

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 11

Zrównoważony rozwój stali nierdzewnych

Definicje

- **Emisja gazów cieplarnianych (GHG):** tona CO₂ / tona stali ⁽¹⁾
- **Współczynnik ocieplenia globalnego (GWP) brak jednostki:** Wskaźnik określający zdolność różnych gazów cieplarnianych (GHG) do magazynowania ciepła w atmosferze w porównaniu do oddziaływania dwutlenku węgla (CO₂)⁽⁷⁾. Dla przykładu, współczynnik GWP metanu wynosi 28 w okresie 100 lat. Przykładowo wskaźnik GWP dla metanu wynosi 21. Głównym gazem cieplarnianym emitowanym w hutnictwie jest CO₂.
- **Zużycie Energii Pierwotnej (GJ/T) GWP zwane także Intensywnością Energetyczną:** Zużycie energii niezbędnej do wyprodukowania 1 tony materiału (np. stali). ⁽¹⁾
- **Całkowite zapotrzebowanie na energię (GER):** Całkowita ilość energii wymagana dla produktu. ⁽⁸⁾
- **Wydajność materiałowa:** Mierzy ilość materiału, która nie została przeznaczona do utylizacji, składowania lub spalania w stosunku do wielkości produkcji stali surowej. ⁽¹⁾

Definicje

- **Inwentaryzacja cyklu życia (LCI):** Uporządkowana, kompleksowa i znormalizowana międzynarodowo metoda. Wylicza całość emisji oraz zużycie zasobów związanych z cyklem życia produktu, a także wynikające z tego skutki dla środowiska i zdrowia oraz kwestie wyczerpywania zasobów. ⁽³⁾
- **Koszt cyklu życia (LCC):** Narzędzie do łącznej oceny kosztów cyklu życia produktu, w tym kosztów nabycia, eksploatacji, konserwacji i utylizacji. ⁽⁴⁾
- **Ocena cyklu życia (LCA)** Narzędzie wspomagające określenie i ocenę obciążeń środowiskowych oraz zbadanie wpływu wytwarzania produktów i działań z nim związanych od wydobycia surowców do końca okresu eksploatacji produktu i utylizacji odpadów. Narzędzie to jest coraz częściej stosowane przez przemysł, władze i organizacje ekologiczne do pomocy w podejmowaniu decyzji dotyczących strategii środowiskowych i doboru materiałów.

Definicje

Wskaźniki bezpieczeństwa:

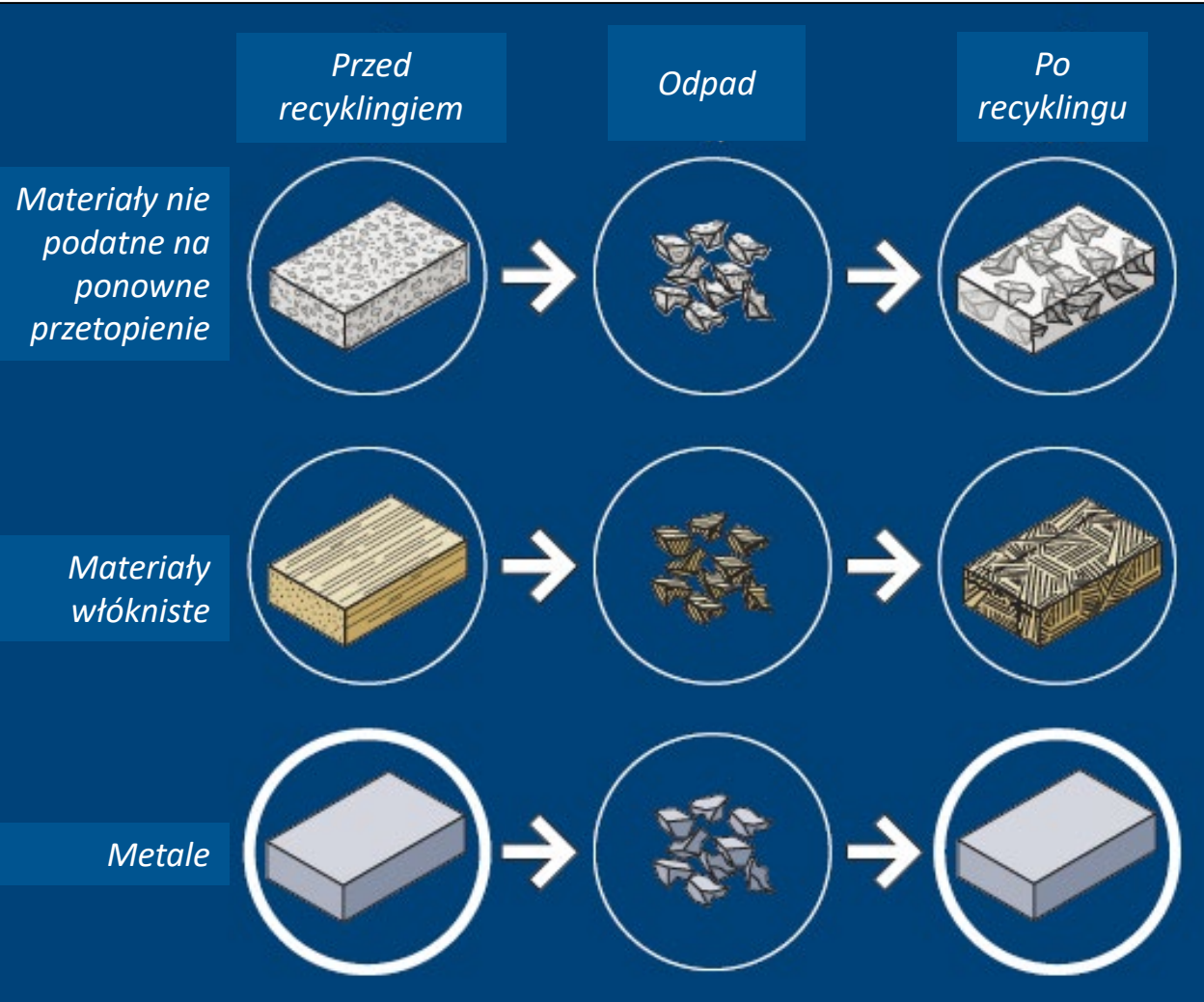
- **Wskaźnik częstotliwości wypadków:** Wskaźnik częstotliwości wypadków powodujących przerwy w pracy to liczba wypadków na 1 000 000 godzin pracy. ⁽¹⁾

Wskaźniki recyklingu:

- **Wskaźnik recyklingu:** Ilość materiału, która na koniec eksploatacji zostaje zebrana i wprowadzona ponownie do cyklu recyklingu (w przeciwieństwie do metalu, który pozostaje składowany). ⁽⁵⁾
- **Zawartość materiałów przeznaczonych do recyklingu:** Stosunek masy materiałów pochodzących z recyklingu po użytkowaniu i przed użytkowaniem w danym produkcie. ⁽⁶⁾
- **Ilość odpadów stałych (SWB):** Odpady górnicze, odpady przeróbcze, żużel i popioły z elektrowni.

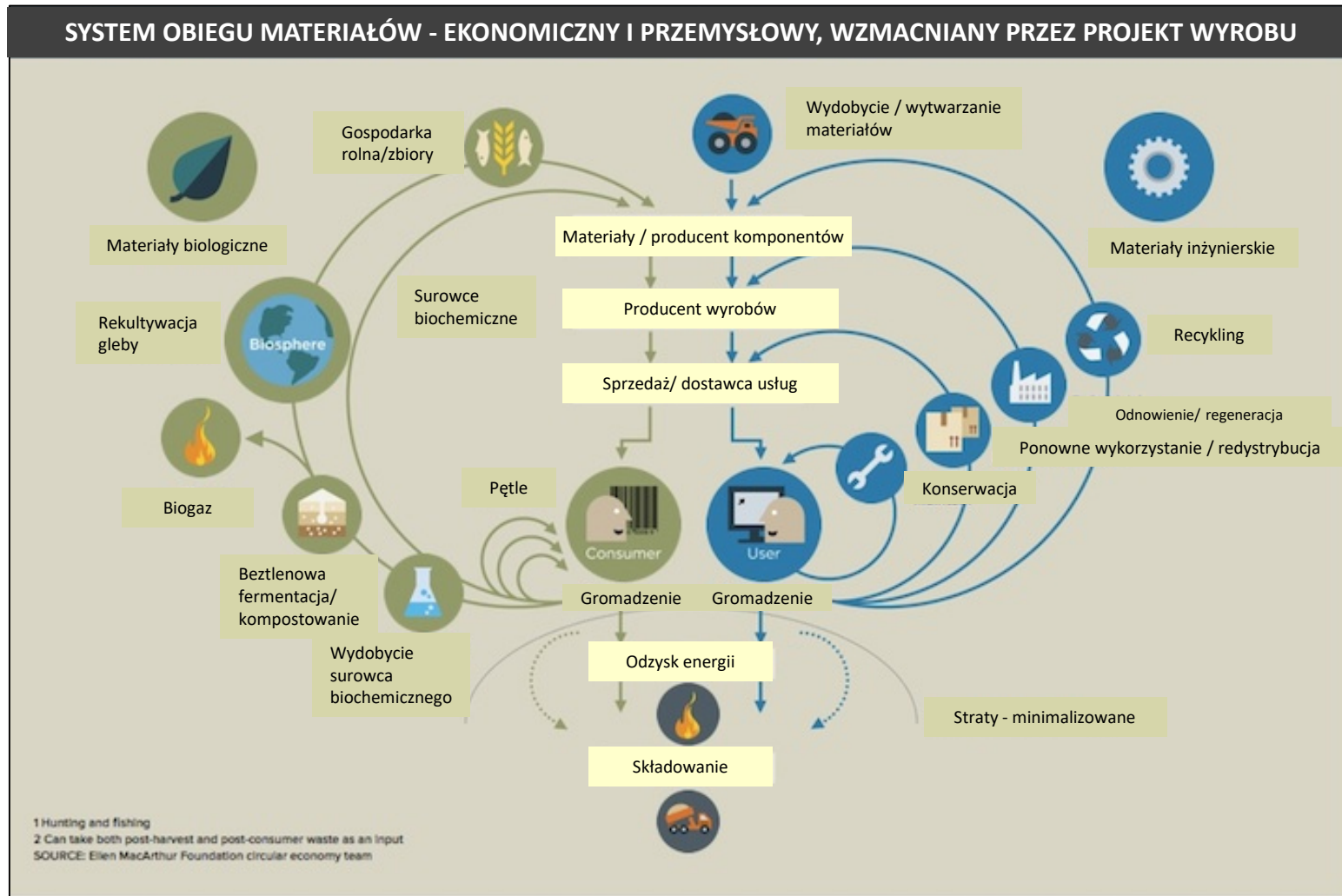
Uwagi na temat wskaźników:

Wskaźniki recyklingu nie uwzględniają «downcyclingu».



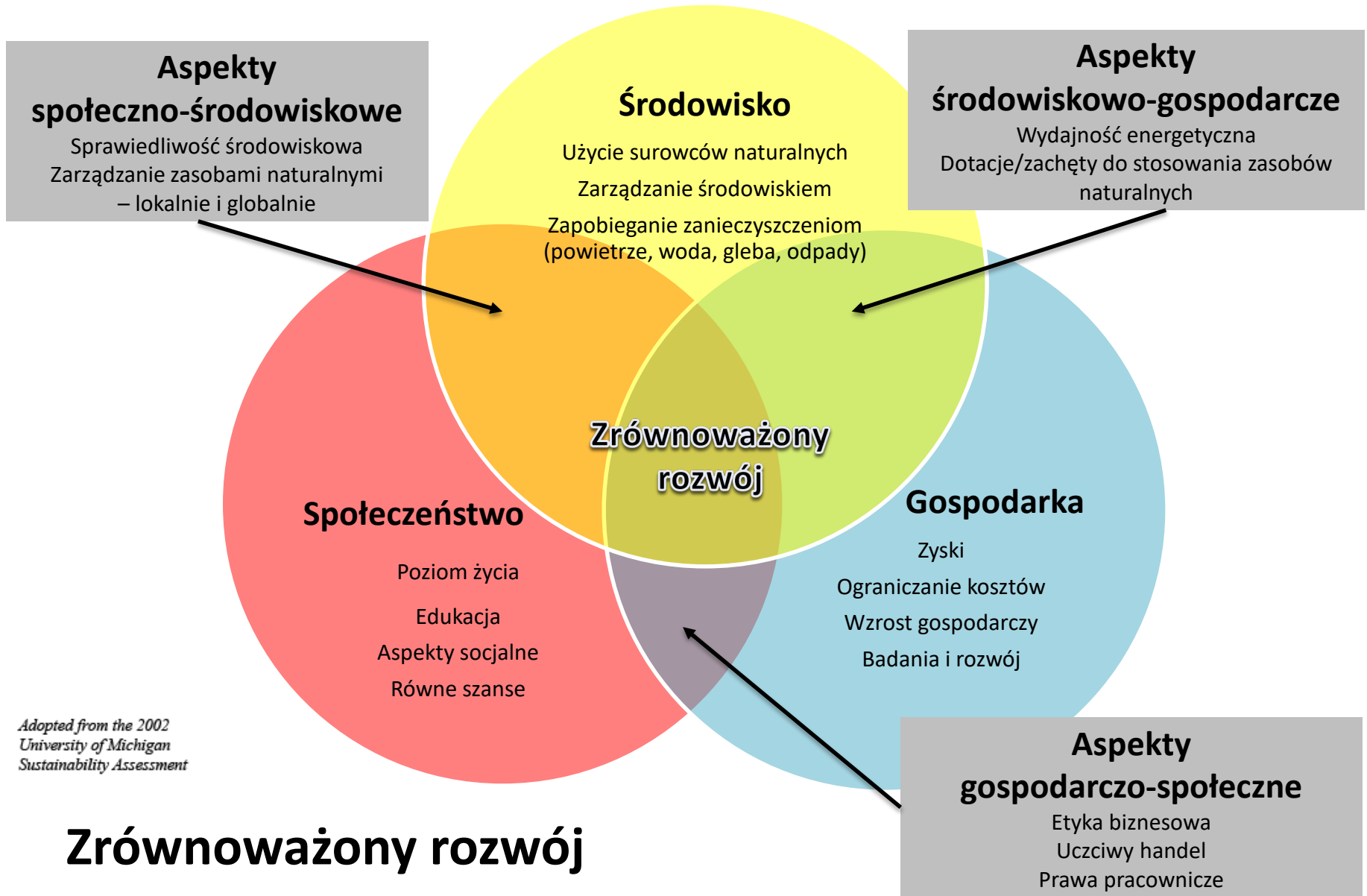
Metale mogą być poddane recyklingowi, bez utraty jakości. Ponieważ wiązania metalowe zostaną przywrócone po ponownym stopieniu, metale wciąż odzyskują swoje pierwotne właściwości użytkowe, nawet po wielu pętlach recyklingu. To pozwala na ich wielokrotne wykorzystanie do tego samego zastosowania. Natomiast charakterystyka właściwości użytkowych większości materiałów niemetalowych pogarsza się po recyklingu . (45)

Downcycling jest lepszy niż odpad, lecz wciąż daleko od Ekonomii Cyrkularnej ^(46,47)



Zbieranie złomu do produkcji nowych wyrobów metalowych ma najkrótszą pętlę

Ekonomia Cyrkularna dotyczy zamykania pętli zasobów, naśladowanie naturalnych ekosystemów w sposobie zorganizowania naszego społeczeństwa i przedsiębiorstw.



Zrównoważony rozwój

“Zrównoważony rozwój obejmuje cały cykl wytwarzania produktu, od pozyskiwania surowców, przez planowanie, projektowanie, budowę i użytkowanie, do końcowej rozbiórki i zarządzania odpadami” (Rossi, B. 2012) ⁹

Zrównoważony rozwój w kontekście stali nierdzewnych:

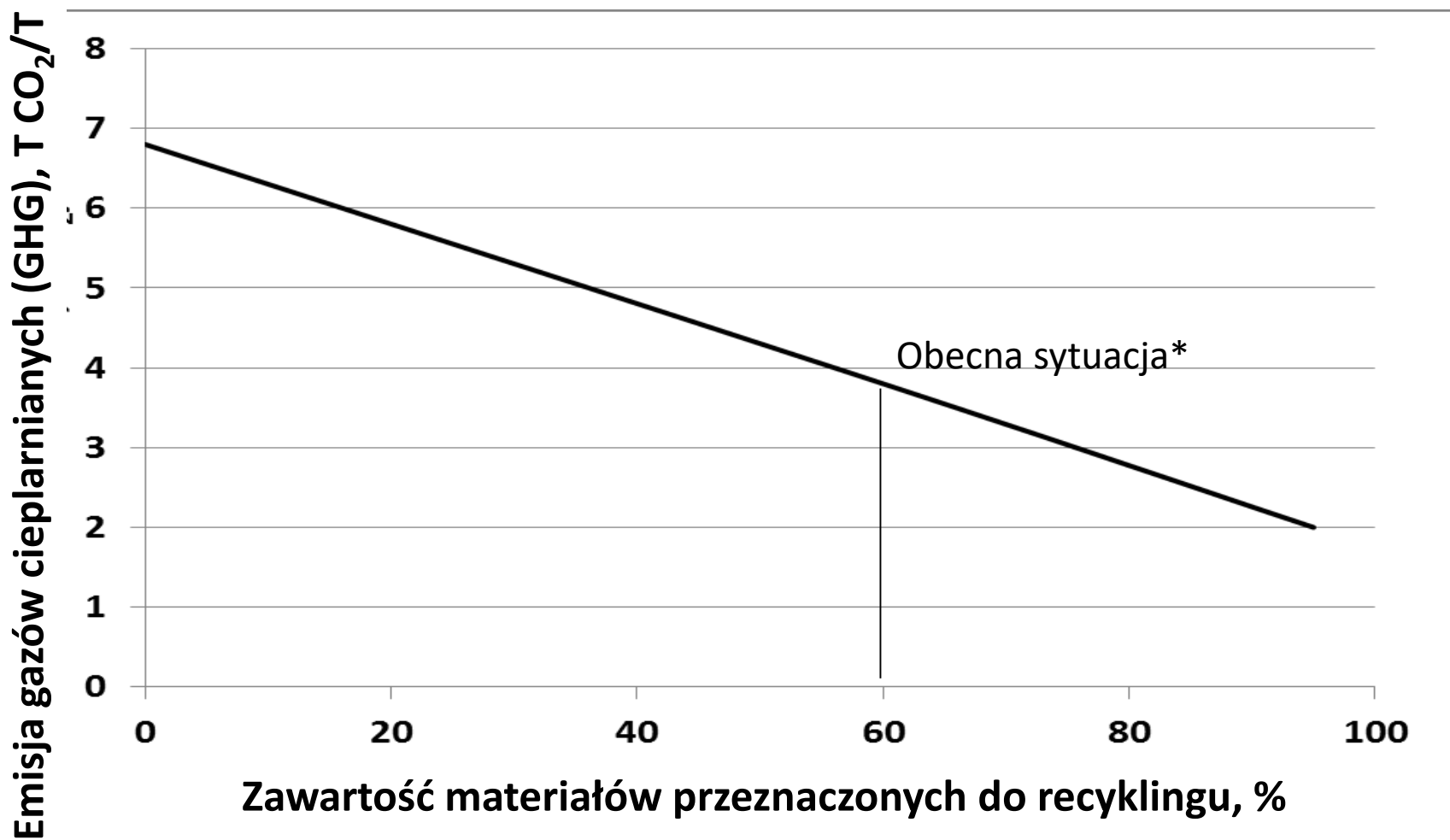
1. Aspekty środowiskowe
2. Aspekty społeczne
3. Aspekty gospodarcze

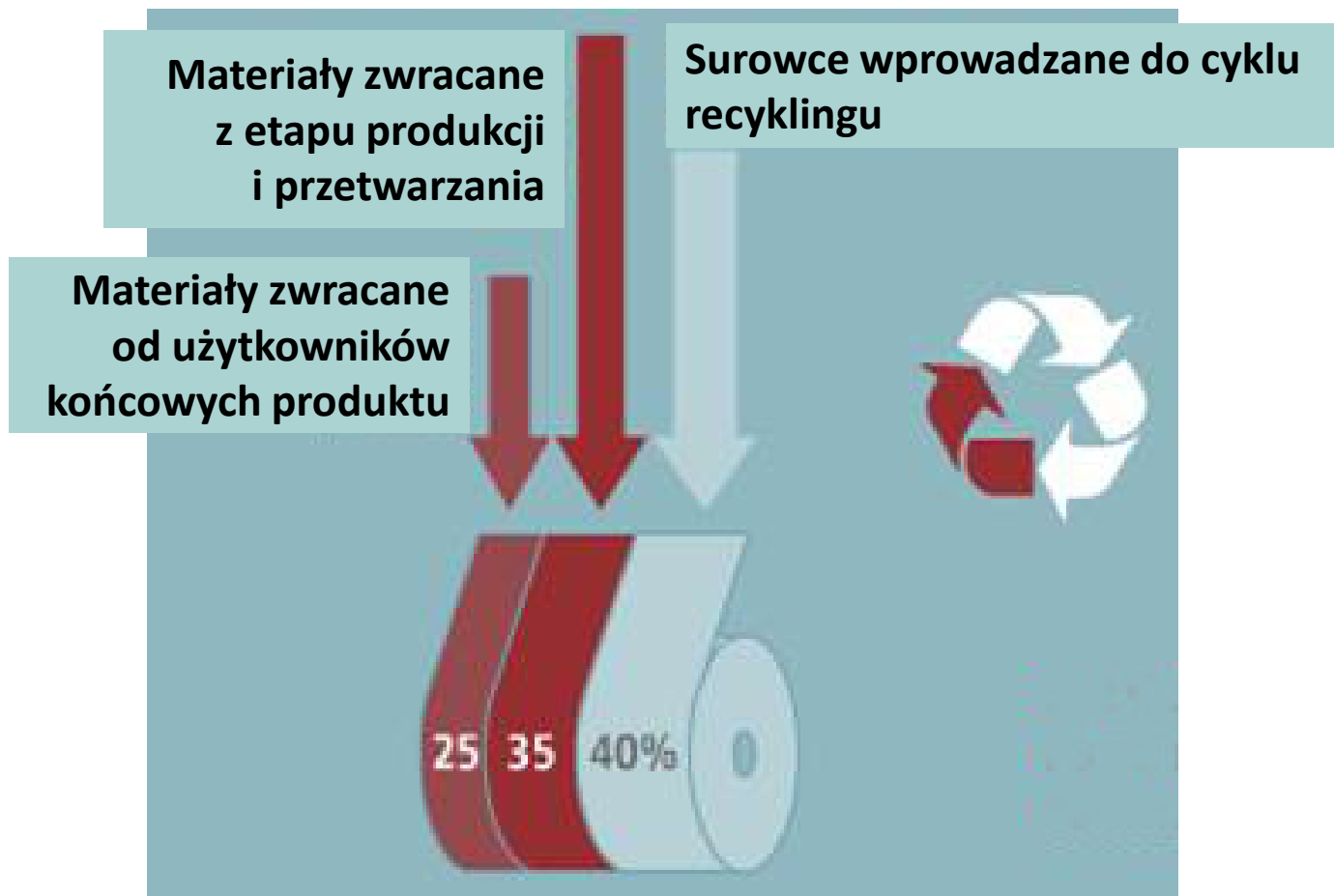
1. Aspekty środowiskowe

Produkcja ⇒ Użytkowanie ⇒ Recycling



Emisja gazów cieplarnianych (GHG) a zawartość materiałów przeznaczonych do recyklingu ^{11, 12, 13, 14}

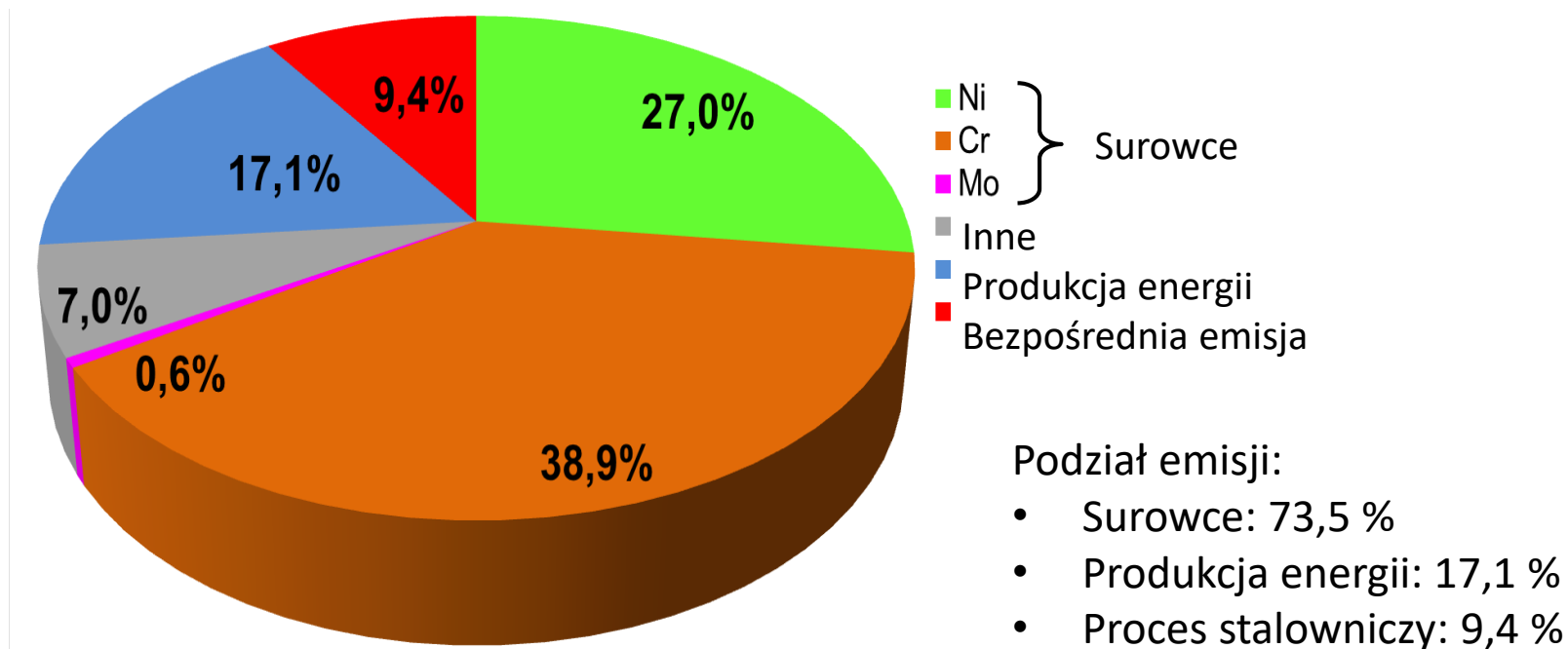




Zawartość materiałów pochodzących z recyklingu w stalach nierdzewnych

Emisja gazów cieplarnianych (GHG) dla stali nierdzewnych ⁽¹⁵⁾

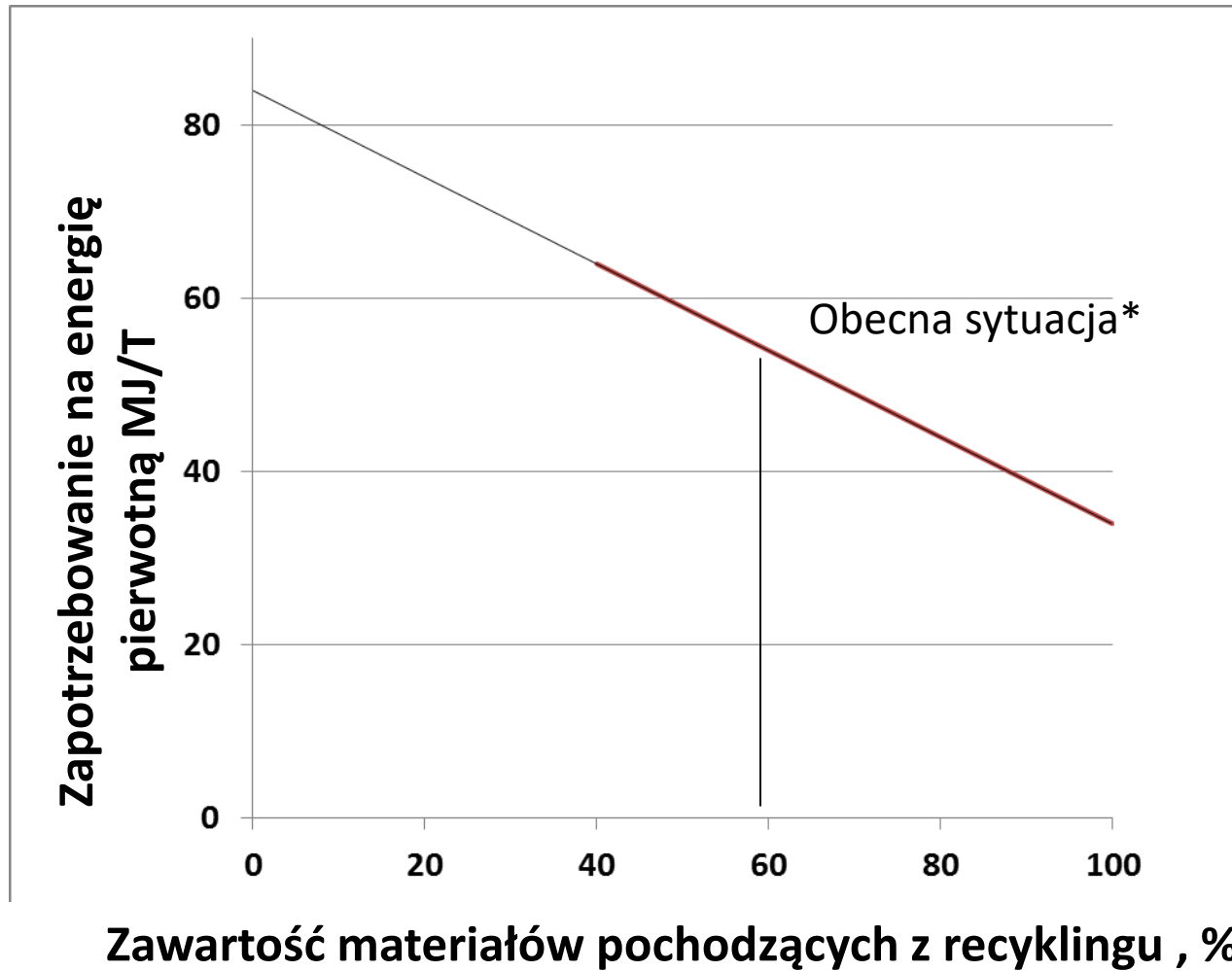
3,81 tony CO₂/ tonę stali nierdzewnej ⁽¹⁶⁾



Uwaga: Wykres nie uwzględnia niklu wytwarzanego z rud (Nickel Pig Iron), dla którego uważa się, że wartość niklu jest 3 razy wyższa. Chiny są obecnie jedynym krajem pozyskującym nikiel przez wydobycie rud metali – produkcja surówki hutniczej (NPI).

(17)

Zapotrzebowanie na energię pierwotną ¹⁸



* Zawartość materiałów pochodzących z recyklingu jest ograniczona przez dostępność złomu

Oddziaływanie na środowisko przy wytwarzaniu metali “od kołyski aż po grób” ¹⁹

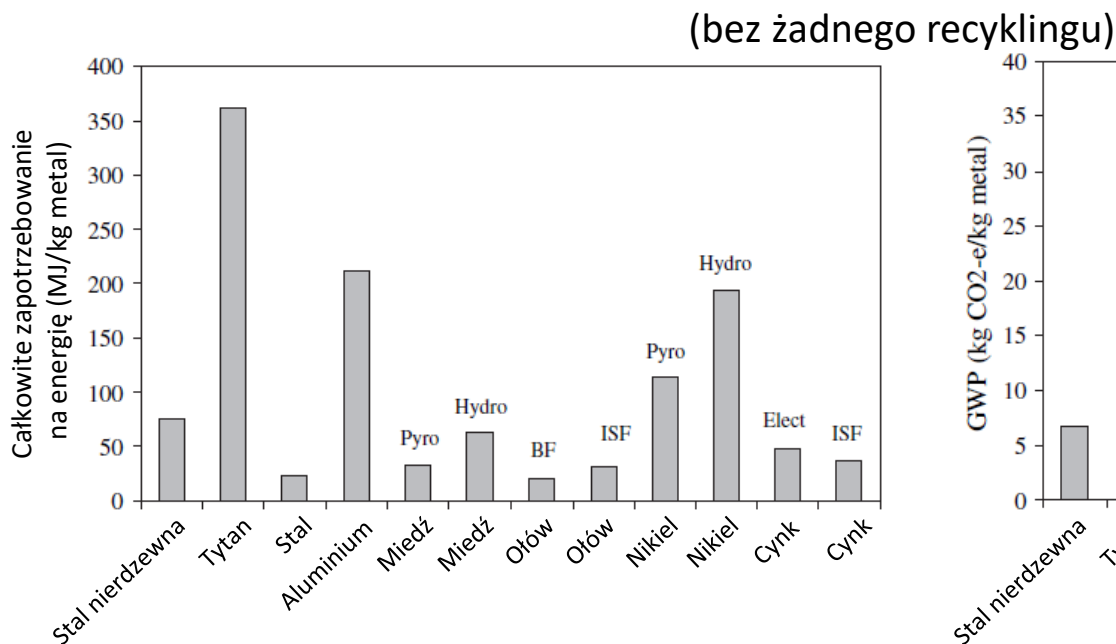
Metal	Proces	GER (MJ/kg)	GWP (kg CO _{2e} /kg)	AP (kg SO _{2e} /kg)	SWB (kg/kg)
Stal nierdzewna	Elektryczny piec łukowy i odwęglanie argonowo- tlenowe (AOD)	75	6,8	0,051	6,4
Stal	Zintegrowany proces (wielki piec i zasadowy konwertor tlenowy)	23	2,3	0,020	2,4
Aluminium	Proces rafinacji Bayera , Wytapianie metodą Halla-Heroult	361	35,7	0,230	16,9
Miedź	Wytapianie/proces konwertorowy i elektrorafinacja	33	3,3	0,040	64
	Ługowanie zwałów rudy i elektrorafinacji SX/EW	64	6,2	-	125

GER: Całkowite zapotrzebowanie na energię
Potencjał AP: Potencjał zakwaszenia

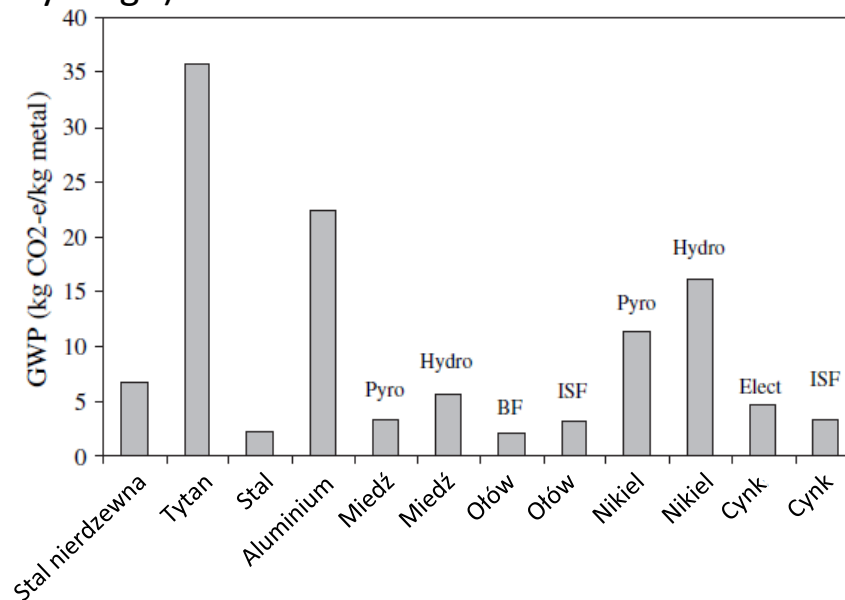
GWP: Współczynnik ocieplenia globalnego
SWB: Ilość odpadów stałych

Oddziaływanie na środowisko przy wytwarzaniu metali “od kołyski aż po grób”²⁰

Całkowite zapotrzebowanie na energię przy wytwarzaniu różnych metali



Współczynnik ocieplenia globalnego GWP przy wytwarzaniu różnych metali



Materiały są stosowane w tej samej ilości dla podobnych funkcji lub usług ²¹

Przykład:

Orientacyjny potencjał oddziaływania na środowisko dla 3 różnych wykończeń powierzchni ścian.

Materiał	PED (MJ/m ²)	GWP (Kg CO ₂ -eq. /m ²)	Koniec okresu życia
Wysokociśnieniowy laminat dekoracyjny, np. Trespa®	759,3	23,9	50% ponowne użycie + 50% składowanie odpadów
Tynk strukturalny	144,2	12,7	Brak recyklingu
Stal nierdzewna 0,5mm	140,5	7,2	Recykling zasobów = 95%
Stal nierdzewna 0,8 mm	191,7	11,3	Recykling zasobów = 95%

PED: Zapotrzebowanie na energię pierwotną

GWP: Współczynnik ocieplenia globalnego

Wydajność materiałowa



Ograniczenie:

ilości surowców potrzebnych do produkcji stali nierdzewnej (40%), co za tym idzie zmniejszenie emisji CO₂.

Ponowne użycie:

Trwałość stali nierdzewnej sprawia, że ich ponowne użycie jest bardzo ważne.

Przykłady: butelki, kubki, miseczki, rurki..





Przykład: ponowne użycie ²²

Panele ścienne ze stali nierdzewnej stały się brudne i porysowane po około 50 latach użytkowania. Podczas remontu holu, 50-letnie panele ze stali nierdzewnej zostały zdjęte, oczyszczone, na nowo wykończone i użyte ponownie.

Wydajność materiałowa



Recykling:

Stal nierdzewna w 100% nadaje się do ponownego użycia, cały zebrany złom (82%) jest ponownie wykorzystywany.

Produkcja bezodpadowa stali nierdzewnych ⇒ żużel i pyły są głównymi produktami ubocznymi procesu stalowniczego. Na przykład: żużel może być ponownie wykorzystany w produkcji asfaltu do budowy dróg.

Stale nierdzewne po zakończeniu użytkowania produktów w znacznym stopniu trafiają do ponownego użycia ^{23, 24, 25}

Główny sektor zastosowań	Zastosowanie wykończonych stali nierdzewnych w produkcji	Średni okres życia (w latach)	Składowanie odpadków	Zebrane do recyklingu	
				Całość	Stal nierdzewna
Budownictwo	16%	50	8%	92%	95%
Transport	21%	14	13%	87%	85%
Maszyny przemysłowe	31%	25	8%	92%	95%
Urządzenia domowe	6%	15	18%	82%	95%
Elektronika	6%	-	40%	60%	95%
Wyroby metalowe	20%	15	40%	60%	80%
Całość	100%	22	18%	82%	90%

Zbieranie złomu i jego sortowanie polepsza się dzięki rozwojowi stosowanych procesów oraz rentgenowskiej analizie fluorescencyjnej materiałów na bieżąco (on-line)
Projekt architektoniczny może mieć duży wpływ na stopień recyklingu

LEED* i dane LCI dla stali nierdzewnych

- U.S. Green Building Council wydało “*Leadership in Energy and Environmental Design” wersja 4 (LEED v4) w 2013
 - Nowa wersja zawiera zmiany korzystne dla stali nierdzewnych:
 - Większy nacisk na żywotność
 - Zaostrzone wymagania dotyczące emisji VOC ** (problem dla niektórych materiałów, takich jak tworzywa sztuczne)
- U.S. General Services Administration (zarządza amerykańskimi budynkami rządowymi i własnościami) niedawno zatwierdziła stosowanie LEED
 - Stanowe i lokalne urzędy coraz częściej wymagają LEED lub podobnego certyfikatu dla nowych budynków lub wykonywanych modyfikacji

** VOC: Lotne związki organiczne: dla stali nierdzewnej bardzo mała emisja w trakcie przetwarzania i produkcji (brak dostępnych danych) i żadnego podczas użytkowania



Proekologiczny budynek wykorzystujący stale nierdzewne - The David L. Lawrence Convention Center, Pittsburgh (2003) ²⁶

Pokrycie dachowe ze stali nierdzewnej:

- Stal nierdzewna S30400,
- Wymiary: 280 × 96 m,
- Pokrywa powierzchnię 23 000 m², grubość blachy 0,6 mm o wadze ok. 136 ton.

Proekologiczny budynek z użyciem stali nierdzewnych: złoty poziom certyfikacji LEED

Złoty poziom certyfikacji **LEED** (Leadership in Energy and Environment Design) uwzględnia:

- rekultywację obszarów przemysłowych w centrum,
- dostosowanie do alternatywnego transportu,
- zmniejszone zużycie wody,
- wydajną charakterystykę energetyczną,
- zastosowanie materiałów nie emitujących toksyn lub emitujących ich niewielkie ilości,
- innowacyjny projekt.



Proekologiczne budownictwo lądowe i wodne z użyciem stali nierdzewnych Molo w Progreso ²⁷

W Progreso, Meksyk, wybudowano molo w 1970 roku. Środowisko morskie spowodowało korozję stalowych prętów zbrojeniowych, w efekcie czego molo uległo zniszczeniu.



Proekologiczne budownictwo lądowe i wodne z użyciem stali nierdzewnych **Molo w Progreso**

Kolejne molo zbudowano w sąsiedztwie w latach 1937 – 1941 z zastosowaniem zbrojenia ze stali nierdzewnej.



Proekologiczne budownictwo lądowe i wodne z użyciem stali nierdzewnych **Molo w Progreso**

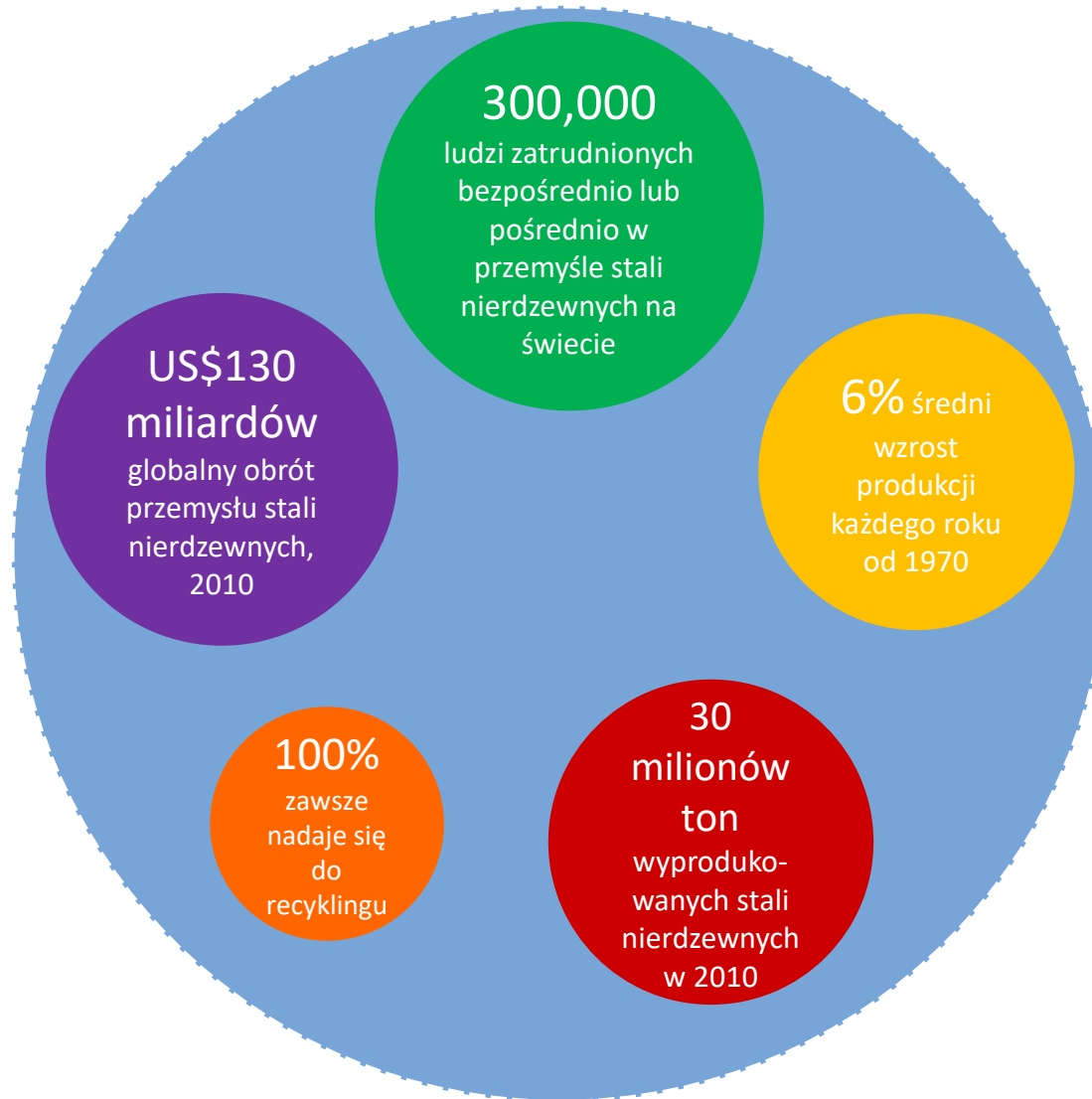
Od tego czasu nie wymaga ono konserwacji i wciąż pozostaje w idealnym stanie.

2. Aspekty społeczne

Zrównoważony materiał nie szkodzi ludziom, którzy go produkują ani ludziom w trakcie jego użytkowania, recyklingu i utylizacji.

- Stal nierdzewna nie jest szkodliwa zarówno podczas jej wytwarzania jak i użytkowania. Z tego powodu jest podstawowym materiałem dla zastosowań medycznych, w przemyśle spożywczym, przetwórstwie, sprzęcie domowym oraz meblach dla gastronomii.
- Bezpieczne, bezwypadkowe i zdrowe miejsce pracy osób zatrudnionych jest priorytetem dla przemysłu stali nierdzewnych.
- Stal nierdzewna polepsza także jakość życia umożliwiając postęp techniczny. Na przykład instalacje, które dostarczają czystą wodę pitną, żywność i leki nie byłyby tak higieniczne i efektywne, gdyby nie były wykonane ze stali nierdzewnych.

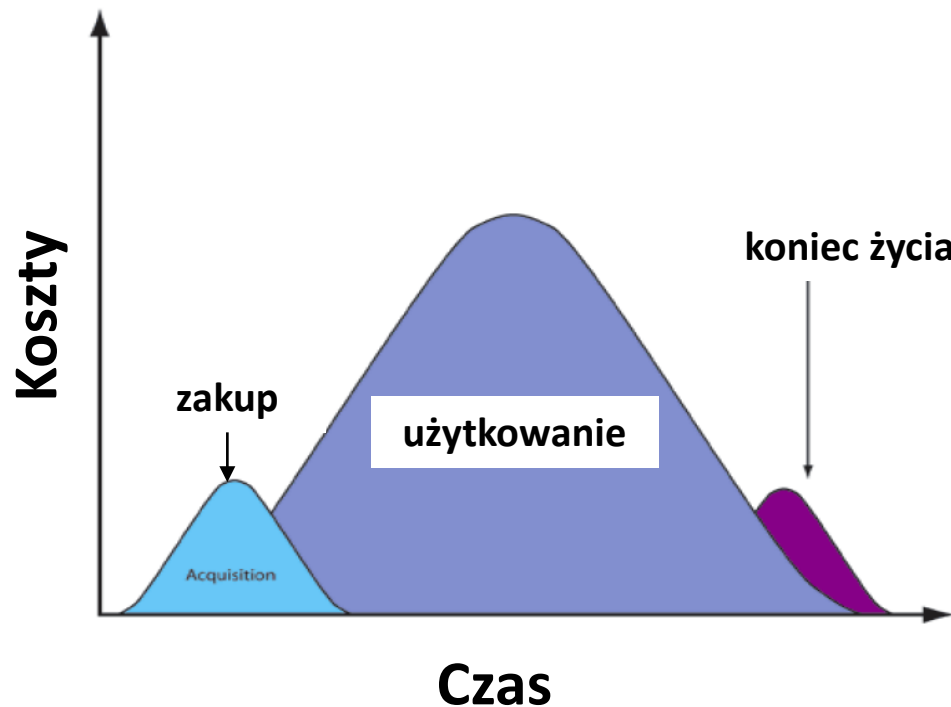
3. Aspekty gospodarcze



Koszt cyklu życia (LCC) ³⁰

- LCC analizuje koszty aktywów w całym ich cyklu życia, przy spełnieniu wymogów (ISO 15686-5).
- LCC jest sumą wszystkich kosztów związanych z produktem poniesionych w cyklu jego życia:

koncepcja ⇒ budowa ⇒ użytkowanie ⇒ koniec życia produktu



Source: Methodology of life cycle costing, European commission

Analiza kosztu życia produktu (LCC)

Analiza LCC to matematyczna procedura wspomagająca decyzje inwestycyjne i/lub porównywanie różnych opcji inwestycji.

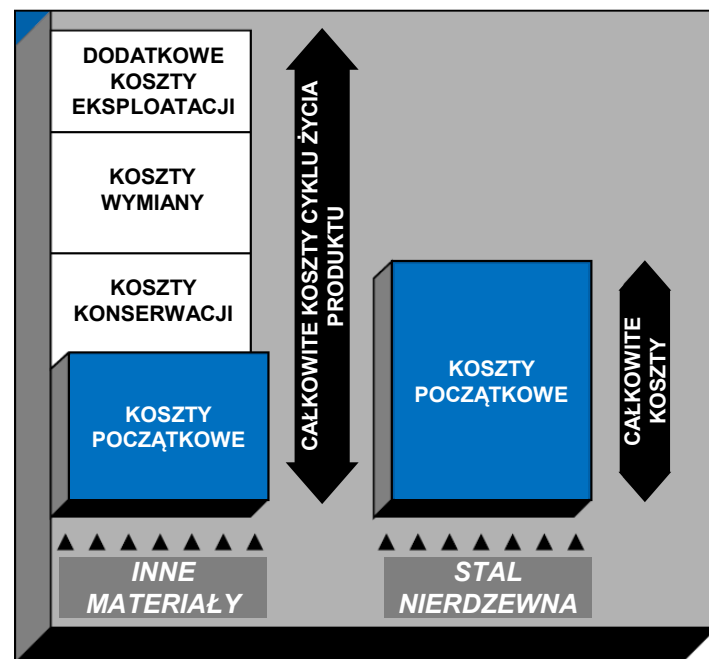
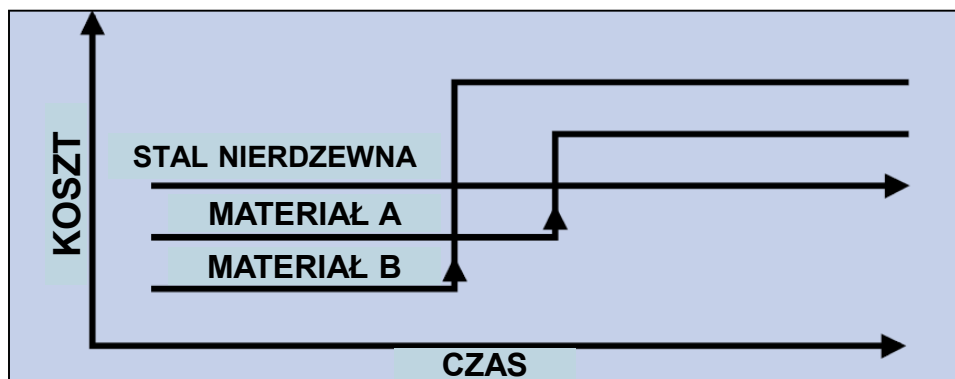
Wszystkie koszty przy obecnej wartości przed dodaniem:

<i>Całkowity koszt cyklu życia (LCC)</i>	<i>Koszty zakupu materiałów wejściowych (AC)</i>	<i>Koszty instalacji materiałów wejściowych i wytwarzania (IC)</i>	<i>Koszty eksploatacji i konserwacji (OC)</i>	<i>Koszty strat w produkcji w czasie przestoju (LP)</i>	<i>Koszty wymiany materiałów (RC)</i>
LCC	AC	IC	$\sum_{n=1}^N \frac{OC}{(1+i)^n}$	$\sum_{n=1}^N \frac{LP}{(1+i)^n}$	$\sum_{n=1}^N \frac{RC}{(1+i)^n}$

gdzie, N = zakładany czas życia, i = realna stopa procentowa, n = rok danego wydarzenia

Stal nierdzewna nie jest droga, jeżeli uwzględnisz łączne koszty cyklu życia produktu³¹

Koszty innych materiałów znacząco wzrastają z upływem czasu, podczas gdy koszty stali nierdzewnych pozostają stałe.

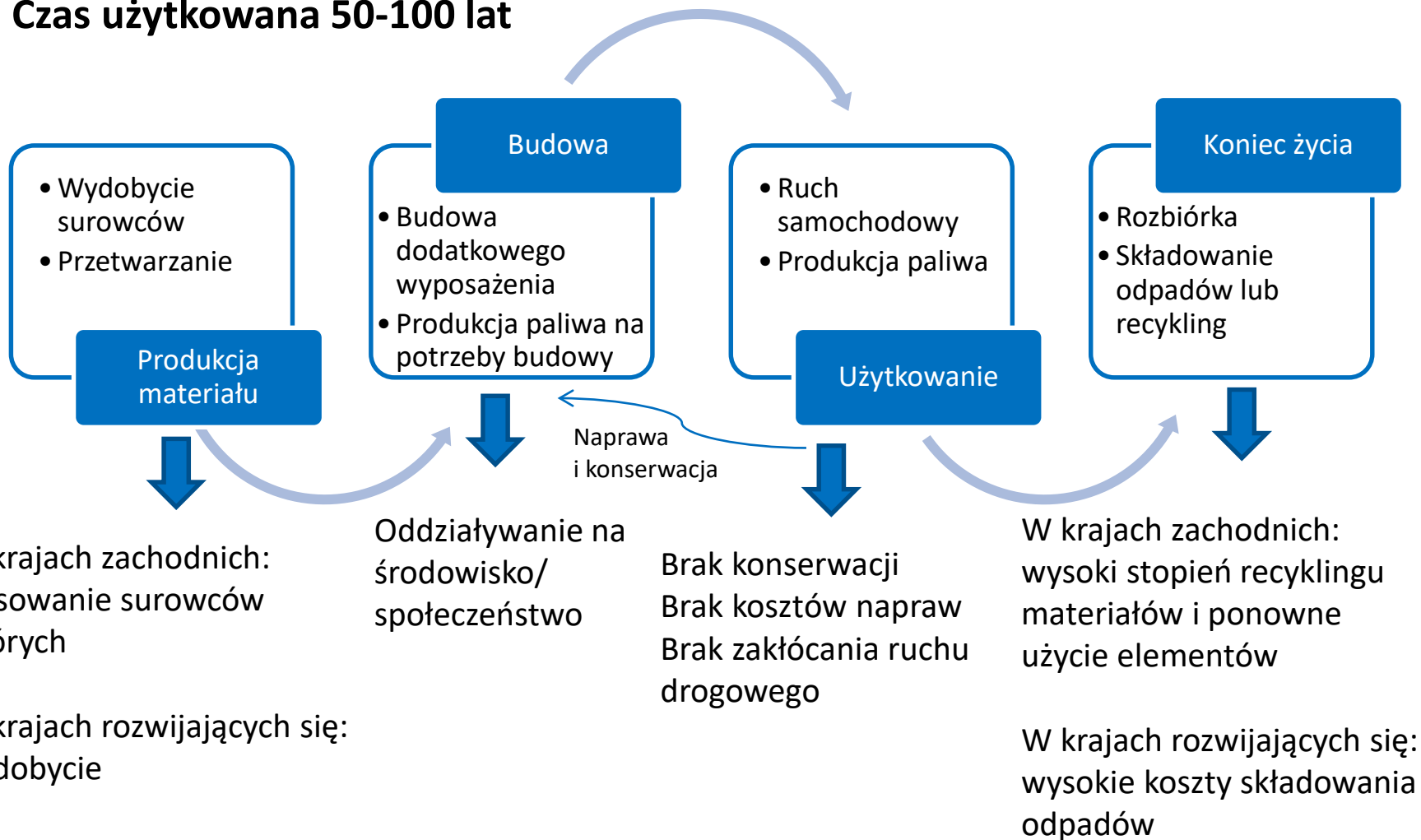


„Koszty korozji metali w USA wynoszą rocznie ponad 300 miliardów \$. Szacuje się, że około jednej trzeciej tych kosztów (100 miliardów \$) można uniknąć przez zastosowanie lepszych technologii. Poczynając od projektu, przez dobór odpornych na korozję materiałów takich jak stal nierdzewna, po zastosowanie metody analizy kosztu cyklu życia (LCC) w celu oszacowania początkowych i przyszłych kosztów włączając konserwację.”

Przykład analizy LCC: Mosty

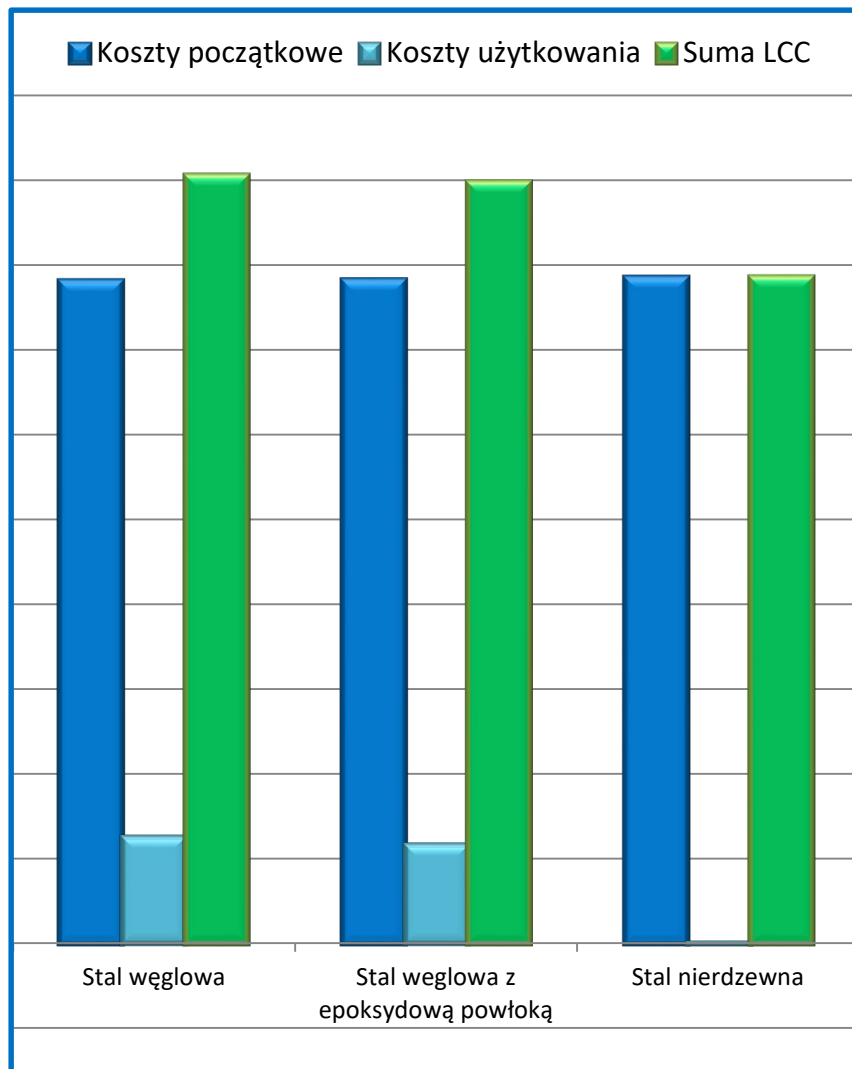
Przykład mostu ze stali nierdzewnej i fazy jego eksploatacji oraz wpływ na środowisko w różnych lokalizacjach na świecie

Czas użytkowana 50-100 lat



Przykład analizy LCC: Mosty

Podsumowanie kosztu cyklu życia mostu autostradowego na rzece ³²



Opis	Stal węglowa	Stal węglowa z epoksydową powłoką malarską	Stal nierdzewna
Koszt metalu	8,197	31,420	88,646
Koszty wytwarzania	0	0	0
Inne koszty instalacji	15,611,354	15,611,345	15,611,354
Koszty początkowe	15,619,551	15,642,774	15,700,000
Konserwacja	0	0	0
Wymiana	256,239	76,872	-141
Straty produkcji	2,218,524	2,218,524	0
Związane z materiałem	0	0	0
Koszty użytkowania	2,247,763	2,295,396	-141
Suma LCC	18,094,314	17,937,170	15,699,859

Przykład analizy LCC: Pokrycie dachowe

Analiza kosztu życia dla dachu ^{33, 34, 35}



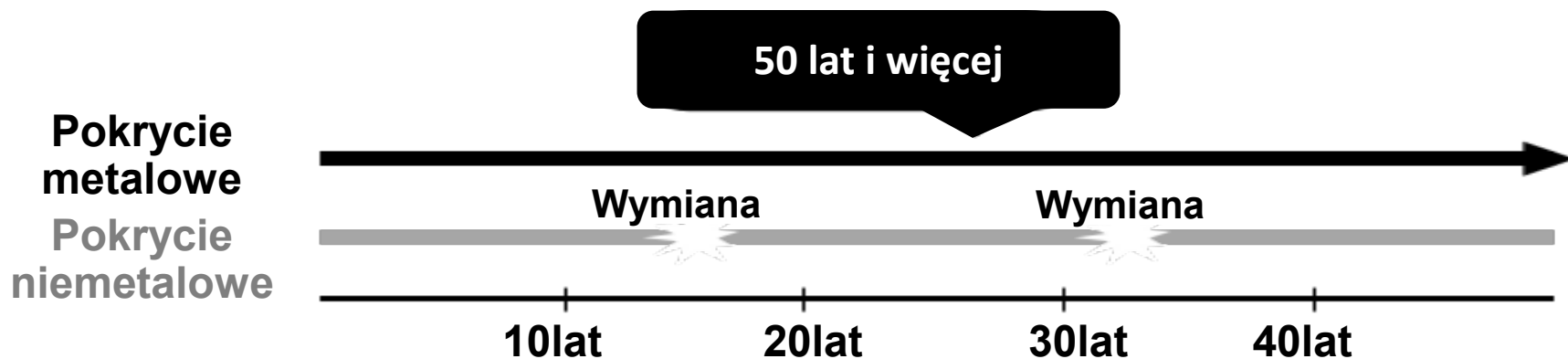
Konwencjonalny system pokrycia dachowego, ~30 lat



Metalowe pokrycie dachowe, 40-50 lat

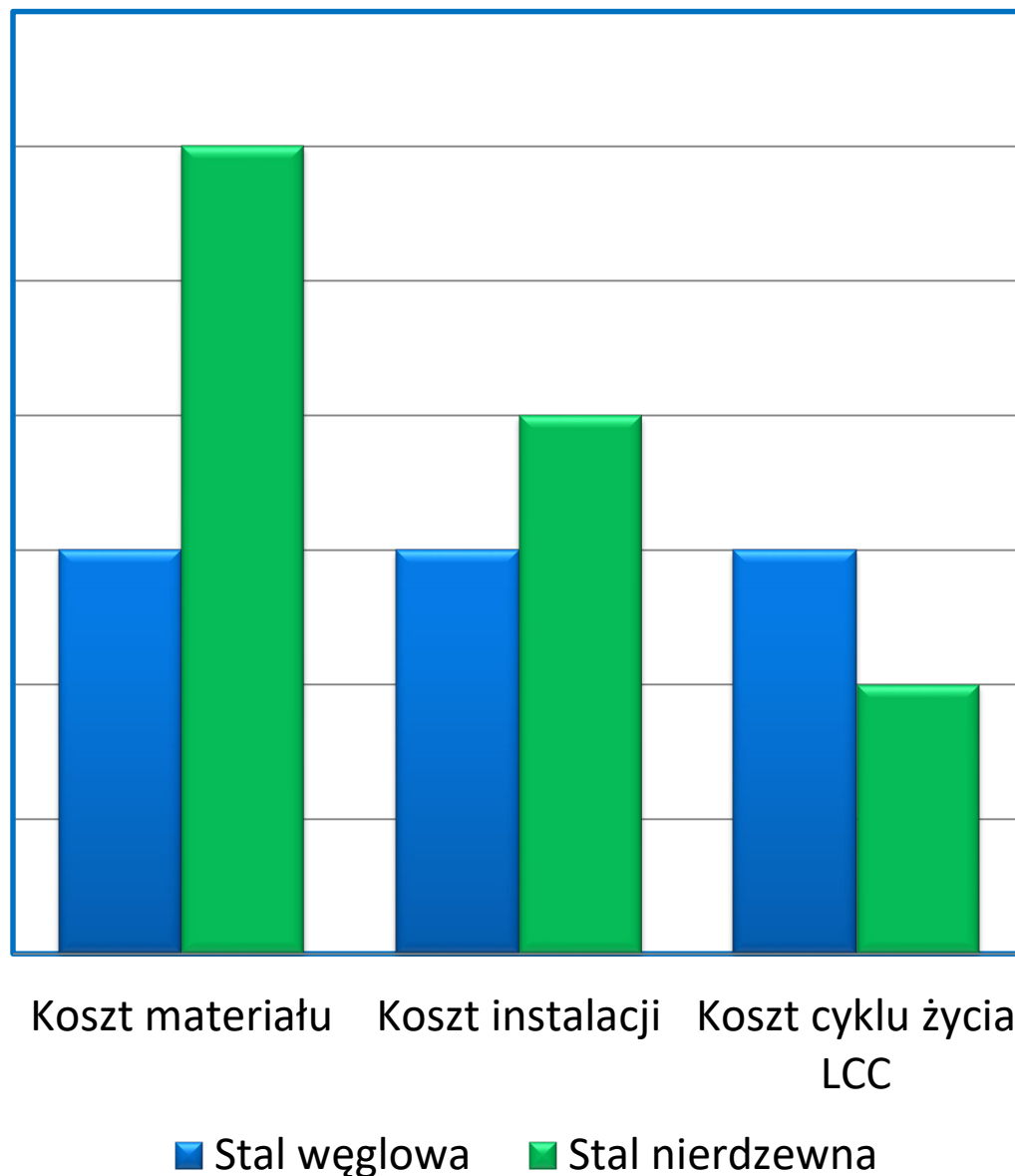


Pokrycie dachowe ze stali nierdzewnej, ponad 50 lat



Przykład analizy LCC: Pokrycie dachowe

Porównanie kosztów dla 0,6 mm ocynkowanej stali węglowej i 0,4 mm stali nierdzewnej 1.4401. Ze względu na właściwości mechaniczne stali nierdzewnej można zmniejszyć grubość materiału do 0,5 lub 0,4 mm, zapewniając mniejszy ciężar konstrukcji ($3,2 \text{ kg/m}^2$ dla 0,7 mm ocynkowanej stali węglowej). Oczekiwany czas eksploatacji dachu z powlekanej (ocynkowanej) stali węglowej wynosi 15-20 lat, natomiast żywotność dachu ze stali nierdzewnej jest na ogół taka jak samego budynku.



Ponadczasowa architektura ze stali nierdzewnych ⁴³



Savoy hotel, Londyn, 1929



Empire State building, Nowy Jork, 1931



Chrysler Building, Nowy Jork, 1930



Gateway Arch Jefferson National expansion Memorial, St. Louis, 1965

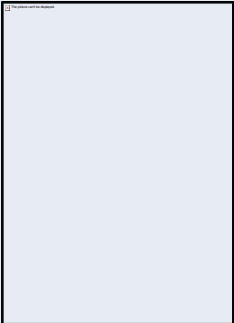

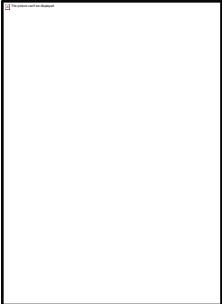



Helix Bridge, Singapur, 2011



Cloud Gate "Jelly Bean", Chicago, 2008

Porównanie kosztów cyklu życia ^{36, 37, 38, 39, 40}

Konstrukcja	Rok budowy	Materiał	Wysokość	Konserwacja
Wieża Eiffla – Paryż 	1889 	Kute żelazo	324 m	Co 7 lat. Każdy cykl malowania trwa około 15 miesięcy. Maluje 25 osób, zużywa się od 50 do 60 ton farby, 1500 pędzli, 5000 tarcz szlifierskich i 1500 zestawów odzieży ochronnej.
Budynek Chryslera (dach i wejście) – Nowy Jork 	1930 (dach 1929) 	Austenity- czna stal nierdzewna (gatunek: 302)	319 m	Dwukrotnie w 1951, 1961. Skład mieszaniny użytej do czyszczenia w 1961 jest nieznany. W 1995 do czyszczenia zastosowano obróbkę ścierną, odtłuszczenie i łagodny środek czyszczący.

Co sprawia, że stal nierdzewna jest “Zielona”?

Ocena wpływu stali nierdzewnych na środowisko ⁴¹

Jaka jest zawartość materiałów przeznaczonych do recyklingu?	60%
Czy w 100% nadaje się do recyklingu?	Tak
Czy zapewnia długotrwałą eksploatację?	Tak (ograniczona konserwacja i częstotliwość usuwania odpadów)
Czy zawiera materiały z recyklingu?	Tak (zarówno odpady konsumenckie i odpady przemysłowe)
Czy odpady budowlane są kierowane na składowiska odpadów?	Tak (wysoka wartość złomu i potencjał ponownego wykorzystania produktów)
Czy podczas remontów może być uratowana i ponownie użyta?	Tak
Czy jest to materiał o niskiej emisji?	Tak (brak dodatkowych powłok = zero emisji)
Czy może pomóc poprawić jakość powietrza wewnątrz?	Tak (brak lotnych związków organicznych, cechy bakteriobójcze, odporność korozyjna kanałów wentylacyjnych)
Czy pomagają unikać stosowania materiałów toksycznych?	Tak (długotrwała ochrona przed termitami, minimalne uwalnianie metali przez materiały powierzchni dachowych)
Czy może oszczędzać energię?	Tak (osłony przeciwsłoneczne, pokrycia dachowe)
Czy może pomóc wytwarzać czystą energię?	Tak (panele słoneczne, skrubery w elektrowniach)
Czy może oszczędzać wodę?	Tak (odporne na korozję i trzęsienia ziemi instalacje i zbiorniki wodociągowe)
Czy odblaskowe panele dodają naturalnego światła?	Tak
Czy może przedłużyć życie innych materiałów?	Tak (kotwy do kamienia i muru, elementy złączne do drewna i metali)

WNIOSKI

- Zrównoważony rozwój to potężne i ważne wyzwanie dla przyszłości sektora stali nierdzewnej. Do tej pory podjęto starania mające na celu ograniczenie emisji dwutlenku węgla przez zwiększenie recyklingu i doskonalenie procesów produkcji.
- Stal nierdzewna wykazuje zestaw własności, które należy brać pod uwagę podczas podejmowania decyzji na etapie projektowania:
 - własności mechaniczne,
 - odporność korozyjna,
 - odporność pożarowa,
 - możliwość ponownego użycia,
 - długowieczność,
 - niski koszt konserwacji,
 - neutralność i higieniczność,
 - estetyczność,
 - neutralność dla wody deszczowej.

Literatura i inne źródła

1. <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:a5cd469c-89cb-4d57-9ad8-13a0d86d65f0/Sustainability+indicator+definitions+and+relevance.pdf>
2. <http://ghginstitute.org/2010/06/28/what-is-a-global-warming-potential/>
3. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
4. <https://www.gsa.gov/portal/content/101197>
5. Recycled content is defined in accordance with the ISO Standard 14021 -Environmental labels and declarations - Self declared environmental claims (Type II environmental labeling).
6. <http://www.greenspec.co.uk/building-design/recycled-content/>
7. <http://www.fao.org/docrep/u2246e/u2246e02.htm>
8. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
9. Source: Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
10. B. Rossi. ArcelorMittal International Scientific Network in Steel Construction Sustainability Workshop and Third Plenary Meeting, Bruxelles, 2010.
11. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
13. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
14. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>

Literatura i inne źródła

15. ISSF [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF Stainless Steel and CO2.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_and_CO2.pdf). Data from European and Japanese ISSF members
16. Based on 2013 data, including 60% scrap content (and therefore 40% new materials) and energy contribution to GHG
17. Data provided by ISSF, estimates calculated by SCM. Includes 60% recycled content
18. ISSF www.worldstainless.org. Data from European and Japanese ISSF members
19. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
20. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
21. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
22. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural.
23. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>
24. <https://www.drkarenslee.com/comparing-reusable-bottles-stainless-steel-glass-plastic/>
25. Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
26. The Greening of a Convention Centre. Nickel, Volume 23, Number 3, June 2008, 6-9.
27. <https://www.nickelinstitute.org/Sustainability/LifeCycleManagement/LifeCycleAssessments/LCAProgresopier.aspx>
28. International Stainless Steel Forum www.worldstainless.org
29. World Steel Association
30. A. Dusart, H. El-Deeb, N. Jaouhari, D. Ka, L.Ruf . Final Report ISSF Workshop. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2011.

Literatura i inne źródła

31. http://www.ssina.com/download_a_file/lifecycle.pdf
32. <https://www.nickelinstitute.org/nickel-magazine/nickel-magazine-vol-31-no1-2016/>
33. www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoofingTech_EN.pdf
34. <http://www.ametalsystems.com/RoofLifecycleCostComparison.aspx>
35. <http://www.metalroofing.com/v2/content/guide/costs/life-cycle-costs.cfm>
36. <https://www.tou Eiffel.paris/en>
37. https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_Tower
38. <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
39. http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building#
40. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
41. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural. Construction Canada, September 2008, 58-72.
42. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
43. G. Gedge. Structural uses of stainless steel — buildings and civil engineering. Journal of Constructional Steel Research 64 (2008), 1194–1198.
44. <http://www.metalsforbuildings.eu/>
45. <http://www.circle-economy.com/circular-economy/>
46. <http://www.irishenvironment.com/iepedia/circular-economy/>

Dziękuję za uwagę

Załącznik

Recykling innych materiałów

Jest to złożony problem
Przedstawiono w celu porównania z
innymi materiałami.
Wskazano źródła informacji.

Więcej o recyklingu: cement i beton

<http://www.wbcdcement.org/pdf/CSI-RecyclingConcrete-FullReport.pdf>

- Maksymalnie 20% kruszonego cementu może być ponownie użyte w nowym betonie.
 - tylko jako kruszywo, a nie jako cement
 - wytworzony w ten sposób beton jest produktem gorszej jakości, nie nadaje się do wszystkich zastosowań
- Wydaje się, że większość betonu po rozbiórce trafia na podłoże drogowe i na składowiska (nie są dostępne szczegółowe dane)
- Kruszenie starego betonu i jego transport są głównymi operacjami recyklingu, porównywalne ze zbieraniem kruszywa lokalnie.
- Generalnie recykling powoduje za każdym razem downcycling.
- Ponowne wykorzystanie bloków betonowych po rozbiórce jest obecnie marginalne, ale może zapewnić najkrótszą drogę do ponownego wykorzystania bez downcyclingu. Nie jest to łatwe do wykonania!

Więcej o recyklingu: tworzywa sztuczne

<http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/?section=topics&topic=RecyclePlastics&page=materials>

- **Odpady produkcyjne** (wytwarzane na etapie produkcji) nadają się niemal w 100% do recyklingu
- **Recycling zużytych tworzyw sztucznych** to duży problem:
 - Zbiórka jest długotrwała, kosztowna
 - Sortowanie pomieszanych odpadów z tworzyw sztucznych jest trudne – zanieczyszczenie jest nieuchronne.
 - Usuwanie etykiet, nadruku odbywa się ze 100% skutecznością
 - Zanieczyszczenie każdego typu wykluczają ponowne wykorzystanie w zastosowaniach „hi-tech”
 - => tworzywa sztuczne z recyklingu (z wyłączeniem zbiórki domowej) są ponownie wykorzystywane w zastosowaniach o niższej jakości (downcycling): PET: tanie dywaniki, wełna; PE i PP: płyty, ławki parkowe
 - => i/lub zostaną ostatecznie spalone lub, co gorsze składowane lub co jeszcze gorsze będą pływać z oceanach.

Więcej o recyklingu: drewno (z sektora ABC*)

- Najlepszym rozwiązaniem pod względem recyklingu jest oczywiście ponowne użycie. Wydaje się, że wiele wysiłku poświęca się zbieraniu, odnawianiu i ponownemu przetworzeniu drewna i innych produktów z drewna. Ile jest ponownie wykorzystywanych nie jest do końca jasne.
- Nieobrobione drewno znalazło coraz większą liczbę nowych zastosowań: produkty lądowe i ogrodnicze, podściółka dla zwierząt, podłoża na zawody jeździeckie ...
- Obrobiona tarcica i drewno (obróbka chemiczna zapobiega gniciu, grzybom, owadom i uszkodzeniom przez promieniowanie UV) zawiera szkodliwe substancje chemiczne, które silnie ograniczają ich ponowne użycie. Największe z ostatnich zastosowań to produkcja płyt wiórowych, ale to co dzieje się z tych płyt na ich końca życia pozostaje niejasne.
- Należy podkreślić, że na naszej planecie postępuje globalne wylesianie, co zmniejsza nieograniczone źródła nowego drewna, zwłaszcza w krajach północnych, w których trzeba wieku aby drzewa urosły do pełnego rozmiaru.

https://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/upload/TWW_Final.pdf

<https://woodrecyclers.org/about-waste-wood/wood-recycling-information/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Wood_preservation

<http://www.wasteminz.org.nz/wp-content/uploads/Scott-Rhodes.pdf>

<http://www.brighthub.com/environment/green-living/articles/106146.aspx>

*ABC: architektura, budownictwo, konstrukcje