



KALKULATOR CO₂

METODYKA SZACOWANIA AKUMULACJI CO₂ PRZEZ DRZEWA

KALKULATOR CO₂ umożliwia obliczenie **śladu klimatycznego**, czyli ilości dwutlenku węgla wyemitowanego w zależności od korzystania z różnych środków transportu, a następnie liczbę drzew, które oszacowaną wielkość emisji w określonym czasie zaabsorbują - w języku angielskim określane mianem 'carbon offset'.

Korzystanie z kalkulatora polecamy wszystkim, którzy w swoim codziennym życiu podejmują decyzje o wyborze środka transportu, bądź planują systemy mobilności:

- ✓ właścicielom i kierowcom samochodów
- ✓ osobom dojeżdżającym do pracy, szkoły, na uczelnie
- ✓ urzędnikom
- ✓ firmom o dużym udziale podróży służbowych (konsultingowym, posiadającym wielu przedstawicieli handlowych),
- ✓ firmom transportowym i kurierskim
- ✓ firmom turystycznym, biuram podróży, liniom lotniczym,
- ✓ organizatorom konferencji, koncertów itp.,
- ✓ zakładom produkcyjnym (np. elektrowniom, hutom).
- ✓ nauczycielom i edukatorom

KALKULATOR CO₂

- Umożliwia:
 - ✓ porównanie różnych środków transportu pod kątem oddziaływania na środowisko,
 - ✓ wskazanie szczególnie szkodliwych środków transportu,
 - ✓ podejmowanie świadomych i odpowiedzialnych decyzji, co do wyboru środka transportu.
- Służy celom edukacyjnym, ekologicznym, ekonomicznym i marketingowym
- Jest pomocny w realizacji postanowień Konwencji Klimatycznej (UNFCCC) i Protokołu z Kyoto w zakresie łagodzenia zmian klimatu – firmy, które nie są objęte handlem emisjami, mogą dobrowolnie zaangażować się w projekt redukujący emisję CO₂ w ramach Programu CZAS NA LAS
- Odpowiada polskim warunkom i jest zgodny z emisjami faktycznie w Polsce występującymi.
- Jest powszechnie i bezpłatnie dostępny na stronie internetowej www.aeris.eko.org.pl, promowany w mediach oraz na różnych portalach i stronach internetowych.
- Zainteresowanych korzystaniem z Kalkulatora CO₂ zapraszamy do kontaktu – aeris@eko.org.pl, tel. +48 12 430 08 22.



AKUMULACJA

Lasy biorą udział w bilansie węgla, podobnie jak inne zespoły roślinne, poprzez proces fotosyntezy. Stanowią tym samym miejsce gromadzenia się węgla. Aby zachodził proces fotosyntezy niezbędny jest CO₂ i woda H₂O. W wyniku fotosyntezy powstaje tlen oraz cukry proste, które łącząc się budują cukry złożone takie jak celuloza i lignina. Drewno zawiera do 60 % celulozy i ok. 30 % ligniny. Najwięcej węgla w drzewie gromadzi się w pniu (ok. 66% biomasy drzewa) oraz mniejszych pniach i korzeniach (ok. 14% biomasy drzewa) [1].

Ocena akumulacji, inaczej pochłaniania CO₂ przez roślinność leśną jest wykonywana przez określenie ilości węgla zawartego w biomase roślin oraz wielkości jego wiązania przez biomasę w jednostce czasu. Sekwestracji dwutlenku węgla można ujmować całościowo jako ekosystem leśny lub jako pojedyncze drzewo - istnieje wiele sposobów oceny.

Zastosowany w TBFRA (Temperate and Boreal Forest Resource Assessment) sposób oceny ilości węgla związanego w biomase roślin drzewiastych opiera się na istnieniu zależności między miąższością zasobów drzewnych a ilością związanego węgla. Do określania wielkości związanego węgla przez biomasę drzewną wykorzystuje się metodę śledzenia jego przepływów. Zestawienie ilości uwolnionego i związanego węgla w zasobach drzewnych informuje o wielkości zmian netto [1]. Od tej metody jako niedokładnej obecnie odchodzi się.

Inny sposób oceny wykorzystuje Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC). Obowiązująca tu metodologia jest metodą wielkoobszarową, zwaną *top down*, nadaje się do wyliczenia absorpcji przez duże powierzchnie lasów, a nie pojedyncze drzewo. Wielu naukowców twierdzi, że szacunkowe wyliczenia wg metodologii IPCC są dalece niepewne ze względu na trudność do oszacowania zawartości i przepływu węgla w lądowych ekosystemach [2].

Trwają obecnie na świecie prace badawcze, które posłużą opracowaniu nowych metod, które dokładniej określą dynamikę wiązania węgla w biomase drzewnej. Jedną z takich prac wykonał Fiński Instytut Badawczy Leśnictwa, w której opisano równania alometryczne (*ang.* allometry equations) wyliczające biomasę drzewa i miąższość na pniu (*ang.* stem volume) dla różnych gatunków drzew rosnących w Europie w zależności od jego pierśnicy lub/i wysokości. Zgromadzone tam informacje stanowią podstawowe narzędzie dla oszacowania zawartości węgla oraz bilansu składników odżywczych w ekosystemach leśnych Europy, jak też zatwierdzenie teoretycznych modeli rozmieszczenia biomasy. Szczególnie cenne są równania biomasy, które bardziej dokładnie pozwalają oszacować ilość zakumulowanego dwutlenku węgla. IPCC zaleca stosowanie równań alometrycznych, jeśli są dostępne.

Podobne badania zostały wykonane już dla amerykańskich i australijskich drzew [2, 8]. W *Kalkulatorze CO₂* zastosowano wariant według fińskiego opracowania.



I. Wyliczenia:

1. Biomasa nadziemną wyliczamy korzystając z wybranych równań, które wskazują zależność między całkowitą biomasa nadziemną (**AB** - total above biomass) wyrażoną w [kg] a pierśnicą drzewa¹ (**D** - diameter) wyrażoną w [cm].

Wyliczenia zostały wykonane dla kilku najpospolitszych gatunków drzew w naszym kraju (tabela 1). Badania w Polsce prowadzono jedynie dla sosny w bardzo młodym wieku, stąd równania pochodzą z krajów sąsiadujących, posiadających podobne warunki klimatyczne do Polski (szczególnie istotne jest występowanie mroźnych zim).

Tabela 1: Wybrane gatunki i równania biomasy:

Lp	Gatunki	Pochodzenie danych	Nr równania	Równanie [2]	Wielkość pierśnicy ²
1	Sosna zwyczajna - Pinus Sylvestris	Czechy	334	$AB^1 = a \cdot D^b$	b.d.
2	Świerk pospolity - Picea abies	Czechy	141	$AB^1 = 0,57669 \cdot D^{1,964}$	11,0-47,0
3	Buk - Fagus sylvatica	Czechy	88	$AB = 0,453 \cdot D^{2,139}$	5,7-62,1
4	Dąb - Quercus petraea	Austria	600	$AB = e^{(\ln D \times 2,140 - 0,883)}$	b.d.

¹ AB - całkowita biomasa nadziemna (total above biomass)

² Pierśnica - obwód drzewa na wysokości 1,30 m

2. Wielkości pierśnicy w zależności od czasu zostały zaczerpnięte z tablic w opracowaniu Mariana Czuraja - "Tablica zasobności i przyrostu drzewostanów"[3] dla gleb średnich - III klasy bonitacji:

Tabela 2

Lp.	Gatunki	Tablice
1	Sosna - Pinus Sylvestris	Płoński, Schwappach
2	Świerk pospolity - Picea abies	Schwappach
3	Buk - Fagus sylvatica	Schwappach
4	Dąb - Quercus petraea	Wimmenauer

3. W celu wyliczenia całkowitej biomasy drzewa niezbędne jest dodanie do całkowitej biomasy nadziemnej jego biomasy podziemnej (**RT** - biomass of roots) wyrażoną w [kg]. IPCC podaje szacunkowy wskaźnik przeliczeniowy dla biomasy podziemnej przy znanej wielkości biomasy nadziemnej [4]:

- dla iglastych - 0,2 dla liściastych - 0,25, stąd

$$RT = 0,2/0,25 \cdot AB$$

¹ Pierśnica drzewa to obwód drzewa na wysokości 1,30 m.



4. Znając biomasę nadziemną i podziemną wyliczamy całkowitą biomasę drzewa (TB - Total tree biomass) wyrażoną w [kg]

$$TB = AB + RT$$

5. Znając całkowitą biomasę drzewa możemy wyliczyć zawartość węgla w biomase [kg]. IPCC przyjmuje, że drewno zawiera średnio 50% węgla, stąd:

$$\text{kg C} = 0,5 * TB$$

6. W celu przeliczenia ilości węgla na ilość dwutlenku węgla, jakie drzewo pochłonęło, należy pomnożyć ilość węgla razy 3,66 [stały wskaźnik przeliczeniowy $C/CO_2 = 44/12$]

$$\text{kg CO}_2 = 3,66 * \text{kg C}$$

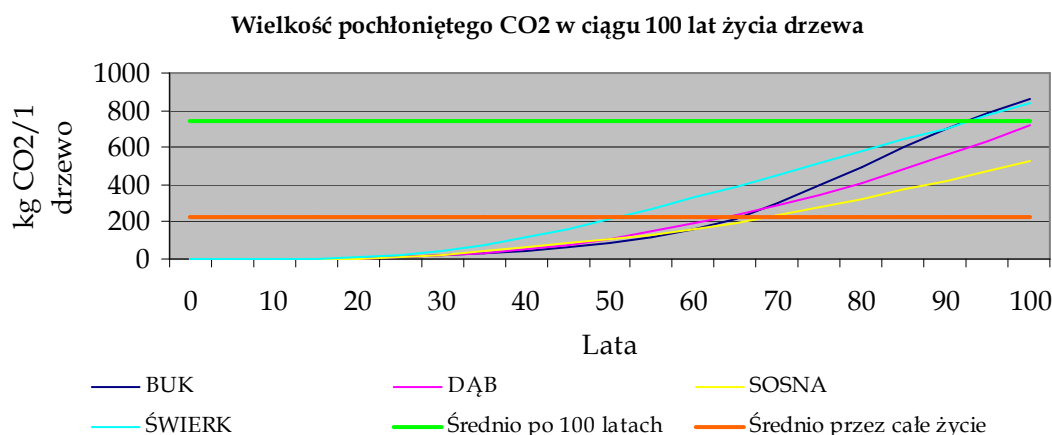
7. Na podstawie powyższych wyliczeń otrzymujemy:

Tabela 3: Sekwestracja CO₂ przez drzewa

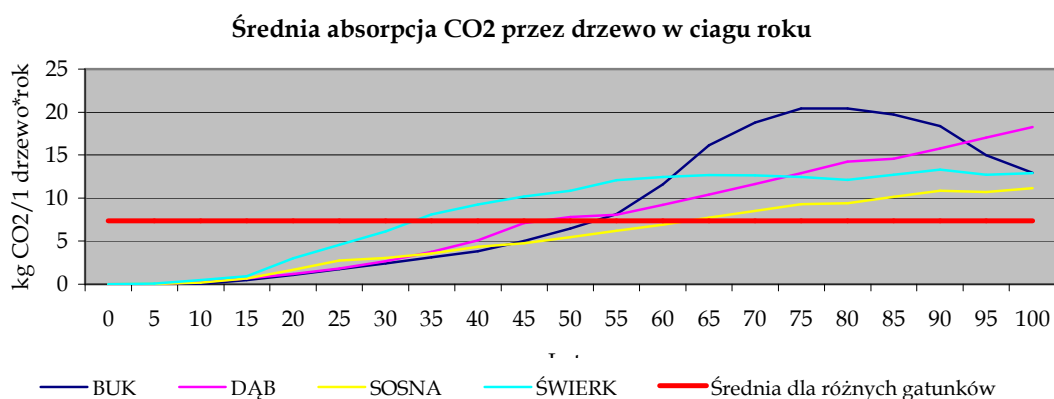
Wiek	Gatunek				Średnio dla wszystkich gatunków
	BUK	DĄB	SOSNA	ŚWIERK	
Wielkość pochłoniętego CO ₂ w całym cykl życia drzewa [kg CO ₂ /1 drzewo]					
0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
5	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
10	0,08	0,05	0,15	0,32	0,15
15	0,23	4,09	1,02	2,81	2,04
20	2,72	14,93	4,48	7,66	7,45
25	8,33	30,93	13,16	23,24	18,92
30	17,29	53,20	27,41	47,04	36,24
35	29,79	84,14	43,23	78,94	59,02
40	45,94	125,36	61,90	121,19	88,60
45	65,85	178,64	84,47	169,50	124,61
50	91,97	249,74	109,21	222,56	168,37
55	125,55	324,67	137,64	279,17	216,76
60	167,98	400,11	169,87	342,06	270,01
65	228,44	484,00	206,03	406,95	331,36
70	312,34	576,45	246,22	472,81	401,95
75	410,32	677,54	290,54	538,65	479,26
80	516,68	787,38	339,09	603,54	561,67
85	622,97	906,04	388,04	666,66	645,93
90	725,59	1025,38	440,79	732,86	731,15
95	821,29	1152,61	497,41	802,13	818,36
100	899,22	1287,80	553,17	868,32	902,13
udział gatunku [%] Polska					
Średnioroczna ilość pochłoniętego CO ₂ w całym cykl życia drzewa [kg CO ₂ /1 drzewo]					
	8,6	8,33	5,31	8,34	7,65
udział gatunków lasów nizin. [%]	4,9	6,6	67,6	8,2	6,0
udział gat. lasów wyż. i gór. [%]	25,8	7,1	32,9	29,5	7,5



Wykres 1:



Wykres 2:



II. Ilość zakumulowanego dwutlenku węgla na hektarze lasu

Wyniki zakumulowanego dwutlenku węgla na hektarze lasu wskazują na dużą rozpiętość w zależności od jakości gleby - im lepsza gleba, tym drzewo szybciej rośnie i tym więcej i szybciej pochłania CO₂ i gatunku drzewa - gatunki liściaste w cyklu swojego życia pochłaniają więcej CO₂ niż iglaste.

Wielkość zakumulowanego dwutlenku węgla na hektarze otrzymujemy poprzez przemnożenie ilość CO₂/drzewo przez ilość drzew na hektarze. Dane o ilości drzew na hektarze otrzymujemy z Tablic miąższości [3].

III. Podsumowanie

Ocena ilości węgla wiązanej przez drzewa jak i całe ekosystemy (również leśne) miała do niedawna charakter niemal wyłącznie naukowy. Wzrost zagrożenia spowodowanego zwiększaniem ilości CO₂ w atmosferze, a zwłaszcza wzrost świadomości tego zagrożenia, nadał temu zagadnieniu znaczenie praktyczne - znalazło ono swój wyraz w tzw. Protokole z Kioto. Wymienione w nim działania z zakresu leśnictwa, sprzyjające zwiększonemu wiązaniu węgla, zostały wycenione. Możliwe stało się ich uwzględnienie w całkowitym bilansie emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych pod warunkiem opracowania nowych, precyzyjniejszych niż dotychczas metod kwantyfikacji wiązanej



zarówno przez biomasę, jak i gleby leśne węgla. Przedstawione w opracowaniu wielkości są przybliżeniem stanu faktycznego, szczegółowa analiza wymaga dalszych badań [1].

Wiek	Gatunek				Średnio dla wszystkich gatunków
	BUK	DĄB	SOSNA	ŚWIERK	
Wielkość pochłoniętego CO₂ w całym cykl życia drzewa [kg CO₂]					
20	2,61	14,09	4,30	7,35	5,53
30	16,60	47,76	26,31	45,16	31,21
50	88,29	189,07	104,84	213,66	140,76
100	863,25	833,34	531,04	833,59	739,48
Średnioroczna wielkość pochłoniętego CO₂ [kg CO₂/rok* 1 drzewo]					
	8,6	8,3	5,3	8,3	7,5*

* średnia wartość dla składu gatunkowego w lasach wyżynnych i górskich

Program dotacyjny CZAS NA LAS i Partnerzy

Fundacja zachęca, edukuje i wspiera właścicieli bądź zarządców terenów w zakresie działań zalesieniowych i zadrzewieniowych.

Współpracujemy od początku z Zawojkim Stowarzyszeniem Lasów Prywatnych (ZSWLP). Stowarzyszenie posiada grunty oraz sadzonki z własnej szkółki oraz gwarantuje prowadzenie gospodarki leśnej zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju oraz to, że las nie zostanie wycięty przez co najmniej 100 lat.

Wspólnie z ZSWLP i innymi partnerami (Gmina, Starostwo i Nadleśnictwo Sucha Beskidzka, Babiogórski Park Narodowy) stworzyliśmy Radę ds. Projektu, która stanowi ciało doradcze oraz służącym pomocą merytoryczną w zakresie prowadzonych i planowanych działań.

PRZYGOTOWANIE

- ✓ **merytoryczne:** Joanna Mieszkowicz
- ✓ **programistyczne:** Jakub Trojanek
- ✓ **graficzne:** Marta Gąsiorek

Konsultacja merytoryczna:

Dr Wojciech Galiński – Joanneum Research, Wiedeń

Prof. Dr hab. Jerzy Szwagrzyk – Wydział Leśny Akademii Rolniczej w Krakowie

Prof. Dr hab. Kazimierz Rykowski – Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa

Prof. Dr hab. Jacek Oleksyn, mgr Andrzej Jagodziński – Instytut Dendrologii PAN, Kórnik



BIBLIOGRAFIA:

1. „Raport o Stanie Lasów w Polsce 2004.” PGL Lasy Państwowe, Warszawa, czerwiec 2005.
2. Zianis D., Muukkonen, Makipaa R., Mencuccini M.: „Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species In Europe”
3. Czuraj M. - "Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów"
4. (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.
<http://www.ipcc.ch>
5. Rykowski K. - „Rola ekosystemów leśnych oraz drewna w kontrolowaniu absorpcji i emisji węgla”, Ogólnopolska konferencja naukowa „Zmiany i zmienność klimatu Polski”, Łódź, 4-6 listopada 1999.
6. Stocki J. - „Lasy i gospodarka leśna w kształtowaniu bilansu dwutlenku węgla. Protokół z Kyoto”.
7. Szymkiewicz B. - "Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów". PWRiL, Warszawa 1971.
8. „Lasy w Małopolsce”, RDLP Kraków
9. Internet - kalkulator australijski:
<http://www.greenhouse.crc.org.au/tools/calculators/treecarbon/index.cfm#start>

FUNDACJA AERIS FUTURO

Biuro: Ul. Garbarska 4/2, 31-131 Kraków; **Tel.:** 012 430 08 22, **Fax:** 012 423 20 98

Siedziba: Ul. Ulanów 54/93, 31-455 Kraków

REGON: 120209543

NIP: 9452053376

KRS: 0000251803

Konto bankowe: 92 1440 1127 0000 0000 0474 5396 Nordea Bank Polska, O/Kraków