

Wykonanie analizy cyklu życia (LCA)
w celu określenia śladu węglowego
dla średnich cementów z grupy CEM I, CEM II i CEM III
produkowanych w Polsce, zgodnie z PN-EN 15804: 2012
nr pracy: 01929/12/ZOONF

1 Podstawy formalne opracowania

Podstawę formalną opracowania stanowiła Umowa nr 1929/12/ZOONF zawarta pomiędzy Stowarzyszeniem Producentów Cementu z siedzibą w Krakowie, 30-003 Kraków, ul. Lubelska 29/4/5, a Instytutem Techniki Budowlanej (dalej ITB) w Warszawie na realizację opracowania pt. „Wykonanie analizy cyklu życia (LCA) w celu określenia śladu węglowego dla średnich cementów z grupy CEM I, CEM II i CEM III produkowanych w Polsce, zgodnie z PN-EN 15804:2012”.

2 Podstawy metodyczne opracowania

Ślad węglowy dla cementów CEM I, CEM II i CEM III przygotowano w oparciu o metodykę LCA, w tym w szczególności normę PN-EN 15804:2012 *Zrównoważoność obiektów budowlanych – Deklaracje środowiskowe wyrobów – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych* oraz ISO 14067 *Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communications*.

Ślad węglowy jest to całkowita suma emisji gazów cieplarnianych wywołanych bezpośrednio przez produkcję cementu, uwzględniając procesy: wydobycia surowców, produkcji i zużycia energii, transportu i samych procesów produkcji. Rokiem bazowym dla analizy jest rok 2010. Ślady węglowe dla roku 2013 są niższe niż dla roku 2010, co wynika z ciągłego procesu zmniejszania śladu węglowego przez krajowy przemysł cementowy.

3 Zakres i cel pracy

Cement jest materiałem mającym szereg zastosowań w budownictwie, dlatego jego właściwości środowiskowe istotne są w projektowaniu budynków zrównoważonych i powinny zostać określone. Celem niniejszej deklaracji jest dostarczenie wiarygodnych informacji dotyczących wpływu na środowisko, jakim jest ślad węglowy (emisja ekwiwalentnego CO₂) dla cementów krajowych (CEM I, CEM II, CEM III) w fazie produkcji wyrobu w oparciu o metodykę LCA. Jednostką deklarowaną, czyli jednostką odniesienia, jest 1 tona cementu.

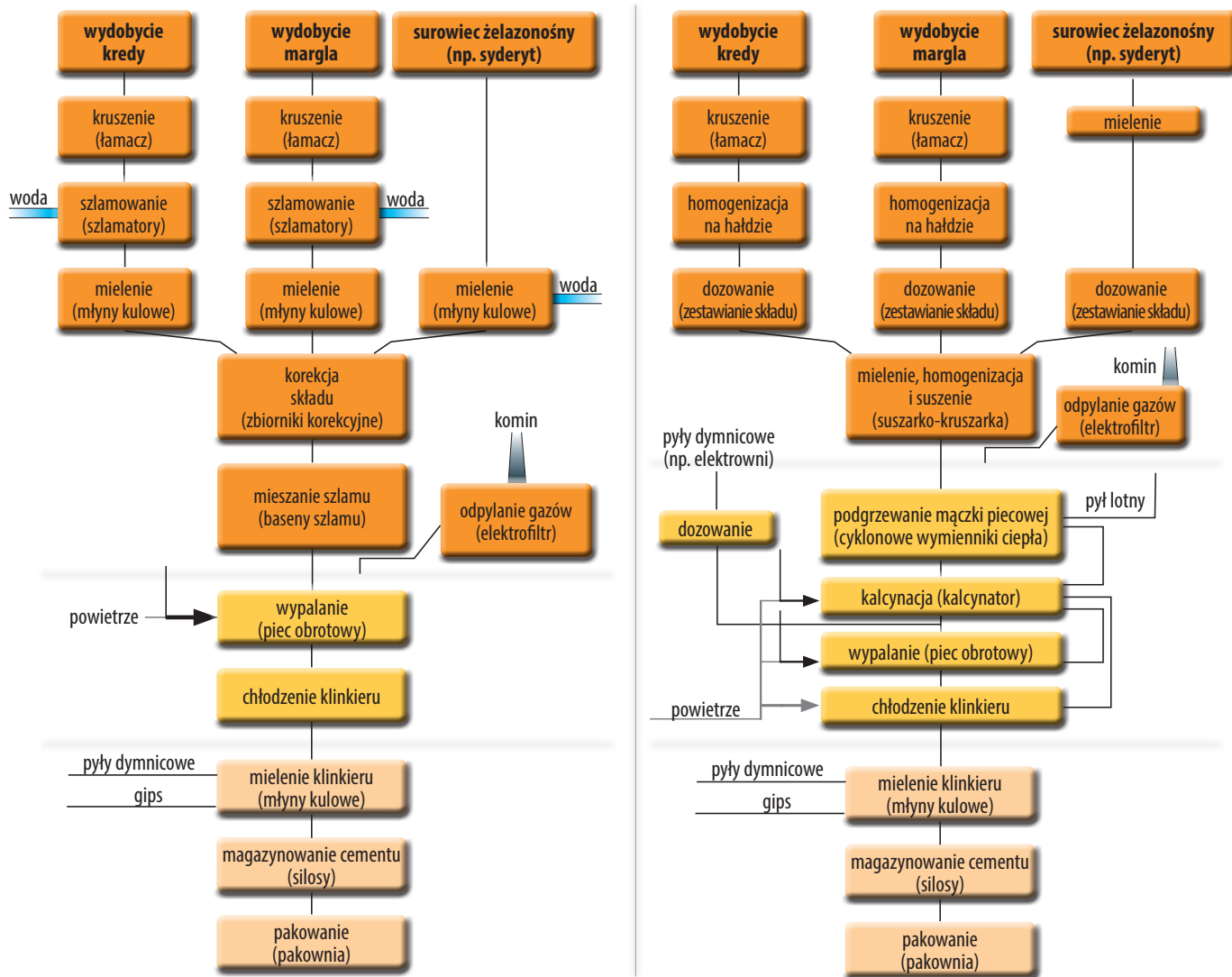
Deklaracja została przygotowana dla fazy wyrobu, tj. od pobrania zasobów do bramy zakładu.

4 Proces produkcji cementu

Główne etapy procesu produkcji cementów CEM I, CEM II i CEM III to:

- wydobycie i zakup surowców
- produkcja mączki surowcowej
- wypał klinkieru
- przemiał cementu
- składowanie cementu / dystrybucja.

Procesy te zostały przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat produkcji cementu metodą suchą i moką

Procesy przedstawione na rysunku 1 zostały wzięte pod uwagę podczas wykonywania analizy LCA określającej ślad węglowy cementów CEM I, CEM II i CEM III.

Surowce

Surowcami naturalnymi do produkcji cementu są przede wszystkim materiały wapienne, jak wapień lub margiel, piasek, materiały glinowe, takie jak glina lub łupek, które występują powszechnie. W procesie stosowane są surowce alternatywne, takie jak popioły, żużel, jako substytuty surowców naturalnych. Zastosowanie zamienników klinkieru ma znaczny wpływ na zmniejszenie śladu węglowego cementu. Zgodnie z deklaracją i statystykami przedstawionymi przez Stowarzyszenie Producentów Cementu udział masowy surowców do produkcji CEM I, CEM II i CEM III został zobrazowany w tabelicy 1. Udział masowy CEM I w produkcji krajowej CEM I-III to 39%, CEM II to 53% oraz CEM III to 8%.

Tablica 1. Surowce użyte do produkcji CEM I, CEM II i CEM III w Polsce (zgodnie z PN-EN 197-1; PN-B 19707)

Cement/skład	Udział masowy	tys. ton
CEM I	39%	5828,3
klinkier	92%	5362,03
regulator wiązania	7%	378,84
składniki drugorzędne	1%	87,42
CEM II	53%	7843,1
klinkier	69%	5372,45
regulator wiązania	4%	313,72
popiół	11%	901,94
żużel	8%	611,90
kamień wapienny	8%	631,38
składniki drugorzędne	0,1%	11,76
CEM III	8%	1121,3
klinkier	43%	476,55
regulator wiązania	4%	44,85
żużel	53%	598,77
składniki drugorzędne	0%	1,12

Roczna produkcja klinkieru do produkcji cementu wyniosła w 2010 roku 11 501 tys. ton metodą suchą oraz 202 tys. ton metodą moką. Roczna produkcja cementu wyniosła 15 518,6 tys. ton w roku 2010.

Produkcja mączki surowcowej

Produkcja mączki przeprowadzana jest zarówno w procesie metodą mokrą jak i suchą (rys.1). W metodzie mokrej szlam z mączki jest produkowany przed wypałem. Szlam jest homogenizowany i pompowany do pieca. W metodzie suchej z reguły przygotowuje się żądaną mieszankę w jednostopniowym procesie mielenia. Do procesu suszenia stosuje się ciepło z gazów procesowych. Ilość cementu produkowanego metodą mokrą zmniejsza się w każdym roku.

Wypał klinkieru

Mączka surowcowa jest wstępnie podgrzewana z wykorzystaniem gazów surowcowych, a następnie wypalana w piecu obrotowym w temperaturze ok. 1450°C. Głównymi paliwami stosowanymi w procesie są węgiel kamienny i brunatny (60,3%, tablica 2). Najistotniejsze paliwa alternatywne pochodzą z odpadów. Duża część paliw alternatywnych charakteryzuje się dużą zawartością biomasy o niskim współczynniku śladu węglowego (średnio w Polsce 0,055 MgCO₂/GJ). Zastosowanie paliw alternatywnych zmniejsza ślad węglowy cementu. Stopień zastosowania paliw alternatywnych różni się znacząco na obszarze Polski. Biorąc pod uwagę ilość ciepła produkowanego z paliw przy produkcji cementu, paliwa alternatywne to 39,4% całości energii.

Sumaryczna ilość klinkieru produkowanego w kraju w 2010 r. wyniosła 11 702,8 tys. ton. Zgodnie z deklaracją SPC rodzaje i ilości paliw przedstawiono w tablicy 2. Kaloryczność paliw dobrano za pomocą danych literaturowych (deklaracje producentów cementu z raportów środowiskowych) i statystycznych (np. Górzyński, NETCEN).

Tablica 2. Rodzaje paliw biorące udział w procesie produkcji klinkieru w Polsce

Rodzaj paliwa na wypał klinkieru	Zużycie energii GJ	Udział w produkcji %	GJ/tonę klinkieru	Współczynnik emisji Mg CO ₂ /GJ	Współczynnik emisji paliwowej Mg CO ₂ /tonę kl.
Węgiel+petcoke	26 002 859	60,3	2,22	0,095	0,21
oleje opałowe	63 378	0,15	0,0054	0,075	0,0004
oleje opałowe ciężkie	62 068	0,14	0,0053	0,078	0,0004
paliwa alternatywne/RDF	16 998 611	39,4	1,45	0,055	0,079
Suma	43 126 916	3,69	3,68		0,29

Ilość CO₂ wyliczonego zgodnie z MRV wynosiła w 2010 – 9 345 527,5 ton. W przeliczeniu na produkcję klinkieru to 0,798 Mg CO₂/tonę klinkieru. Współczynnik emisji paliwowej przeliczony zgodnie z tabelą 2 wynosi 0,29 Mg CO₂/tonę klinkieru. Współczynnik emisji procesowej wynosi 0,51 Mg CO₂/tonę klinkieru (wg Integrated Pollution and Control – IPCC).

Przemiał cementu

Klinkier jest mielony wraz z dodatkami. Zużycie energii na przemiał cementu wynosi średnio statystycznie 45,7 kWh/tonę. Całkowite zużycie energii elektrycznej w produkcji cementu wynosi 100,1 kWh/tonę. Emisyjność węgla produkcji energii elektrycznej w Polsce wynosi 0,812 g/kWh, czyli 226 g CO₂/MJ.

5 Fazy cyklu życia

Fazy cyklu życia brane pod uwagę w analizie (A1-A3) przedstawiono w tabelicy 3.

Tabela 3. Fazy cyklu życia wyrobu, faza wyrobu uwzględniona w analizie śladu węglowego (wg PN-EN 15804)

Cykl życia wyrobu/budynku „cradle to grave”													
Faza wyrobu			Faza wznoszenia		Faza użytkowania					Faza końca cyklu życia			
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4
Wydobycie i wytworzenie surowców	Transport	Produkcja wyrobu	Transport	Instalacja, wbudowanie	Użytkowanie	Konserwacja	Naprawa	Wymiana	Odnowienie	Rozbiórka / wyburzenie	Transport	Recykling / ponowne użycie	Składowanie
					B6 Zużycie energii								
					B7 Zużycie wody								

W analizie LCA wzięto pod uwagę fazę wyrobu (A1-A3 patrz tabela 3) i następujące procesy/moduły:

- A1 Wytwarzanie surowców: wydobycie paliw, wydobycie surowców, produkcja energii elektrycznej, produkcja paliw alternatywnych
- A2 Transport: transport surowców
- A3 Produkcję wyrobu: produkcja mączki surowcowej, zużycie paliw na wpał, zużycie energii elektrycznej na przemiał.

W tabelicy 4 przedstawiono wpływ poszczególnych elementów analizy na ślady węglowe CEM I, CEM II oraz CEM III.

Tabela 4. Elementy brane pod uwagę w analizie śladu węglowego cementów wraz z ich śladami węglowymi

Element składowy oceny	Ślad węglowy Mg CO ₂ /Mg lub MWh	Źródło	CEM I kg CO ₂ /kg	CEM II kg CO ₂ /kg	CEM III kg CO ₂ /kg
Produkcja surowców A1	–	ITB/CEMBUREAU	0,084	0,097	0,11
Klinkier	0,798	SPC stat.	0,73	0,55	0,39
Regulator wiązania	0,002	Ecoinvent	0,00014	0,00008	0,00008
Popiół	0,002	ITB	0,00	0,00022	0
Żużel	0,002	ITB	0,00	0,00016	0,00106
Kamień wapienny	0,028	Górzyński	0,00	0,0024	0
Składniki drugorzędne	0,01	ITB	0,00015	0,00001	0,00001
Przemiał	0,812	KOBIZE	0,037	0,037	0,037
Transport A2		NFOŚ/Eurostat	0,02	0,03	0,04
Suma			0,875	0,715	0,578

6 Wyniki analizy – ślady węglowe cementów

Ślady węglowe cementów CEM I, CEM II i CEM III produkowanych w Polsce wyznaczone za pomocą metody LCA i normy ISO 14067 *Carbon Footprint of Products Requirements and Guidelines for Quantification and Commun/caf/on* wynoszą:

- CEM I 0,875 kg CO₂/kg wyrobu
- CEM II 0,715 kg CO₂/kg wyrobu
- CEM III 0,578 kg CO₂/kg wyrobu.

7 Informacje dodatkowe

Przedstawiona analiza śladu węglowego cementów CEM I–III produkowanych w Polsce dostarcza informacji dotyczących procesu produkcji cementu – fazy wyrobu wg PN-EN 15804:2012. Informacja ta może zostać wykorzystana jako element przygotowania oceny dla specyficznego zastosowania cementu

w odniesieniu do jego całego cyklu życia w budynku. Produkcja cementu objęta jest krajowymi i europejskimi przepisami, które regulują efekty oddziaływania na środowisko, takie jak wydobycie surowców naturalnych, rekultywacja kopalni, odzysk energii i materiałów z odpadów, emisję hałasu, pyłów i innych substancji niebezpiecznych (NO_x , SO_2 , metale ciężkie itd.).

Ślad węglowy dla klinkieru liczony zgodnie z wytycznymi IPCC (MRV) jest teoretycznie niższy od śladu węglowego liczonego zgodnie z ISO 14067, ponieważ uwzględnia tylko emisje paliwowe i emisje procesowe, bez uwzględniania śladów węglowych surowców, ich wydobycia i transportu.

Cement CEM I÷III uwzględniony do obliczeń w deklaracji zgodny jest z wymaganiami zharmonizowanej normy europejskiej EN 197-1. Zharmonizowana norma europejska określa istotne kryteria zawarte w Rozporządzeniu nr 305/2011 CPR zastępującym Dyrektywę Budowlaną, w tym łącznie z wymaganiami dotyczącymi higieny, zdrowia i środowiska w cyklu życia. Wykorzystanie cementu w betonie musi być również zgodne z warunkami określonymi w krajowych i/lub europejskich standardach, które również dotyczą substancji w produktach budowlanych.

Informacja dotycząca śladu węglowego może odgrywać ważną rolę jako narzędzie komunikacji w ramach Zintegrowanej Polityki Środowiskowej KE.

WERYFIKACJA

Ocenę wykonał Instytut Techniki Budowlanej (www.itb.pl) zgodnie z EN 15804, ISO 14067

Weryfikacja wewnętrzna zgodna z ISO 14025 § 8.3.1.

Weryfikacja metody LCA w zakresie A1-A3: UEAtc LCA Expert Group, www.ueatc.com

Odpowiedzialny za jakość obliczeń LCA i deklarację: dr inż. Michał Piasecki, m.piasecki@itb.pl

Weryfikacja obliczeń i raportu LCA: dr inż. Halina Prejzner, h.prejzner@itb.pl

ITB jest członkiem ECO-PLATFORM – stowarzyszenia podmiotów wykonujących deklaracje środowiskowe EPD w Europie.

8 Normy przywołane

PN-EN ISO 14025:2010	Etykiety i deklaracje środowiskowe – Deklaracje środowiskowe III typu – zasady i procedury
PN EN ISO 14040:2009	Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – zasady i struktura
PN-EN ISO 14044:2009	Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – wymagania i wytyczne
ISO 14067	Carbon Footprint of Products. Requirements and Guidelines for Quantification and Communication
PN-EN 15804:2012	Zrównoważoność obiektów budowlanych – Deklaracje środowiskowe wyrobów – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych
WBCSD	www.wbcscement.org – PCR – dla przygotowania deklaracji środowiskowej produktu dla grupy cement