# Drewno jako trwały magazyn $CO_2$

Od fotosyntezy w lesie do karbonatyzacji w zakładzie. Bilans jednego metra sześciennego wyrobu

**Abstrakt.** Drewniany blat, słup w winnicy i pal w marinie przechowują węgiel, który drzewo pobrało z atmosfery. DREWNOLIT proponuje drugi sposób związania węgla w wyrobie: wytworzenie węglanu wapnia w strukturze sosny. Na przykładzie 1 m³ pokazujemy, skąd pochodzi każdy składnik, jak obliczyć jego masę i co dzieje się z nim po latach. Opinia Politechniki Lubelskiej pozwala oszacować udział mineralizacji. Do ustalenia wyniku konkretnej partii potrzebne są pomiary. [1] [2] [9]

**Słowa kluczowe.** węgiel biogeniczny, karbonatyzacja, węglan wapnia, czas użytkowania, drewno sosnowe

## Jak atmosferyczny $CO_2$ trafia do drewna?

Drzewo pobiera dwutlenek węgla przez liście lub igły, a wodę przez korzenie. Przy udziale światła powstają cukry. Uproszczony zapis fotosyntezy ma postać: $6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$. Część węgla z cukrów roślina wbudowuje w celulozę i ligninę, główne składniki ścian komórkowych drewna. Po pozyskaniu i przetarciu pnia węgiel pozostaje w materiale jako część związków organicznych. [1] [10] [11]

Zgodnie z PN-EN 16449 do obliczeń można przyjąć 50% węgla w absolutnie suchej masie drewna. Przelicznik 44/12 wynika z masy molowej $CO_2$ i masy molowej zawartego w nim węgla. Jeśli 1 m³ gotowego wyrobu zawiera przykładowo 500 kg suchego drewna, to jego organiczna część zawiera 250 kg węgla. Odpowiada to 916,7 kg $CO_2$ wcześniej pobranego z atmosfery. Wartość 500 kg przyjęto do ilustracji. W konkretnej partii trzeba wyznaczyć suchą masę samego drewna, po wyłączeniu wody, spoiw i dodatków mineralnych. [1]

## Ile wnosi karbonatyzacja w technologii DREWNOLIT?

DREWNOLIT opisuje nasycanie sosny preparatem na bazie wapnia w autoklawie i późniejszą karbonatyzację. Opinia o innowacyjności podaje reakcję: $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$. W odróżnieniu od fotosyntezy gaz staje się tu częścią związku nieorganicznego. Merk i współautorzy wykazali w badaniach laboratoryjnych, że odmienną metodą można osadzić $CaCO_3$ wewnątrz drewnianej tkanki. Ich wyniki dotyczą materiału badanego w laboratorium. [3] [4] [9]

W opinii Jerzego Szerafina oszacowano, że mineralizacja wiąże około 32 kg $CO_2$ na 1 m³ gotowego materiału. Gdyby całość powstała wyłącznie jako czysty $CaCO_3$, odpowiadałoby to około 72,8 kg nowego minerału (32 × 100,09/44,01). Opinia opisuje również udział związków magnezu. Przeliczenie na węglan wapnia służy więc do oceny rzędu wielkości. W pilotażu laboratorium powinno oznaczyć przyrost węgla nieorganicznego względem materiałów wyjściowych, uwzględniając węglany obecne wcześniej w drewnie i preparacie. [5] [9]

Przykładowy bilans brutto dla 1 m³ gotowego wyrobu. Pierwszy składnik zależy od hipotetycznej suchej masy drewna, drugi pochodzi z modelu technologii. [1] [9]

| Składnik | Obliczenie lub założenie | Masa odpowiadającego $CO_2$ |
|---|---|---|
| Węgiel organiczny drewna | 500 kg × 0,50 × 44/12 | 916,7 kg |
| $CO_2$ związany w minerale | Oszacowanie dla 1 m³ z opinii, s. 13 | około 32 kg |
| Łączny zasób w chwili wytworzenia | 916,7 kg + około 32 kg | około 949 kg brutto |

## Jak długo wyrób przechowuje węgiel?

Jeżeli drewno w słupie lub blacie zachowuje masę, a związki mineralne pozostają w materiale, nasz przykładowy wyrób zawiera równowartość około 949 kg $CO_2$ w pierwszym, dziesiątym i trzydziestym roku. Założone trzydzieści lat ilustruje zasadę bilansu. Autor opinii szacuje dla opisywanej kantówki okres użytkowania do 90 lat. Przeniesienie tego szacunku na pal zanurzony w wodzie morskiej wymagałoby odrębnych danych o jego trwałości. Przez cały okres bez rozkładu emisja węgla organicznego zostaje odłożona w czasie. Wyniku z kolejnych lat nie sumuje się: w każdym roku jest to ten sam zasób. W skali zakładu jego roczną zmianę określa się z dopływu węgla do użytkowanych wyrobów oraz odpływu z tej puli. [2] [9] [10]

Po demontażu ponowne wykorzystanie elementu może przedłużyć przechowywanie. Rozkład biologiczny albo spalenie prowadzą do uwalniania węgla organicznego. Węgiel mineralny może pozostać w pozostałości, przejść do roztworu albo uwolnić się przy rozkładzie termicznym węglanu. W ocenie trwałości trzeba zatem uwzględnić zarówno stan drewna, jak i ubytek minerału w konkretnym środowisku użytkowania. [2] [5] [7]

## Kiedy reakcja daje korzyść dla klimatu?

Około 949 kg $CO_2$ brutto obejmuje węgiel z dwóch źródeł. O wpływie na klimat rozstrzyga pełny cykl życia i porównanie z innym wyrobem pełniącym tę samą funkcję. Znaczenie ma m.in. źródło gazu. Związanie $CO_2$ pochodzącego ze spalania paliwa kopalnego może ograniczyć emisję względem jego wypuszczenia do atmosfery. Do wykazania usunięcia atmosferycznego $CO_2$ konieczne są udokumentowane pochodzenie atmosferyczne lub biogeniczne, odpowiednia trwałość i bilans emisji. Jeśli odczynnik wapniowy wytworzono poprzez wyprażenie wapienia, wcześniejszy rozkład $CaCO_3$ uwolnił $CO_2$ już u producenta wapna. [5] [6]

W opinii pojawia się również prognoza śladu netto wynoszącego minus 67 kg $CO_2$/m³. To osobny wynik modelowania. Dodanie jego wartości do 949 kg pomieszałoby ślad cyklu życia z ilością zgromadzoną w wyrobie. Weryfikacja prognozy w analizie cyklu życia (LCA) wymaga danych o odczynniku, gazie, suszeniu, pracy autoklawu, transporcie do odbiorcy, liczbie wymian oraz sposobie zagospodarowania wyrobu po demontażu. [7] [9]

## Co sprawdzić w sadzie i marinie?

W materiałach dla Turcji DREWNOLIT proponuje m.in. słupy sadownicze i winnicowe oraz elementy marin. Słup zagłębiony w ziemi pracuje w warunkach UC4. Pal stale lub regularnie zanurzony w słonej wodzie odpowiada UC5. Deskę pomostu pozostającą nad wodą trzeba ocenić według jej własnej ekspozycji. Klasa użytkowania w EN 335 opisuje środowisko pracy. Nie wyznacza okresu gwarancji. Materiały firmy przedstawiają propozycję pilotażu. Nie podają wyniku pomiaru związania $CO_2$ ani potwierdzonej żywotności partii. [3] [8]

W pilotażu warto zamontować w tym samym miejscu oznaczone elementy modyfikowane i porównawcze o tej samej geometrii, zarejestrować sposób zabezpieczenia cięć i ustalić z odbiorcą kryterium wymiany. W sadzie należy kontrolować m.in. odcinek przy powierzchni gruntu. W marinie osobno obserwować części zanurzone i znajdujące się nad wodą. Próbki kontrolne pobrane przed ekspozycją i po niej pozwolą zmierzyć, ile minerału pozostało, a kolejne oględziny pokażą, czy element nadal pełni swoją funkcję. [3] [8]

Dla nabywcy miarą opłacalności jest koszt jednego roku podparcia tej samej konstrukcji. Koszty zakupu, montażu, przeglądów i wymian trzeba porównać dla tego samego okresu i wymaganego obciążenia. W takim ujęciu droższa obróbka może się zwrócić, jeśli pozwala rzadziej wymieniać słupy. Do oceny klimatycznej należy użyć tej samej jednostki użytkowej i pokazać, po ilu latach użytkowania oraz przy jakiej liczbie wymian zmienia się wynik porównania. [7]

## Przypisy i źródła

[1] Polski Komitet Normalizacyjny. *PN-EN 16449:2014-06. Drewno i materiały drewnopochodne. Obliczanie zawartości węgla biogenicznego w drewnie i przeliczanie na ilość dwutlenku węgla, pkt 4 i 5* (2014). Dostęp online

[2] IPCC. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, t. 4, rozdz. 12. Harvested Wood Products* (2019). Dostęp online

[3] Cezary Rułka DREWNOLIT. *DREWNOLIT UC5 Marine Use, s. 4, 6, 7, 9. DREWNOLIT UC4 Ground Contact, s. 3, 5, 6, 9. Materiały ofertowe dla rynku tureckiego* (bez daty).

[4] Merk V., Chanana M., Keplinger T., Gaan S., Burgert I. *Hybrid wood materials with improved fire retardance by bio-inspired mineralisation on the nano- and submicron level. Green Chemistry, 17, 1423–1428* (2015). Dostęp online

[5] IPCC. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, t. 3, rozdz. 2. Mineral Industry Emissions, część 2.3 o produkcji wapna* (2006). Dostęp online

[6] Hepburn C. i współautorzy. *The technological and economic prospects for $CO_2$ utilization and removal. Nature, 575, 87–97* (2019). Dostęp online

[7] International Organization for Standardization. *ISO 14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework* (2006). Dostęp online

[8] Europejski Komitet Normalizacyjny. *EN 335:2013. Durability of wood and wood-based products. Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products* (2013). Dostęp online

[9] Szerafin J., Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury. *Opinia o innowacyjności, Lublin, 12 maja 2026 r., s. 5, 6, 13, 15, 19–21. Dokumentacja technologii mineralizacji DREWNOLIT* (2026).

[10] Bergman R., USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. *Life-Cycle Assessment of Harvested Wood Products. Minnesota Forest Resources Council, 24 maja 2022 r.* (2022). Dostęp online

[11] GLOBE Observer. *Photosynthesis. Background Information. Zapis sumaryczny fotosyntezy* (bez daty). Dostęp online