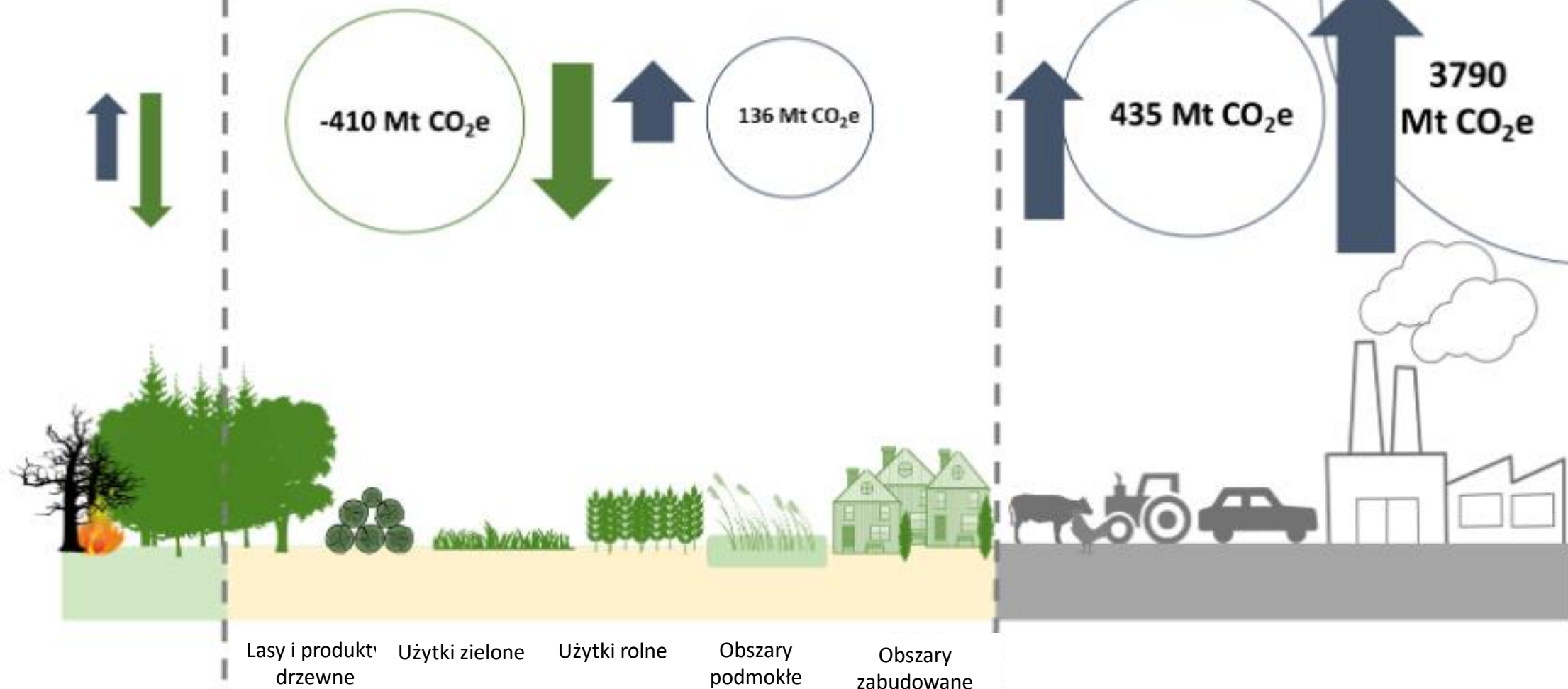
Emisje gazów cieplarnianych wynikające  
ze stosowanie środków produkcji

Obszary  
nieużytkowane

Grunty użytkowane

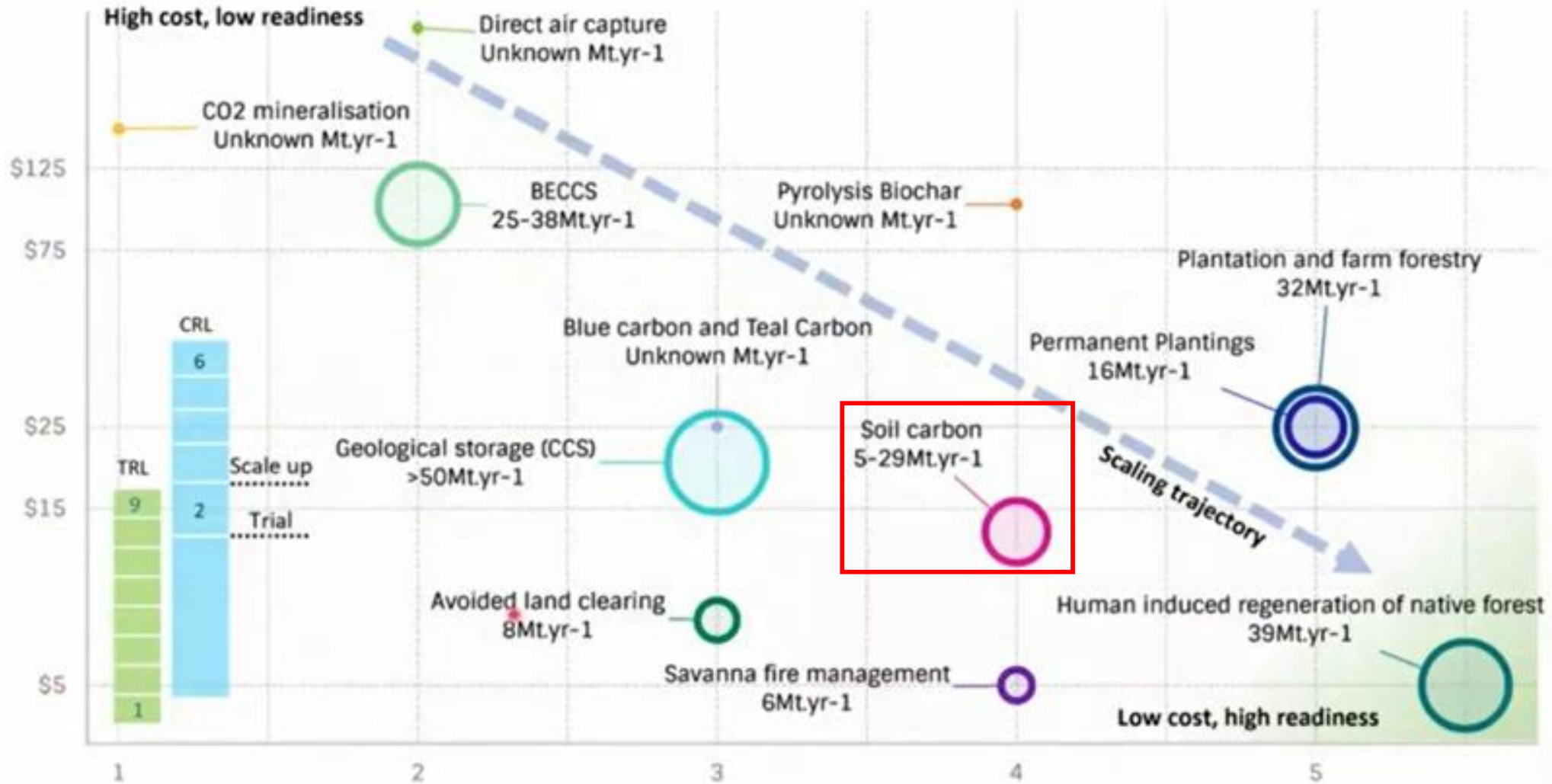
Rolnictwo

Pozostała działalność  
człowieka



# Technologie przechwytywanie węgla z atmosfery i koszt sekwestracji

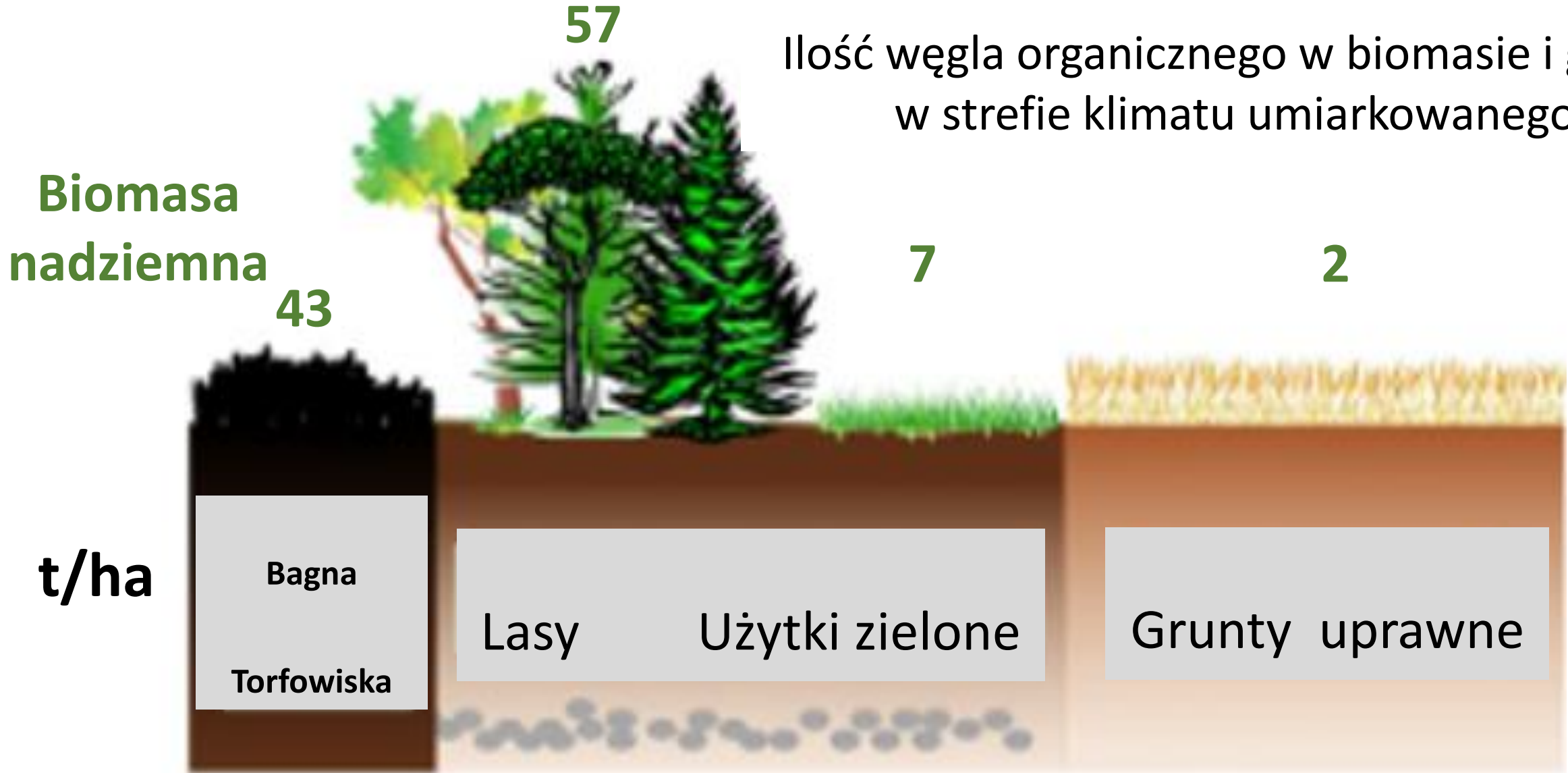
Koszt



Dojrzałość technologii



Ilość węgla organicznego w biomasie i glebie w strefie klimatu umiarkowanego



Biomasa nadziemna

t/ha

Gleba  
Razem

	57	7	2
	43		
	Bagna Torfowiska	Lasy	Użytki zielone
			Grunty uprawne
	643	96	236
	80		
	683	153	243
			82

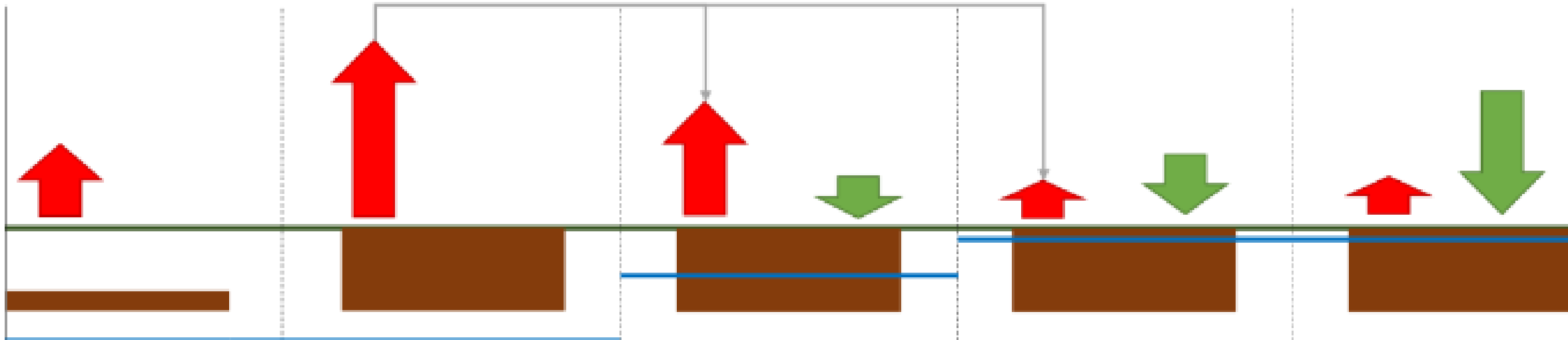
Gleby osuszone i zmineralizowane

Gleby zmeliorowane

Gleby częściowo zmeliorowane

Gleby utrzymujące wilgoć

Gleby w stanie naturalnym



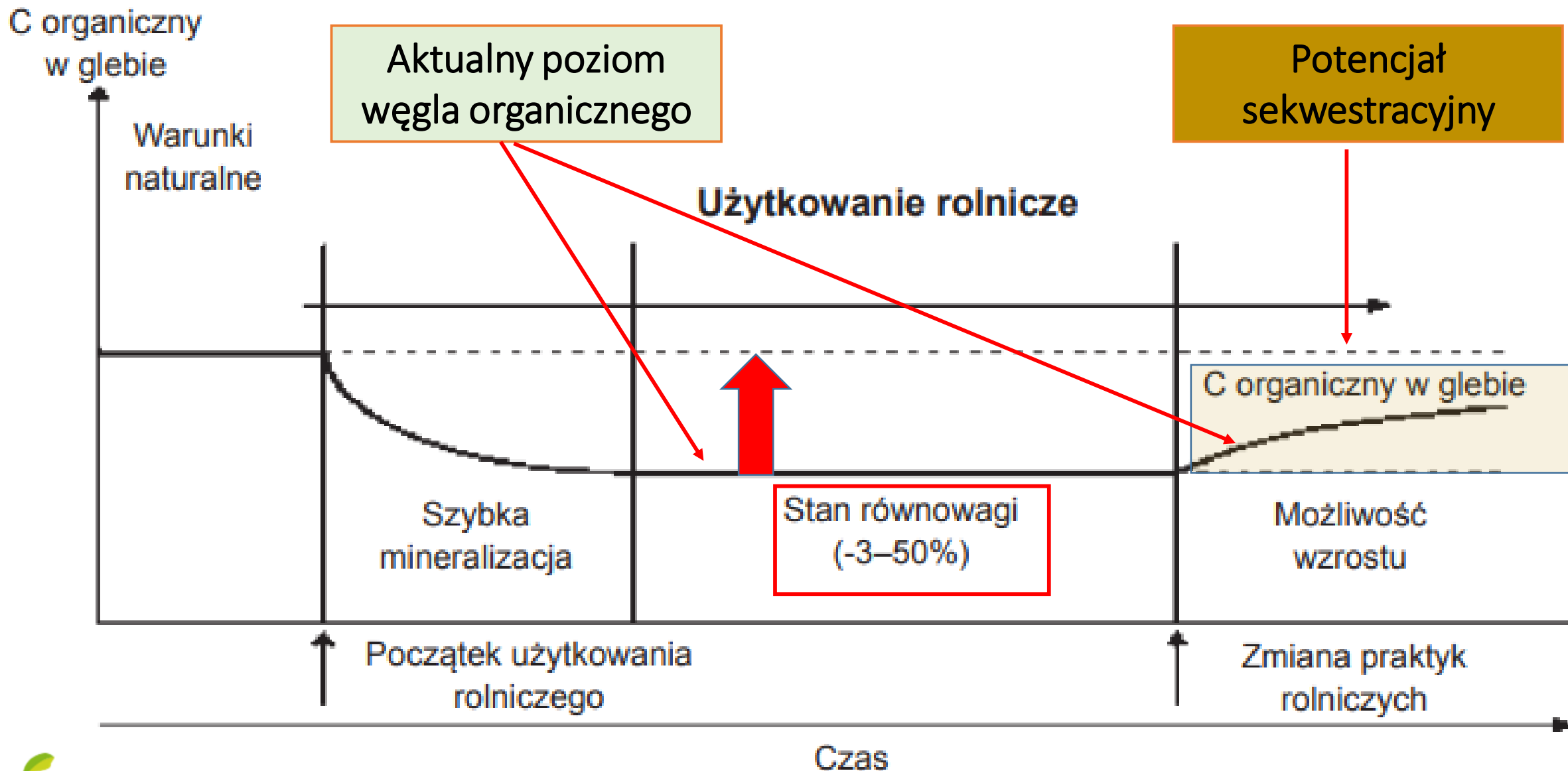
Poziom wody

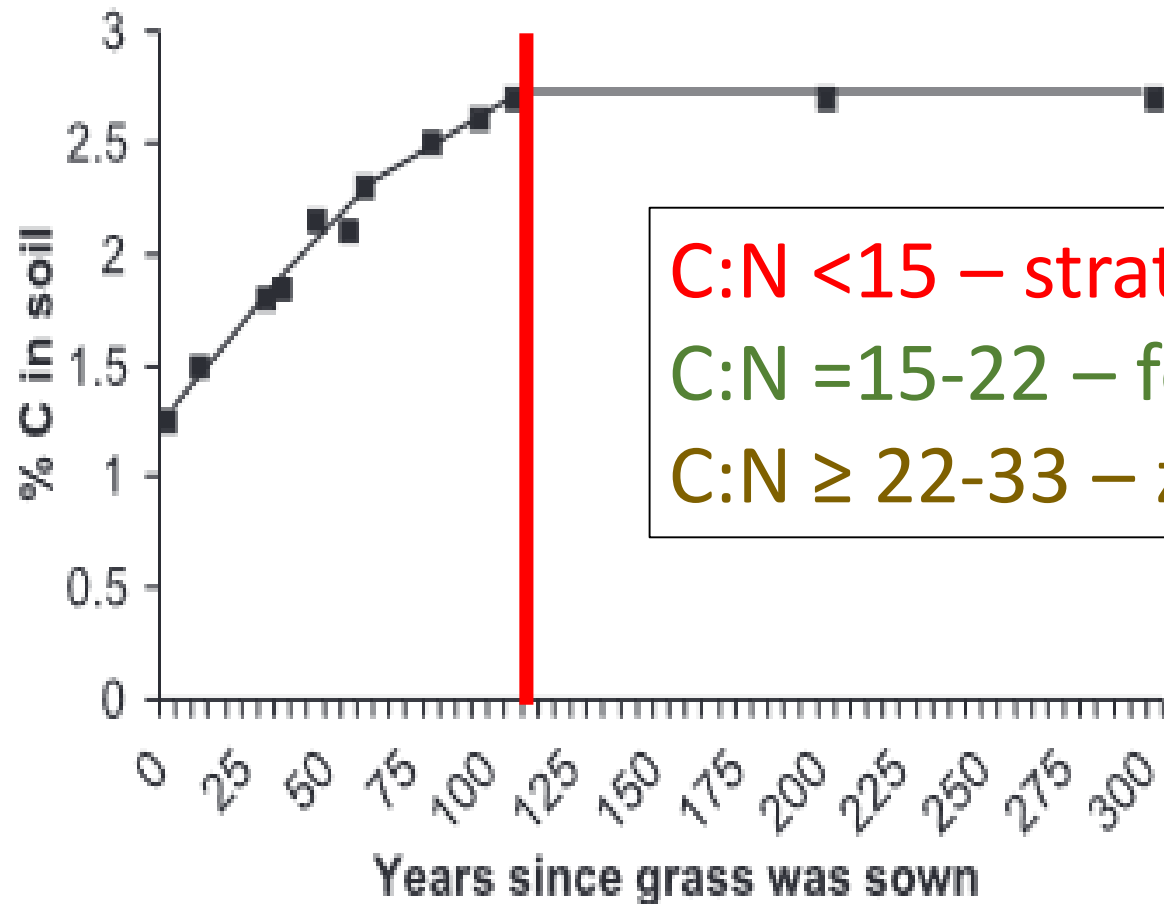
Histic horizon (peat)

Poziom gleb organicznych

Rolnictwo węglowe – ochrona gleb organicznych

# Zmiany zawartości węgla organicznego w glebie w czasie użytkowania





**C:N <15 – straty N z gleby**

**C:N =15-22 – formy dostępne dla roślin**

**C:N ≥ 22-33 – związanie N przez mikroorganizmy**

Źródło: The Conversation. © Jocelyn Lavalley, zmodyfikowane

- Akumulacja węgla całkowitego w glebie piaskowo-gliniastej (Rothamsted, UK), po zmianie użytkowania z gruntu ornego do trwałego użytku zielonego.

## • Rekonstrukcja na podstawie stosunku C/N (węgla do azotu)



# Przeciętny zasób C org i potencjał sekwestracji w glebach mineralnych Polski (warstwa gleby 0-30 cm)

bardzo ciężkie

27

18

45 t/ha

średnie i  
ciężkie

22

14

36 t/ha

bardzo lekkie

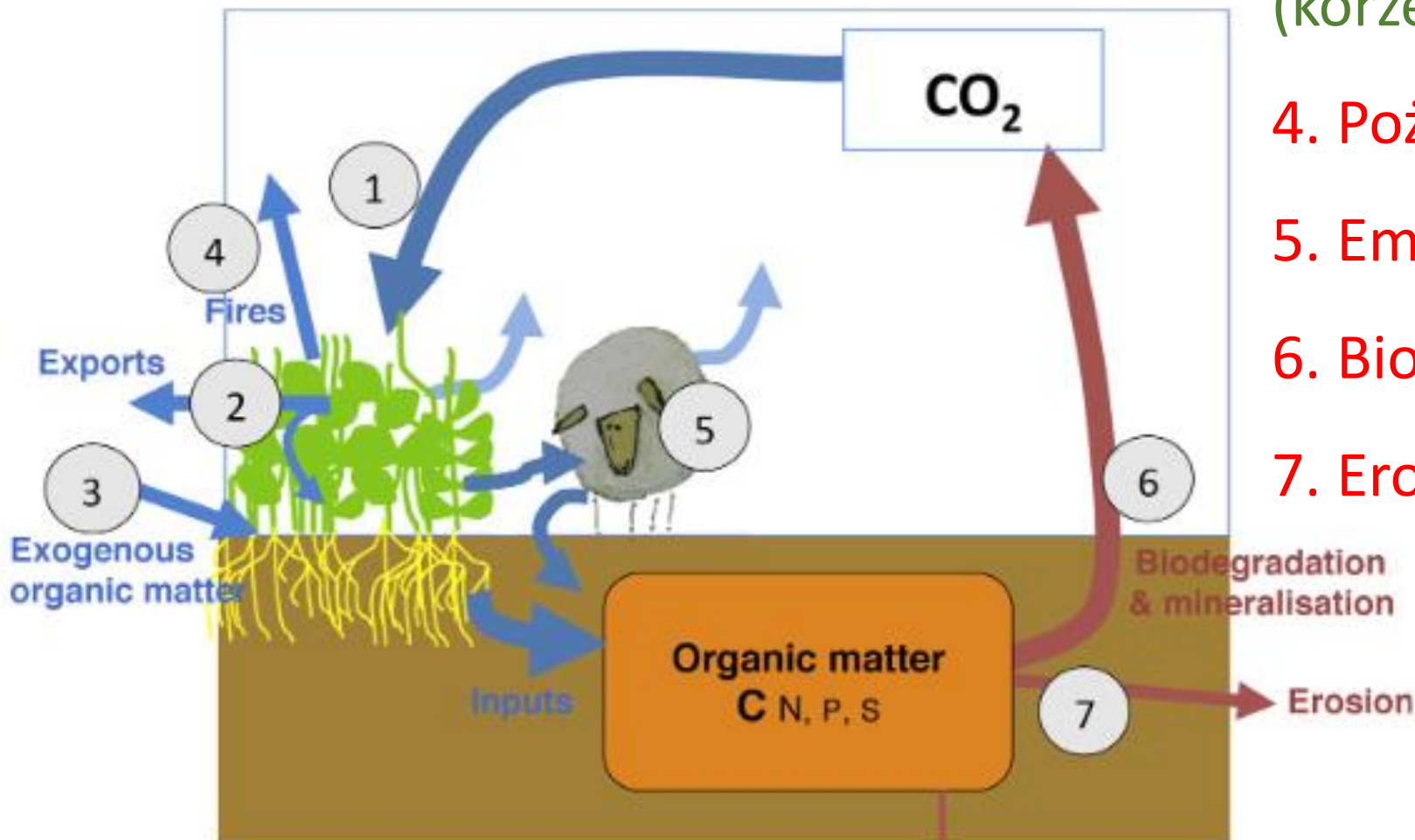
20

12

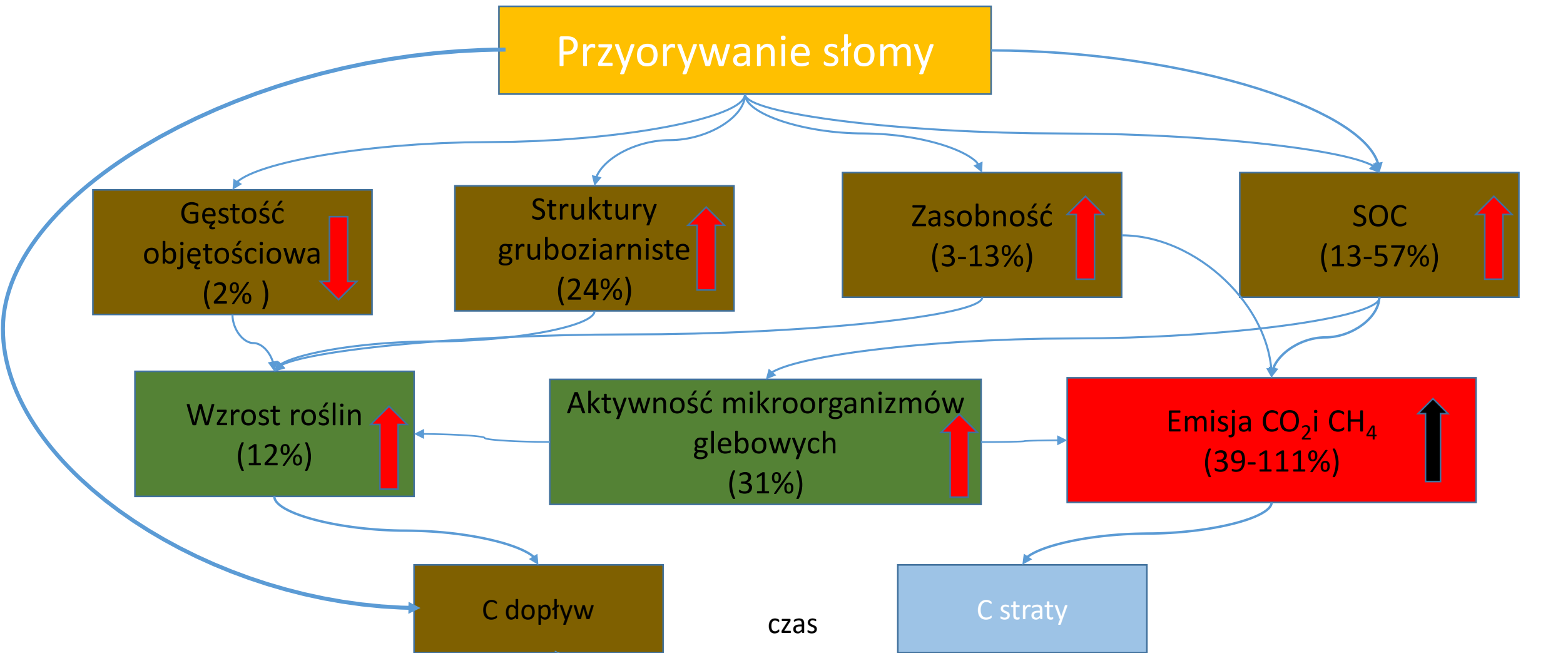
32 t/ha

■ Średni aktualny zasób C org    ■ Potencjał sekwestracji

# Czynniki decydujące o zasobach materii organicznej w glebie



1. Fotosynteza
2. Eksport biomasy z pola
3. Wnoszona materia organiczna (korzenie, resztki)
4. Pożary
5. Emisje z gleb (mikroorganizmy)
6. Biodegradacja & mineralizacja
7. Erozja



„Prosty” schemat odpowiedzi gleby na przyorywanie słomy

Jeżeli C dopływ = C strata, SOC równowaga (12 lat)

Jeżeli C dopływ > C strata, SOC wzrost

Jeżeli C dopływ < C strata, SOC spadek

# ABC rolnictwa węglowego

<b>A</b> Dodawanie węgla do gleby	Stosowanie obornika, gnojowicy, pofermentu, kompostu, biowęgla jako środków nawozowych
	Przyorywanie resztek poźniwnych, poplonów, uprawa na zielony nawóz (np. koniczyna), uprawa w międzyrzędziach
<b>B</b> Zwiększone przechwytywanie dwutlenku węgla z atmosfery	Rozbudowane zmianowanie (rośliny bobowate – przechwytyjące azot z atmosfery), stosowanie podsiewu, uprawa międzyplonów, uprawy na zielony nawóz
	Uprawy współrzędne w sadach i warzywnictwie
	Rolnictwo ekologiczne, Systemy rolno-leśne
<b>C</b> Unikanie strat węgla z gleby	Ograniczanie orki – systemy bezorkowe
	Odtwarzanie torfowisk
	Przekształcanie gruntów ornych w użytki zielone lub lasy
	Stosowanie wapnowania - odpowiednie PH = efektywne nawożenie



## Wskaźniki bezpośrednie efektywności CF

**TOC (Total organic carbon)** - całkowity węgiel organiczny w glebie  
Ilość próchnicy w glebie pomnożona przez 1,7 (Schmidt, 2021).

**Masa mikroorganizmów glebowych** - masa organizmów w glebie,  
(po śmierci mikroorganizmów węgiel zostaje w glebie).

**Zawartość lignin w korzeniach** – ligniny zawierają dużą zawartość  
węgla, czym więcej lignin tym więcej węgla w glebie.

# Wskaźniki bezpośrednie efektywności rolnictwa węglowego

**Bilans próchnicy w glebie (metoda VDLUFA) - metoda szacowania rozwoju zawartości próchnicy (materii organicznej gleby) na danym polu.**

Uprawy są dzielone na wykorzystujące próchnicę lub dostarczające próchnicę i przypisywane do ujemnych lub dodatnich ekwiwalentów próchnicy (szacunkowe wartości kg organicznego C na ha). Dodatkowo uwzględnia się fakt, że dodana materia organiczna, np. obornik lub gnojowica, słoma lub resztki poźniwne, co zwiększa ilość próchnicy w glebie.

- B niski -200 do -76**
- C optymalny -75 do +100**
- D wysoki +101 do +300**
- E bardzo wysoki > 300**

# Wskaźniki pośrednie do monitorowania rolnictwa węglowego

**Biomasa nadziemna i plon w zmianowaniu** – 45% biomasy to węgiel. Istotny jest bilans biomasy w całym zmianowaniu a nie tylko dla pojedynczej uprawy

**Stosunek biomasy nadziemnej do masy korzeni** – rośliny o rozwiniętym systemie korzeniowym pozostającym w glebie mają większe saldo węglowe

**Liczebność dżdżownic** - masa dżdżownic informuje o aktywności mikroorganizmów w glebie

# Propozycja formuły do szacowania **pochłaniania węgla z atmosfery** poprzez praktyki rolnictwa węglowego (Dokument PE)

$$\text{Net carbon removal benefit (NCRB)} = \text{CR}_{\text{baseline}} - \text{CR}_{\text{total}} - \text{GHG}_{\text{increase}}$$

gdzie:

**Net carbon removal (NCRB) benefit > 0** saldo usuniętego węgla z atmosfery

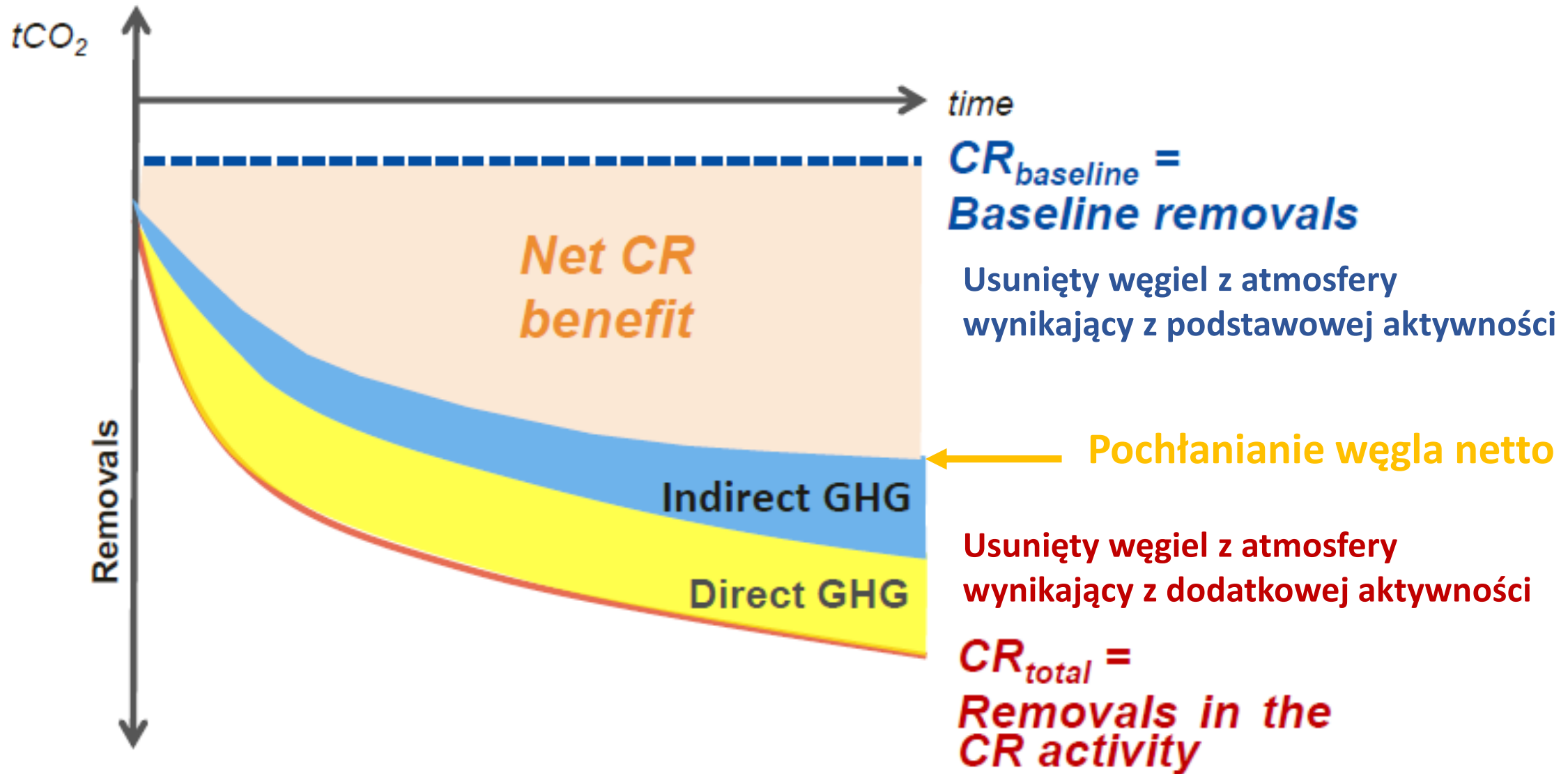
**CR<sub>baseline</sub>** - usunięty węgiel z atmosfery wynikający z podstawowej aktywności

**CR<sub>total</sub>** – usunięty węgiel z atmosfery wynikający z dodatkowej aktywności

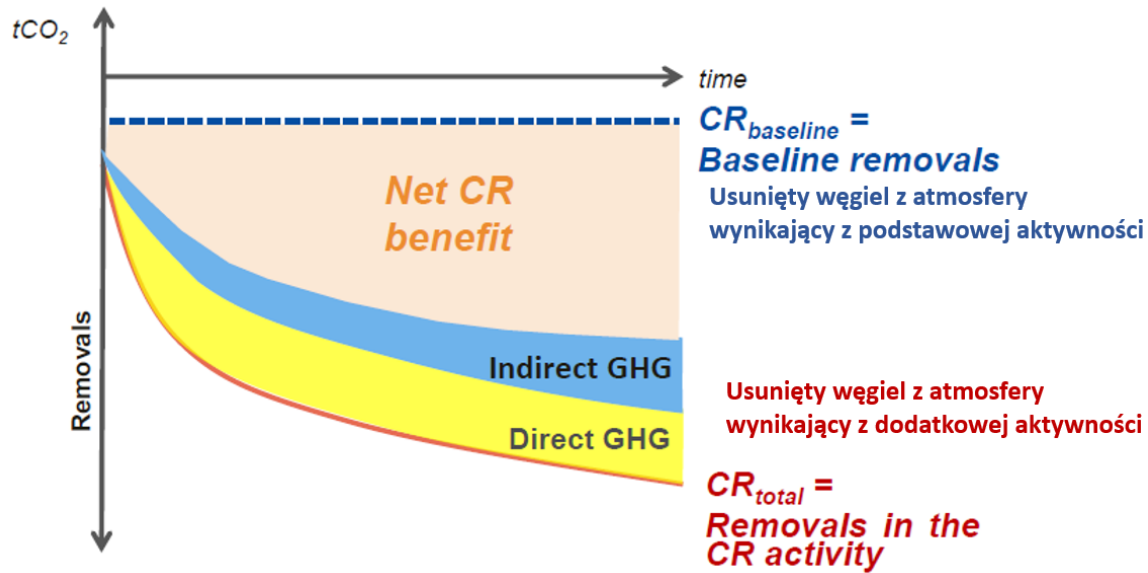
**GHG<sub>increase</sub>** – emisje bezpośrednie i pośrednie gazów cieplarnianych do atmosfery wynikające z realizacji praktyki (w rolnictwie wynikające z dodatkowych zabiegów uprawowych, zużycia nasion, paliwa, nawozów ect. )



$$\text{Net carbon removal benefit (NCRB)} = \text{CR}_{\text{baseline}} - \text{CR}_{\text{total}} - \text{GHG}_{\text{increase}}$$



$$\text{Net carbon removal benefit (NCRB)} = \text{CR}_{\text{baseline}} - \text{CR}_{\text{total}} - \text{GHG}_{\text{increase}}$$



$$\text{CR}_{\text{baseline}} = 0$$

$$\text{CR}_{\text{total}} = -1,2 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Międzyplony, rośliny okrywowe

$$\text{GHG}_{\text{increase}} = 0,2 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Bezpośrednie – paliwo  
Pośrednie - mineralizacja

$$\text{Net carbon removal benefit} = 0 - (-1,2 \text{ t CO}_2\text{e}) - 0,2 \text{ t CO}_2\text{e}$$

$$\text{Net carbon removal benefit} = 1 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Wielkość  $\text{CR}_{\text{total}}$  -1,2 t CO<sub>2</sub>e dla roślin okrywowych jest wielością przeciętną,  $\text{GHG}_{\text{increase}}$  – wielkość teoretyczna

# Propozycja formuły do szacowania redukcji emisji poprzez praktyki rolnictwa węglowego (Dokument PE)

## Net Soil Emission Reduction Benefit (NSERB)

$$\text{NSERB} = \text{LSE}_{\text{baseline}} - \text{LSE}_{\text{total}} - \text{ASE}_{\text{baseline}} - \text{ASE}_{\text{total}} - \text{GHG}_{\text{increase}}$$

gdzie:

**Net Soil Emission Reduction Benefit (NSERB) > 0** saldo emisji GHG do atmosfery

**LSE<sub>baseline</sub>** - emisje GHG netto z **podstawowej aktywności** (LULUCF – użytkownie gruntów)

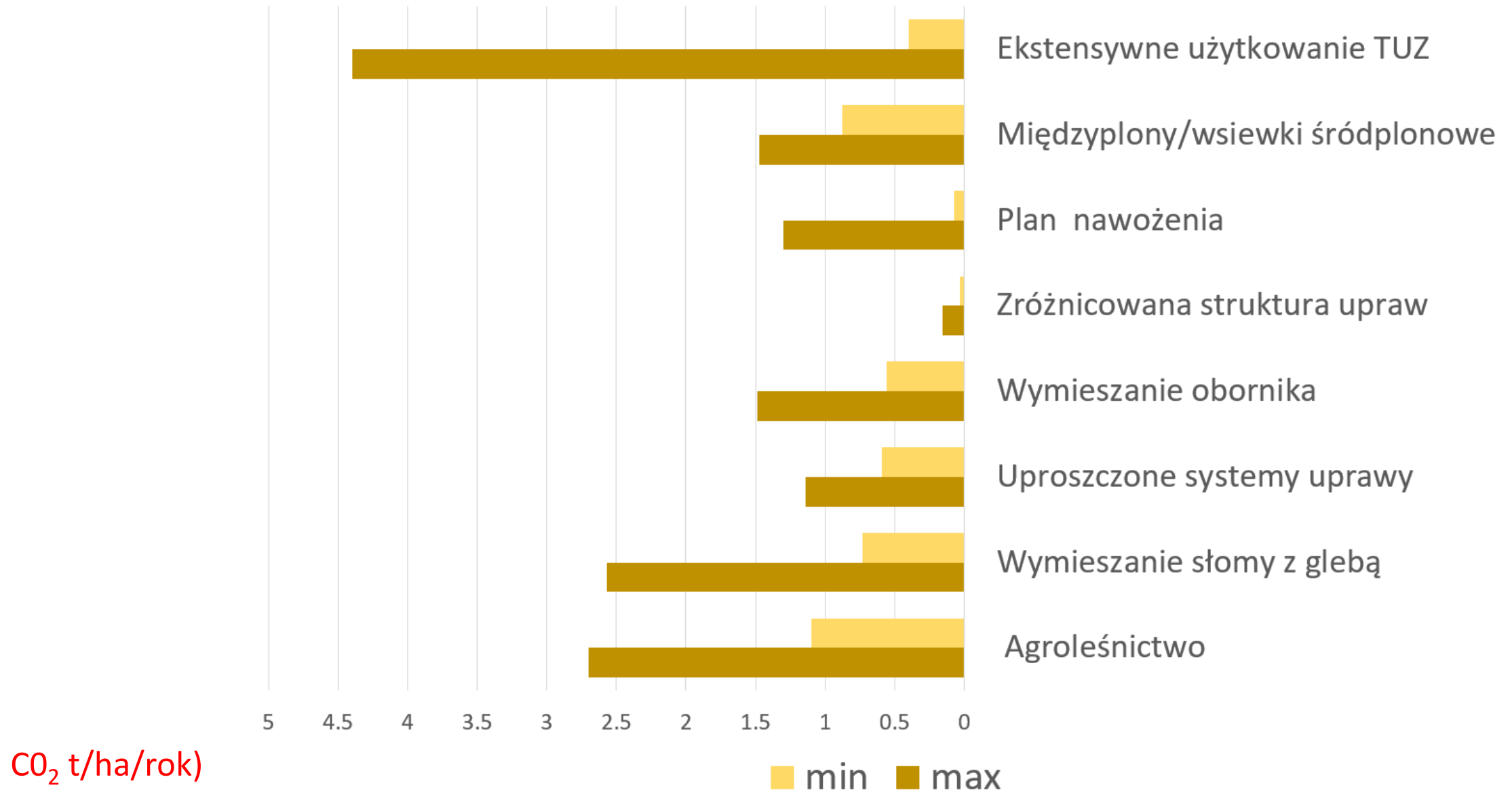
**LSE<sub>total</sub>** – emisje GHG netto z **aktywności dodatkowej** (LULUCF – użytkownie gruntów)

**ASE<sub>baseline</sub>** - emisje GHG z gleb z **podstawowej aktywności**

**ASE<sub>total</sub>** – emisje GHG z gleb z **podstawowej dodatkowej**

**GHG<sub>increase</sub>** – emisje bezpośrednie i pośrednie gazów cieplarnianych do atmosfery wynikające z realizacji aktywności dodatkowej - nonr (w rolnictwie wynikające z dodatkowych zabiegów uprawowych, zużycia nasion, paliwa, nawozów ect. )

# Wskaźniki sekwestracji / unikniętych emisji w wyniku stosowania praktyk rolnictwa węglowego wspieranych w Planie Strategicznym 2023-2027 (**aktywności dodatkowe**)

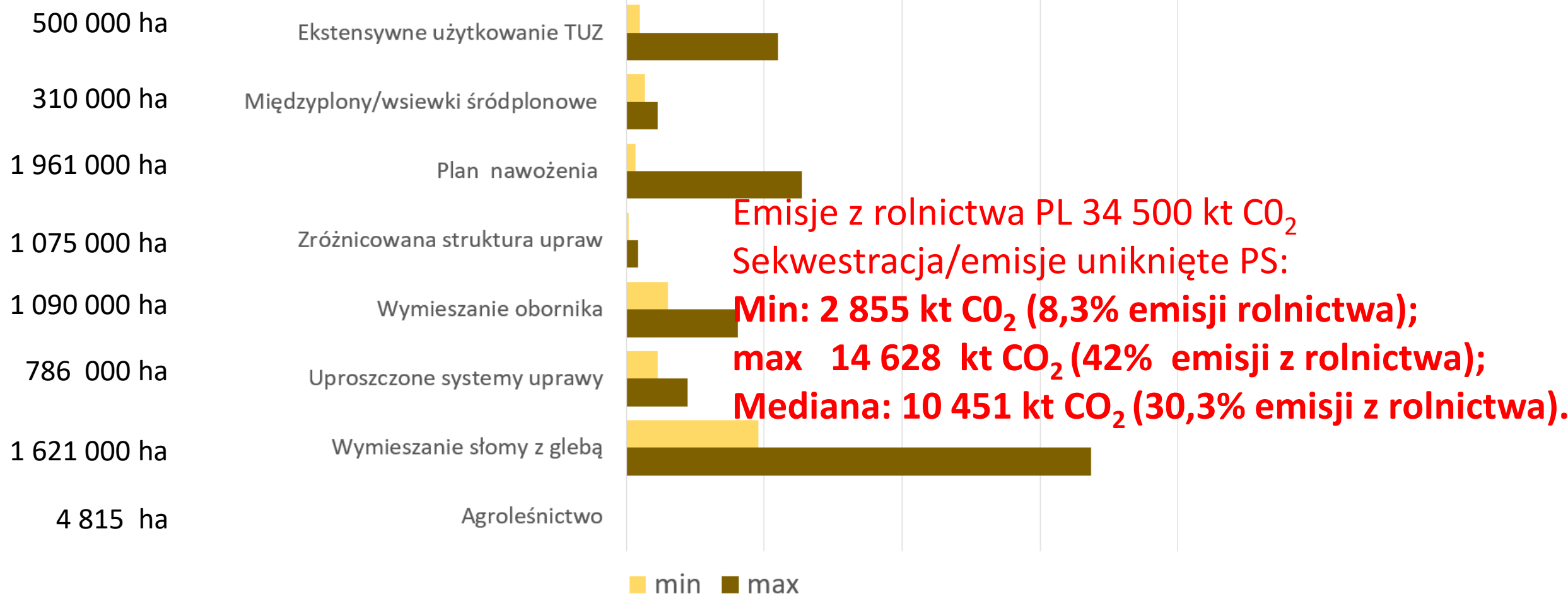




# Ilościowa ocena wpływu wspieranych w ramach WPR praktyk rolniczych na emisje gazów cieplarnianych i amoniaku oraz pochłanianie dwutlenku węgla

## Ekoschematy

Mt CO<sub>2</sub> rok<sup>-1</sup>



**Dziękuję za uwagę**