



Ocena środowiskowa konstrukcji stalowych w cyklu życia

Studia przypadków



Listopad 2014

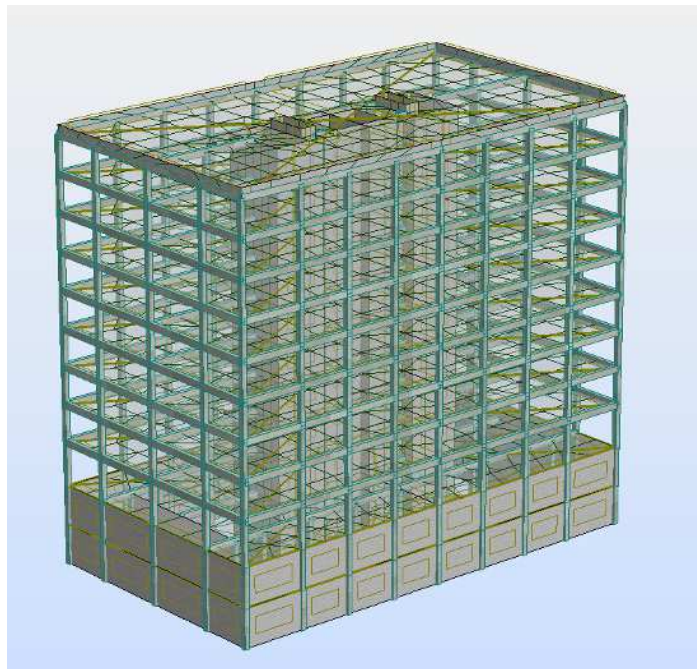


Przykłady

- 1) **Biurowy : typowy dla konstrukcji we Francji**
- 2) **Mieszkalny: CasaBuna w Rumunii**
- 3) **Przemysłowy : Rama stalowo-betonowa (Paryż)**

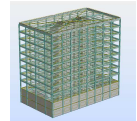


Budynek biurowy: Francja





Zakres studium



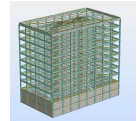
Cel: porównanie jakości środowiskowej konstrukcji budynków biurowych różnych typów.

Przeanalizowano trzy typy systemów konstrukcyjnych:

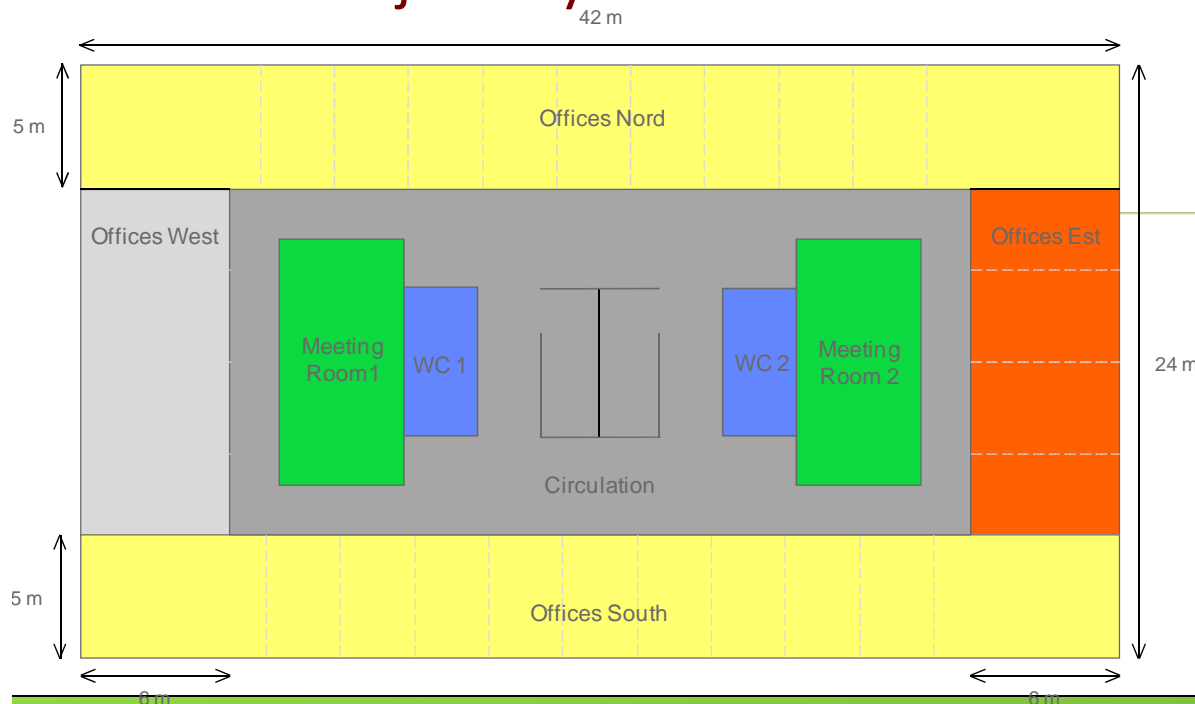
- zespoloną stalowo-betonową
- betonową
- zoptymalizowaną (w oparciu o ECO-Design), zespoloną, stalowo-betonową



Definicja (opis) budynku



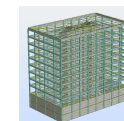
- Powierzchnia w planie: 42x24 m
- Ilość pięter (poziomów) konstrukcji nadziemnej (z wyłączeniem parteru): 8 poziomów
- Lokalizacja: Paryż



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof
North - South facade Length	42.4	m		
East - West facade length	24.4	m		
Floor height	3.4	m		
Floor height under ceiling	2.7	m		
Number of intermediate floors	8			
Area of intermediate floors	8276.48	m ²		
Total area of building	9311	m ²		
Structure only	No	▼		
Building type	Office	▼		



Składniki przegrody zewnętrznej (elewacji)



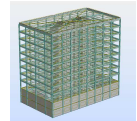
	N/S [m ²]	W/E [m ²]	Suma [m ²]
Ściany	908	523	1431
Oszklenie	389	224	613
Całkowita powierzchnia	1297	747	4088

Facade					
Direction	North	East	South	West	
Facade area	1297,44	746,64	1297,44	746,64	m²
Opening area	30	30	30	30	%

- Elewacja: lekkie panele (płyty zespolone) stalowe z wkładką z wytłaczanego polistyrenu spienionego (XPS)
- Okna: podwójnie szklone, elementy z ochroną przeciwsłoneczną
- Dach: izolacja cieplna z 18 cm styropianu (EPS)



Sposób wykorzystania i instalacje (systemy)



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
Occupancy related data									
Comfort requirements									
Typ budynku: biurowy		Heating set-point temperature		20	°C				
		Cooling set-point temperature		26	°C				
		Air-flow-rate (heating mode)		0,6	ac/h				
		Air-flow-rate (cooling mode)		1	ac/h				
Systems									

- Ogrzewanie i chłodzenie: system split (dzielone)
- Mechaniczna wentylacja z odzyskiem ciepła
- system CWU: boiler elektryczny

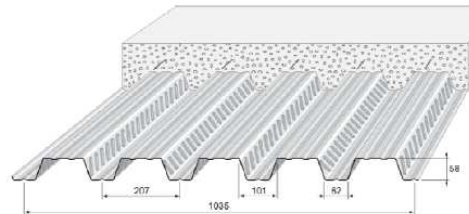
Description of building systems	
Heating system	
Heating system type	Split (heating)
Cooling system	
Cooling type system	Split (cooling)
Mechanical ventilation system	
Heat recovery system	Yes
Heat recovery percentage	80
DHW system	
DHW system type	Electric boiler



Wersja konstrukcyjna

- Zespólna konstrukcja stalowo-betonowa

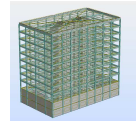
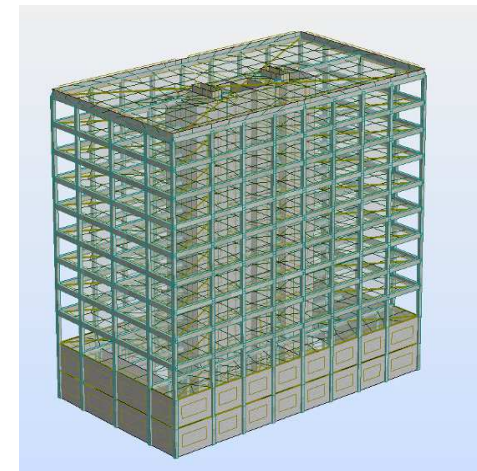
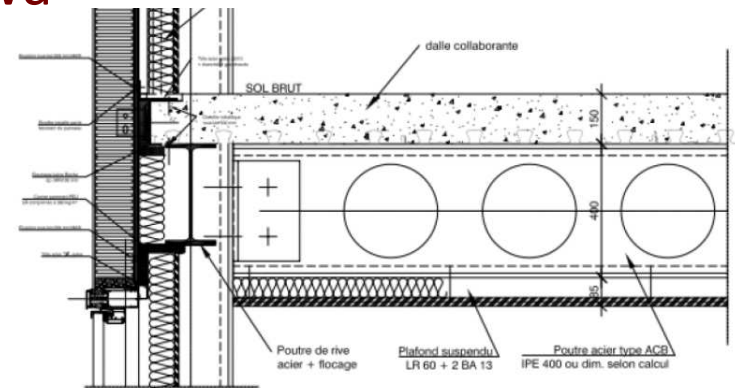
- Komorowe belki zespolone ze stali S355
- Stalowy strop (pomost) COFRA+60 z 15 cm betonu (C30/37)



- Stabilizacja (wzmocnienie) poprzez centralnie usytuowany **rdzeń z betonu** (C30/37)

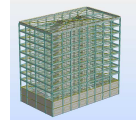
- Konstrukcja betonowa

- Żelbetowa dla belek i słupów (C30/37)
- Prefabrykowane płyty komorowe (C30/37)
- Stabilizacja - rdzeń **z betonu** (C30/37)

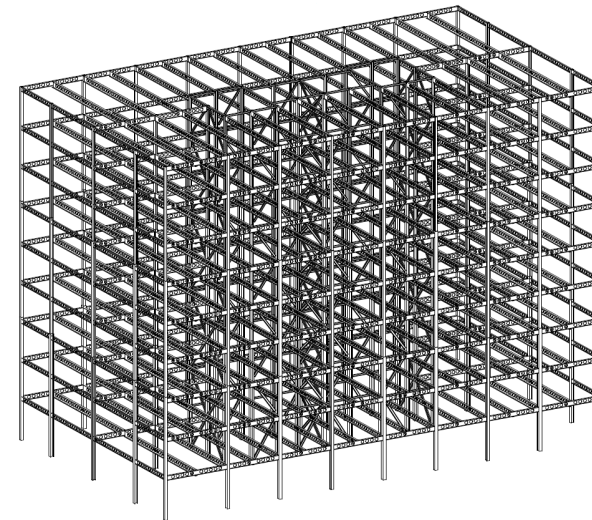
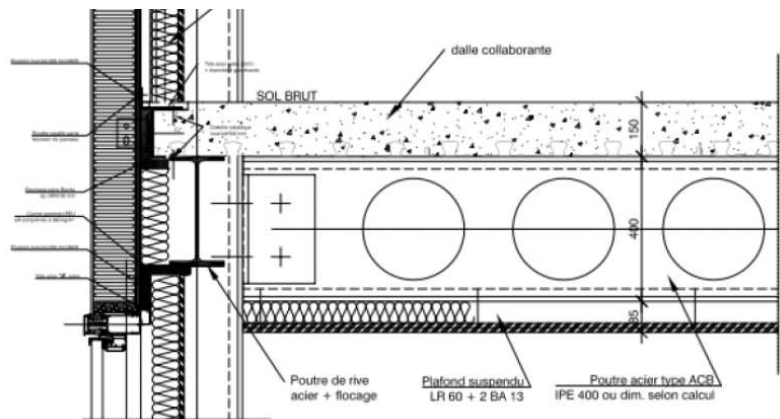




Wersja konstrukcyjna

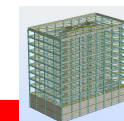


- Eco-zoptymalizowana konstrukcja stalowo-betonowa
 - Zespalone belki komorowe ze stali S460
 - Stalowa płyta wierzchnia COFRA+60 z 15 cm betonu (C30/37)
 - Stabilizacja przez **stalowy rdzeń usztywniający** (ze stali S460)





Konstrukcja części nadziemnej budynku biurowego



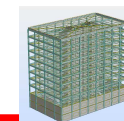
Składnik konstrukcji	Wariant 1 Konstrukcja zespolona	Wariant 2 Konstrukcja betonowa	Wariant 3 Eco-zoptymalizowana konstrukcja zespolona
Elementy główne	239.9 t kształtowników stalowych	1199 t betonu	197.1 t kształtowników stalowych
Połączenia stalowej płyty	14.994 t	/	11.827 t
Zbrojenie stalowe	/	59.1 t	/
Rdzeń betonowy	Beton C30/37 1941 t Pręty zbrojeniowe 44.16 t	Beton C30/37 1941 t Pręty zbrojeniowe 44.16 t	/
Rdzeń stalowy	Bearing structure of the building		Stalowe kształtowniki 75.46 t Stalowe połączenia płyt 6.037 t
	Steel elements		
	Beams (Hot rolled profiles)	239.9	t
	Columns (Hot rolled profiles)	0.0	t
	Studs	0.0	t
	Bolts	0.0	t
	Plate Connections	14.99	t

12/11/2014

10



Płyta stropowa budynku biurowego

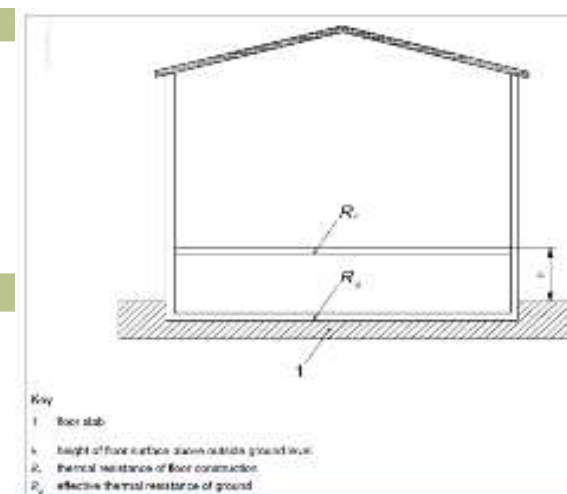


Składnik konstrukcji	Wariant 1 Konstrukcja zespolona	Wariant 2 Konstrukcja betonowa	Wariant 3 Eco-zoptymalizowana konstrukcja zespolona
Elementy stalowe	Cofraplus 60 : 70.6 t	/	Cofraplus 60 : 70.6 t
Grubość całkowita	150 mm	240 mm + 70mm wylewki	150 mm
Strop betonowy	2246 t	4688 t	2246 t
Pręty stalowe	16.56 t	16.56 t	16.56 t

Steel elements		
Type of slab	Composite slab	▼
Steel deck	Cofraplus 60	▼
Thickness of the deck	0.750	▼ mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm

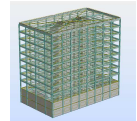
Concrete elements		
Total depth of the floor	150.0	mm
Concrete Type	In-situ/Poured	▼
Concrete Grade	C30/37	▼
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	2735	t
Steel reinforcement	0.0	t

Total mass of the floor slabs	2805	t
-------------------------------	------	---





Transport



- Transport stali :
 - Masa całkowita : 369.6 t
 - Transport : 500 km ciężarówkami
- Transport betonu :
 - Masa całkowita : 4676 t
 - Transport : 50km betonowozami z mieszalnikami

Roof Occupancy Systems Structure Floors **Transport** Results

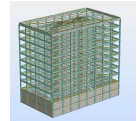
Transport parameters

Steel elements		
Total steel transported	369.6	t
Values for the transport impacts	User values	▼
Mass transported by electric train	0.0	t
Distance	0.0	km
Mass transported by regular trucks	369.6	t
Distance	500	km

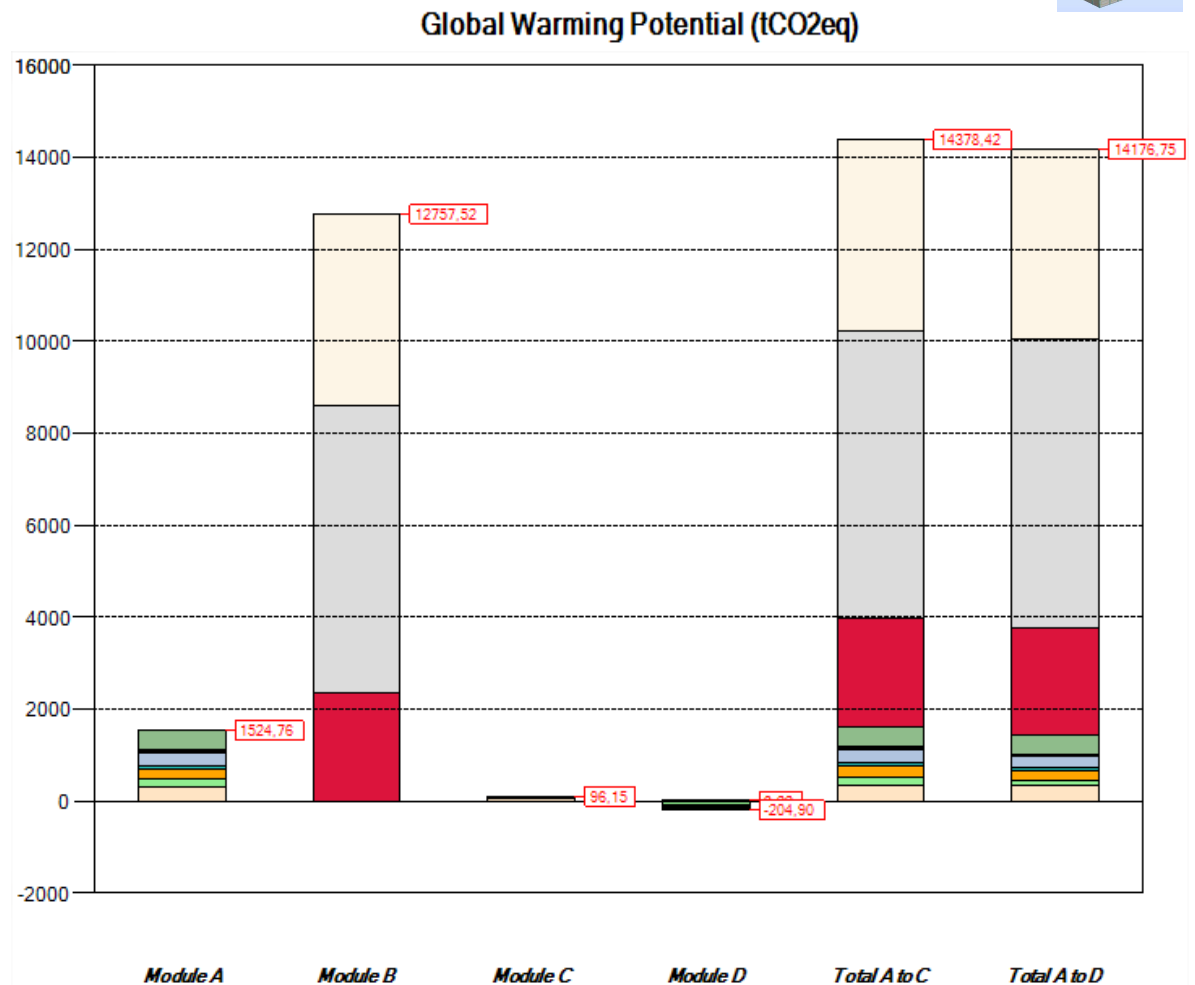
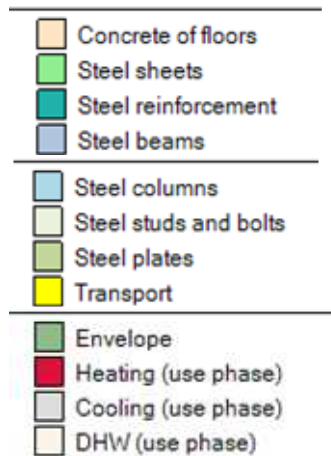
Concrete elements		
Total concrete transported	4676	t
Concrete produced on site	4676	t
Distance by mixer trucks	50.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km



Wyniki ostateczne dla budynku biurowego (stal S355)

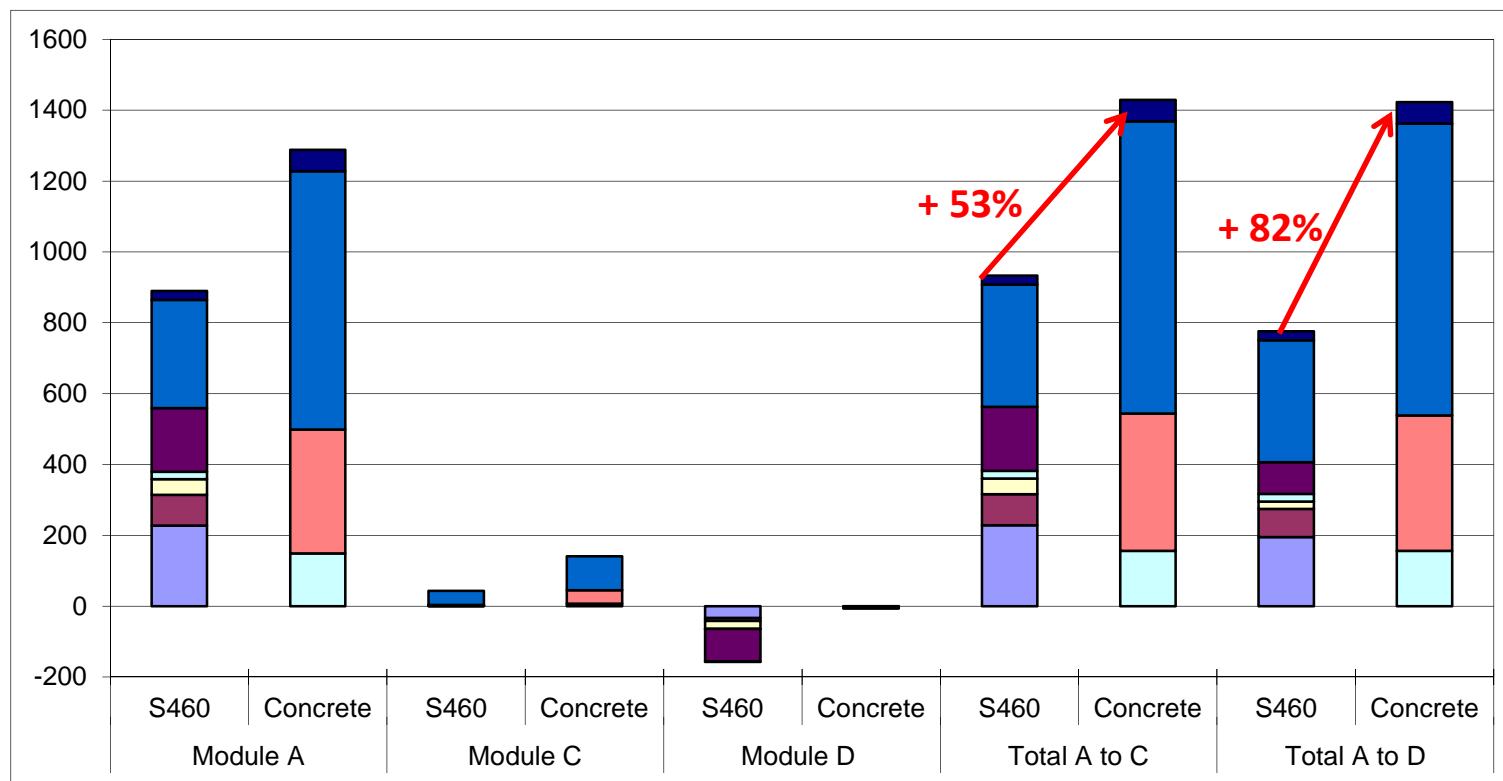
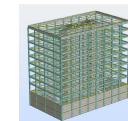


- Faza użytkowa (moduł B) odpowiada w około 90% za całkowitą wartość oddziaływania GWP, dla dowolnej konstrukcji





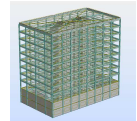
Wyniki oddziaływania GPW: stal S460 w porównaniu do konstrukcji z betonu



Beams Columns Plates connections Reinforcement Floor sheets Concrete of structure Concrete slabs Envelope Transport



Wyniki : wnioski



- **Konstrukcje zespolone** wykonane z **walcowanych na gorąco kształtowników stalowych** są bardziej „zrównoważone” niż **betonowe**, nawet jeśli nie uwzględnia się recyklingu. Przy uwzględnieniu **recyklingu** materiałów po zakończeniu **Cyклу życia**, różnica między konstrukcją stalową a betonową wzrasta (do ok. 82%)
- Zminimalizowanie zużycia materiałów poprzez zastosowanie **Stali Wysokiej Wytrzymałości** jest korzystne z punktu widzenia środowiska.
- Eksploatacja i aktywność funkcjonalna instalacji budynków mają największy udział w śladzie węglowym. Tak więc, **efektywne systemy elewacyjne** mogą wyraźnie zoptymalizować LCA budynku. Jest to jednak niezależne od **systemu konstrukcyjnego**.

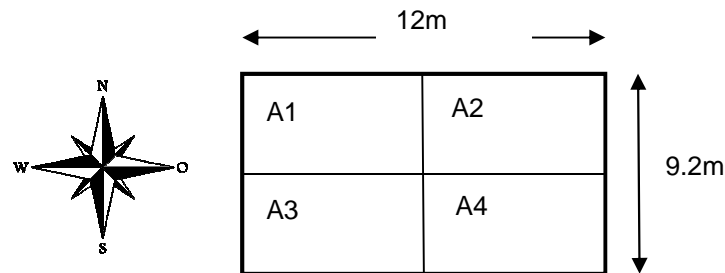


Budynek mieszkalny: CasaBuna – Rumunia





Opis budynku



- 4 mieszkania o pow. 55m² netto, równomiernie usytuowane na 2 piętrach.
- Lokalizacja: Timisoara

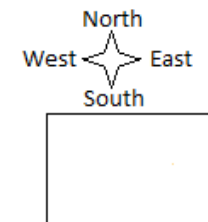


Project **Building** Envelope Base Floor Roof

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	12	m
East - West facade length	9.2	m
Floor height	2.9	m
Floor height under ceiling	2.7	m
Number of intermediate floors	1	
Area of intermediate floors	110.4	m ²
Total area of building	220.8	m ²
Structure only	No	▼
Building type	Residential	▼



Location

Country Romania ▼

Location Timisoara ▼

Display



Składniki przegród zewnętrznych



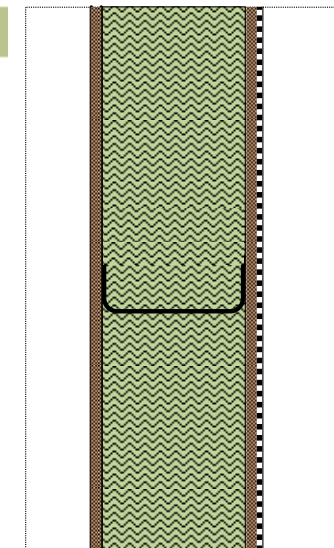
	N/S [m ²]	W/E [m ²]	Suma [m ²]
Ściany	47	41	87
Oszklenie	22	12	34
Powierzchnia całk.	69	53	122

Definition of the building envelope

Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m ²
Opening area	22	12	22	12	%

- Elewacja: lekkie płyty kompozytowe z okładziną stalową, zaizolowane 120mm wełny mineralnej
- Okna : podwójne oszklenie i ramy aluminiowe
- Dach: zaizolowany 18 cm styropianu





Sposób użytkowania i systemy instalacyjne



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Budynek
mieszkalny



Occupancy related data		
Comfort requirements		
Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

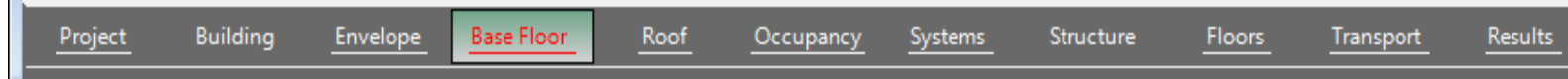
Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

- System grzewczy : grzejnik gazowy
- Brak instalacji chłodniczej
- Brak wentylacji mechanicznej
- System CWU: boiler elektryczny

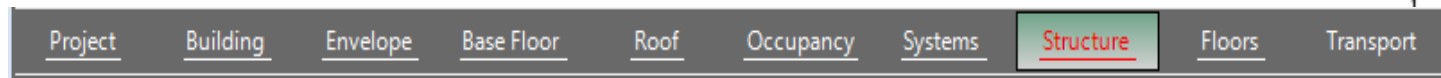
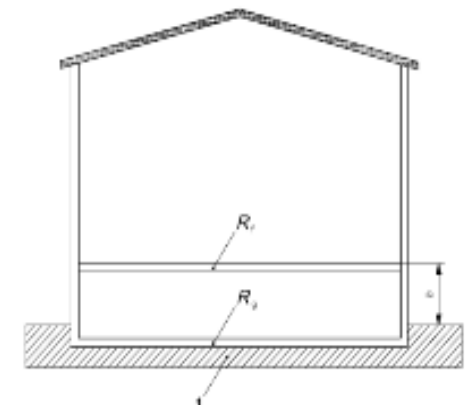
Description of building systems	
Heating system	
Heating system type	Gas fuel heater
Cooling system	
Cooling type system	No cooling
Mechanical ventilation system	
Heat recovery system	No
DHW system	
DHW system type	Electric boiler



Strop parteru i konstrukcja budynku



- Strop parteru podwieszony, grubości 0,2m żelbetowy (0,7t prętów zbrojeniowych)



- Lekka rama stalowa, włączona w elementy składowe elewacji i dachu. Brak innych elementów konstrukcyjnych

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	0	t
Columns (Hot rolled profiles)	0	t
Studs	0,0	t
Bolts	0	t
Plate Connections	0,0	t
Total mass of structure	0,0	t



Transport



- Transport stali:
 - Całkowita masa: 1.6 ton (pręty)
 - Transport : przeciętny transport europejski dla stali, dla 1 t na średnią odległość europejską
- Transport betonu:
 - Całkowita masa : 52 ton (strop parteru)
 - Transport : 30 km betonowozami z mieszarkami

Roof Occupancy Systems Structure Floors **Transport** Results

Transport parameters

Steel elements

Total steel transported t

Values for the transport impacts ▼

Concrete elements

Total concrete transported	<input type="text" value="52,11"/>	t
Concrete produced on site	<input type="text" value="52,11"/>	t
Distance by mixer trucks	<input type="text" value="30,0"/>	km
Prefabricated concrete	<input type="text" value="0,0"/>	t
Distance by regular trucks	<input type="text" value="0,0"/>	km

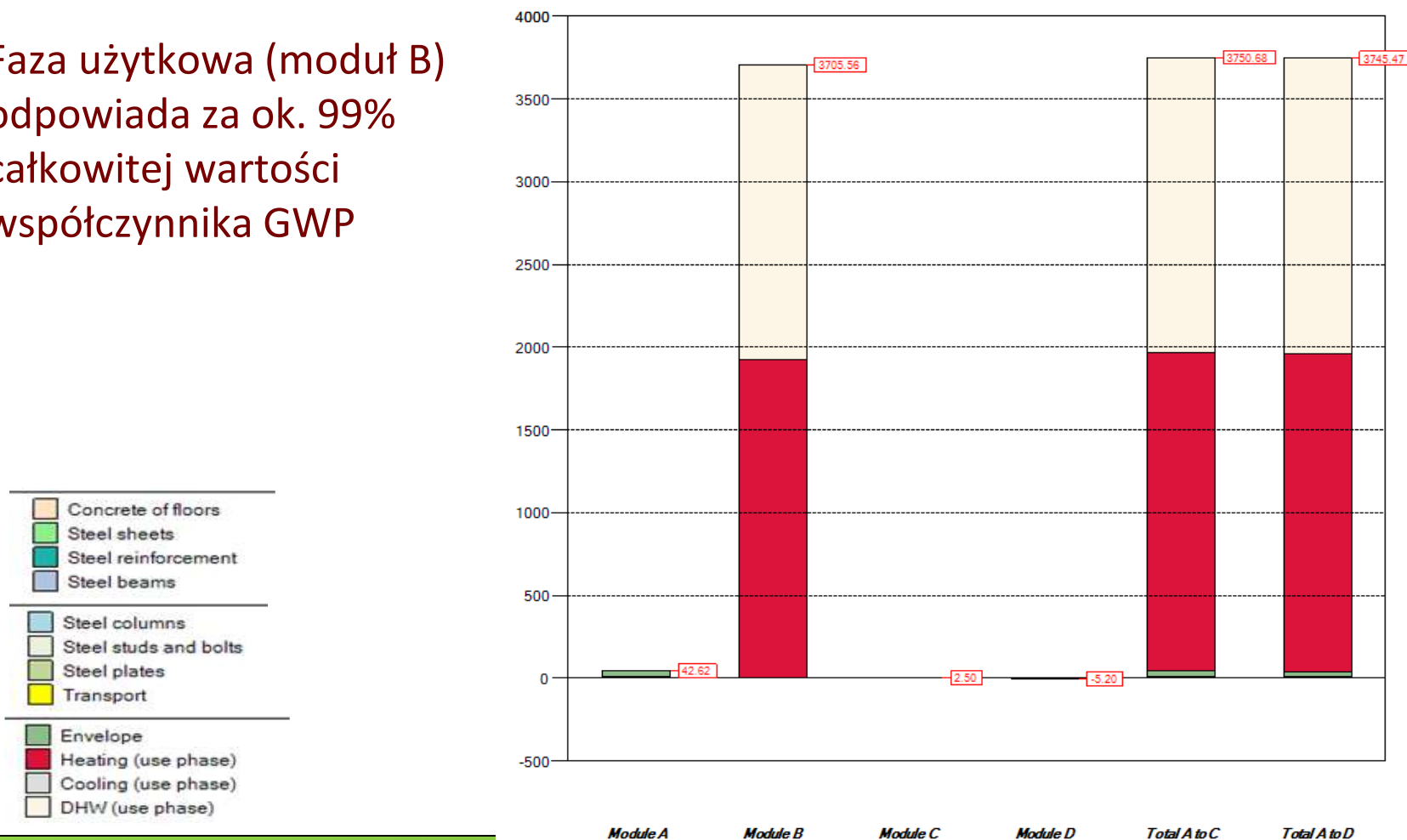


Wyniki summaryczne dla budynku CasaBuna

Global Warming Potential (tCO₂eq)



- Faza użytkowa (moduł B) odpowiada za ok. 99% całkowitej wartości współczynnika GWP





Zużycie ciepła na cele grzewcze



Use phase heating

Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
4845.1	5968.3	0.0	3328.8	3008.7	16882.1
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
8963.6			14064.4	783.0	10757.0

Energy need for heating												
Q _{h,nd}	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	911.2	606.4	435.1	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.9	454.8	816.6
kWh/m ²	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

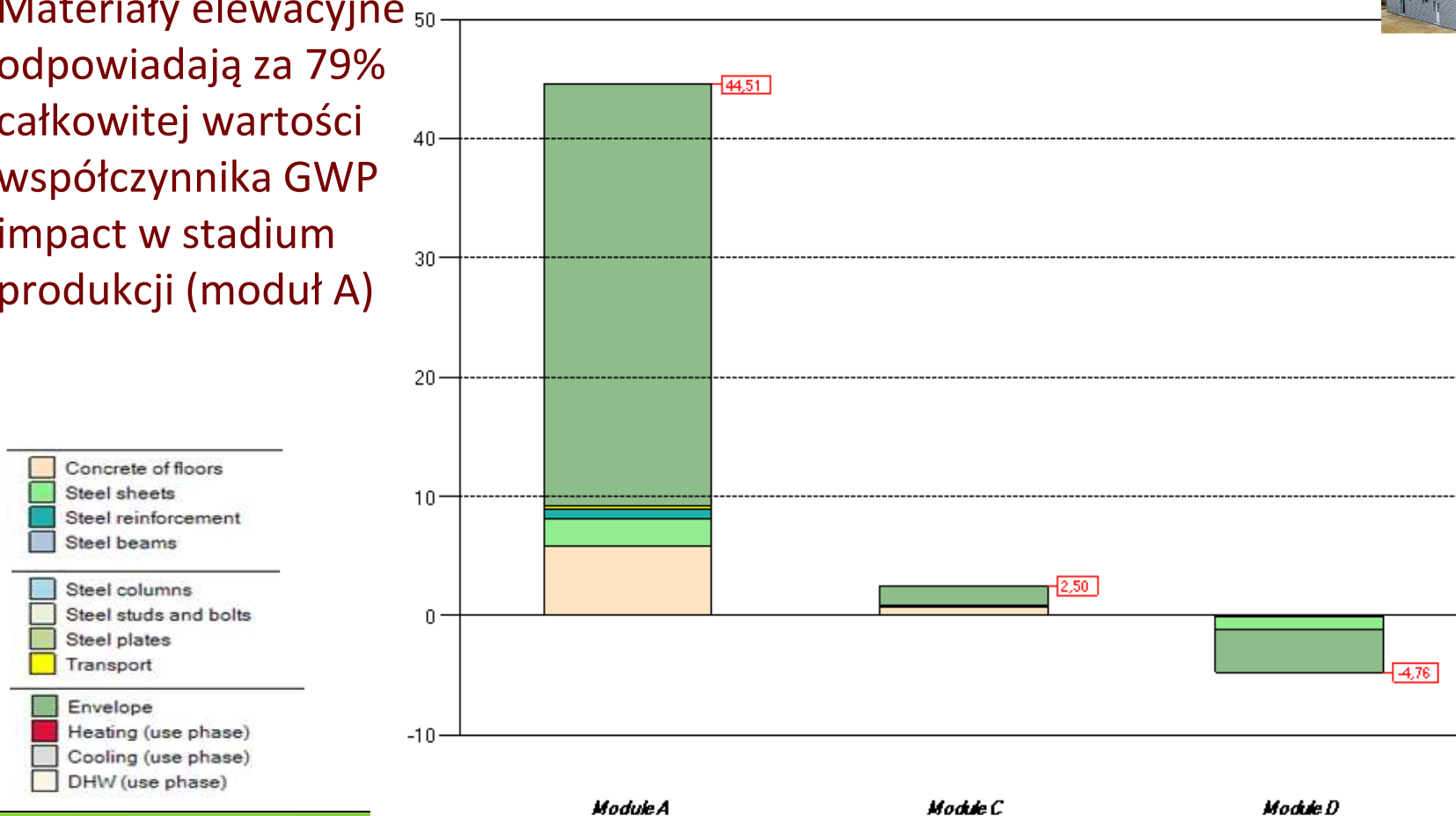
Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m ² /year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m ² /year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m ² /year



Wyniki : oddziaływanie związane z materiałami

Global Warming Potential (tCO₂eq)

- Materiały elewacyjne odpowiadają za 79% całkowitej wartości współczynnika GWP impact w stadium produkcji (moduł A)





Wyniki: wnioski

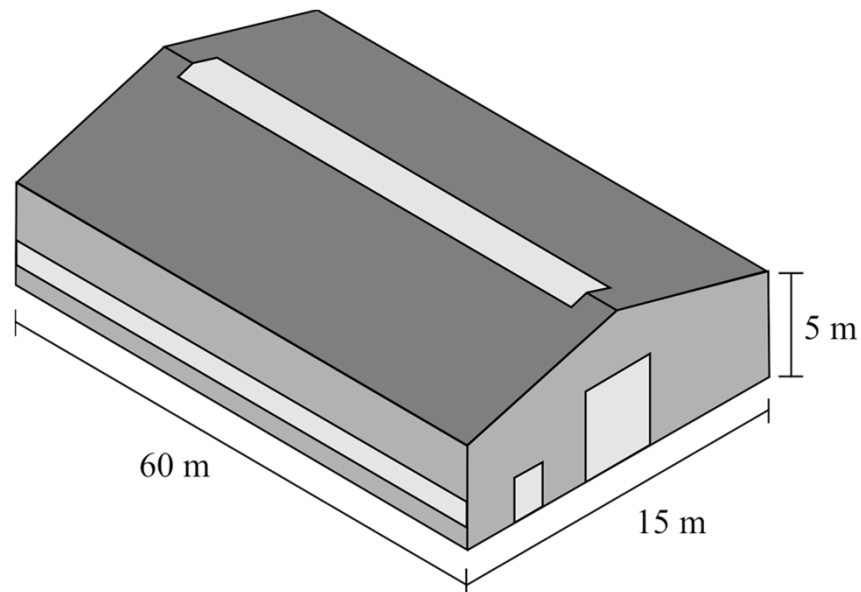


- **Faza użytkowa** (Moduł B) odpowiada za niemal całkowitą wartość śladu węglowego dla budynku mieszkalnego.

W tym aspekcie system konstrukcyjny jest praktycznie nie ma znaczenia (jego udział jest do pominięcia). Tak więc efektywne systemy elewacyjne mogą w znacznej mierze zoptymalizować LCA budynku

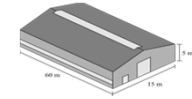


Budynek przemysłowy: rama betonowo-stalowa





Zakres analizy



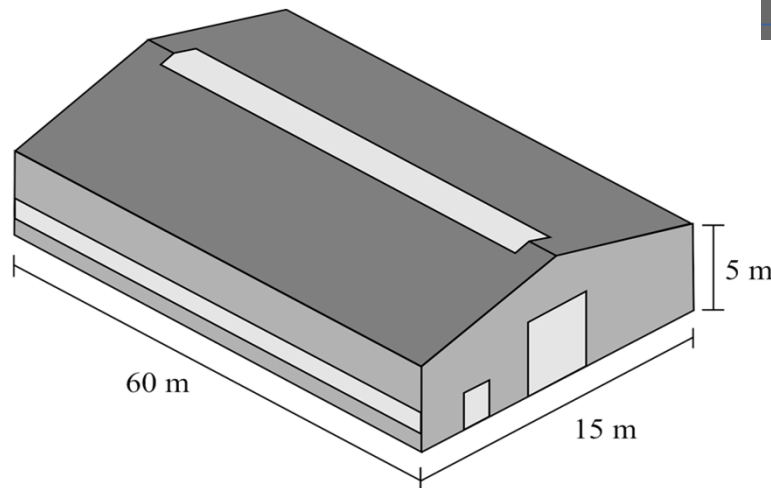
Porównanie wartości LCA dla budynków przemysłowych wykonanych w oparciu o dwa systemy konstrukcyjne:

- System osadzonych w fundamencie (usztywnionych) ram stalowych (portali) z walcowanych na gorąco profili stalowych
- Osadzone na sztywno słupy żelbetowe, połączone żelbetowymi dźwigarami





Opis budowli

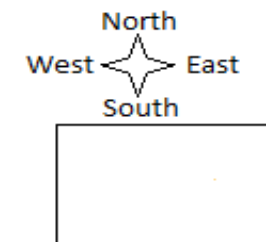


Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
---------	----------	----------	------------	------	-----------	---------	-----------

Definition of the building

General parameters

North - South facade Length	60	m
East - West facade length	15	m
Floor height	5	m
Floor height under ceiling	5	m
Number of intermediate floors	0	
Area of intermediate floors	0	m ²
Total area of building	900,0	m ²
Structure only	No	
Building type	Industrial	



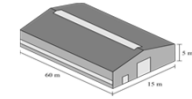
- Hala przemysłowa o powierzchni 900m²
- Lokalizacja: Paryż

Location

Country	France
Location	Paris
Display	

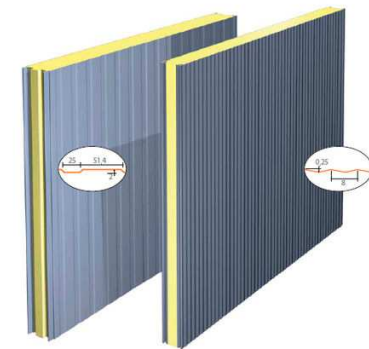


Składniki (elementy) przegród zewnętrznych



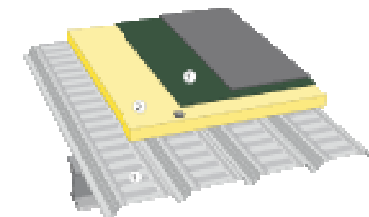
- Elewacja : płyty warstwowe (rdzeń z pianki PUR o grub. 80mm)
Wariant o lepszej izolacyjności cieplnej : rdzeń PUR o grub.200mm
- Okna: szyba podwójna w ramie aluminiowej

Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
Facade properties							
Wall type	Sandwich panel (PUR 80 mm)						
U-value for walls	0,3						W/(m ² .K)
Opening type	Double glazing						
U-value for openings	2,9						W/(m ² .K)
Shading device type	No shading device						
Shutter type	No shutter						



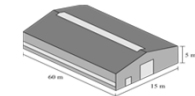
- Dach: Wodoszczelna membrana z warstwą izolacyjną z wełny mineralnej o grub. 140mm

Roof	
Roof type	Waterproof membrane
U-value for the roof (flat part)	0,31





Parterowa hala przemysłowa



Element konstrukcyjny	Wariant 1 Rama stalowa S235	Wariant 2 Rama stalowa S460	Wariant 3 Rama betonowa
Parter	<p>Beton: 425.7 kg</p> <p>Pręty zbrojeniowe: 14.4 t</p>		

Project Building Envelope **Base Floor** Roof Occupancy Systems Structure Floors Transport Results

Base floor

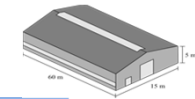
U-value for the base floor	0.44	W/(m ² .K)
Base floor type	Slab on Ground Floor ▼	
Thickness of concret base floor	0.2	m
Mass of reinforcing steel	14.4	t
Internal heat capacity of ground	74612	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of intermediate floor	0	J/(m ² .K)
Internal heat capacity of internal wall	0	J/(m ² .K)

Key
1 floor slab
2 ground
= thickness of internal axis

Figure 1 — Schematic diagram of slab-on-ground floor.



Sposób użytkowania i systemy w budynku



Project Building Envelope Base Floor Roof **Occupancy** Systems Structure Floors Transport

Budynek
przemysłowy



Comfort requirements

Heating set-point temperature	18	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project Building Envelope Base Floor Roof Occupancy **Systems** Structure Floors Transport

Description of building systems

Heating system

Heating system type

Cooling system

Cooling type system

Mechanical ventilation system

Heat recovery system

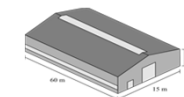
DHW system

DHW system type

- System grzewczy: grzejnik gazowy
- Brak instalacji chłodzącej
- Brak wentylacji mechanicznej
- Brak instalacji CWU



Konstrukcja hali przemysłowej



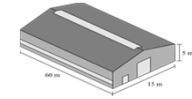
Element konstrukcyjny	Wariant 1 Rama stalowa S235	Wariant 2 Rama stalowa S460	Wariant 3 Rama betonowa
Dźwigar	IPE 450 (6.88t)	IPE 330 (4.33 t)	Betonowe elementy prefabrykowane T80 (34.19 t) Zbrojenie BSt500 202.5 kg/m ³ (2.93 t)
Słupy	I rzędu : IPE400 II rzędu: HEA480 (4.17 t)	I rzędu : IPE400 II rzędu: HEA480 (4.17 t)	Elementy betonowe 0.4x0.4m C30/37 (30.12 t) Zbrojenie BSt500 108.1 kg/m ³ (1.38 t)
Śruby	43 kg		/ Steel elements
Połączenia płyt	336 kg	Beams (Hot rolled profiles)	4,330 / t

Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
-----------	---------	------------------	--------	-----------

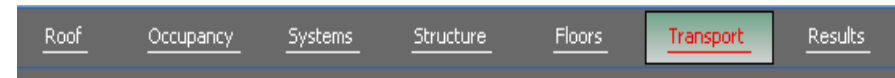
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t



Transport



- Transport stali:
 - Całkowita masa: 26 ton
Belki + Słupy + Elementy łączące
 - Transport : średni transport europejski, dla 1t na średnią europejską odległość
- Transport betonu:
 - Całkowita masa : 425 ton na belki i słupy
 - Transport : 30 km betonowozami z mieszarką



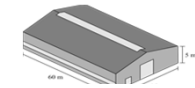
Transport parameters

Steel elements		
Total steel transported	25.83	t
Values for the transport impacts	Average values ▼	

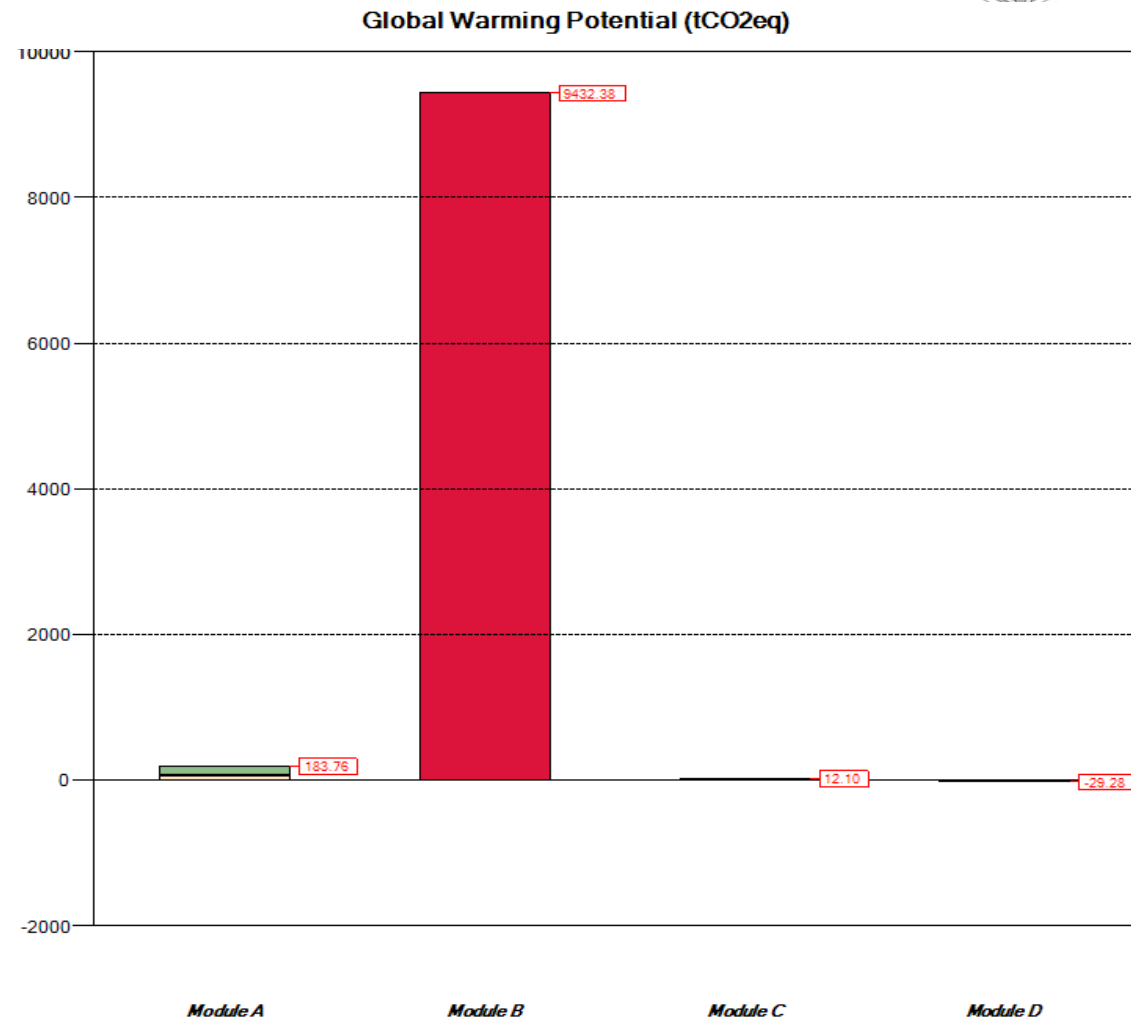
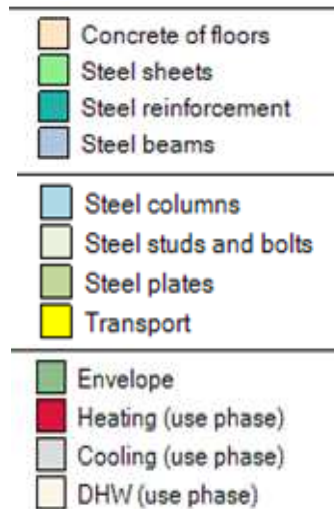
Concrete elements		
Total concrete transported	424.8	t
Concrete produced on site	424.8	t
Distance by mixer trucks	30.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km



Wyniki summaryczne dla hali przemysłowej

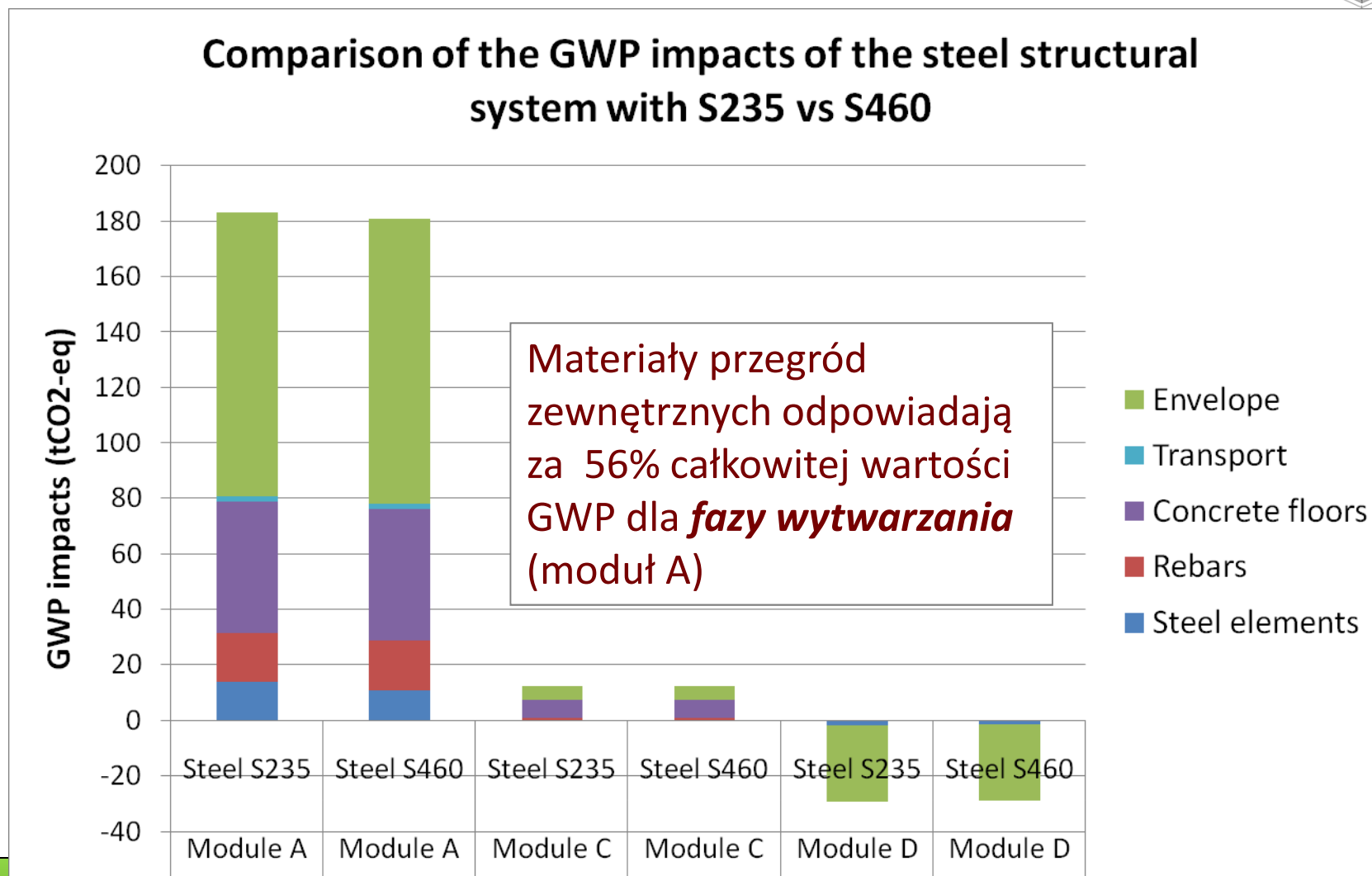
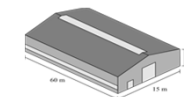


- **Faza użytkowa** (Moduł B) odpowiada za ok. 99% wartości całkowitej GWP impact, dla każdego systemu konstrukcji hali



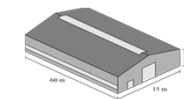


Wyniki: konstrukcja stalowa

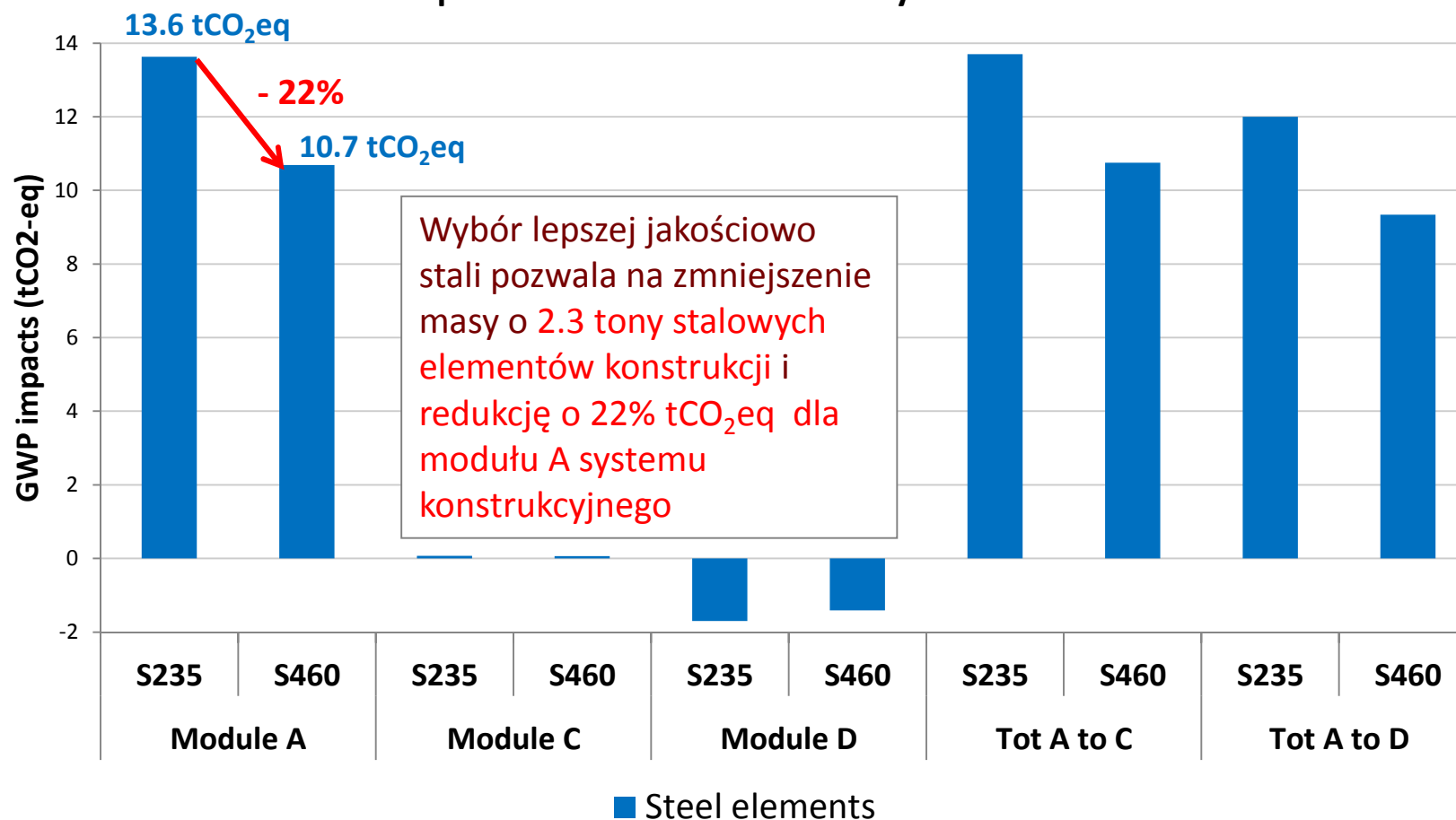




Wyniki: konstrukcja stalowa

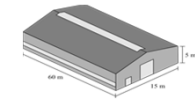


GWP impacts of the steel structural system with S235 vs S460





Wyniki: Moduł D dla konstrukcji ze stali S460

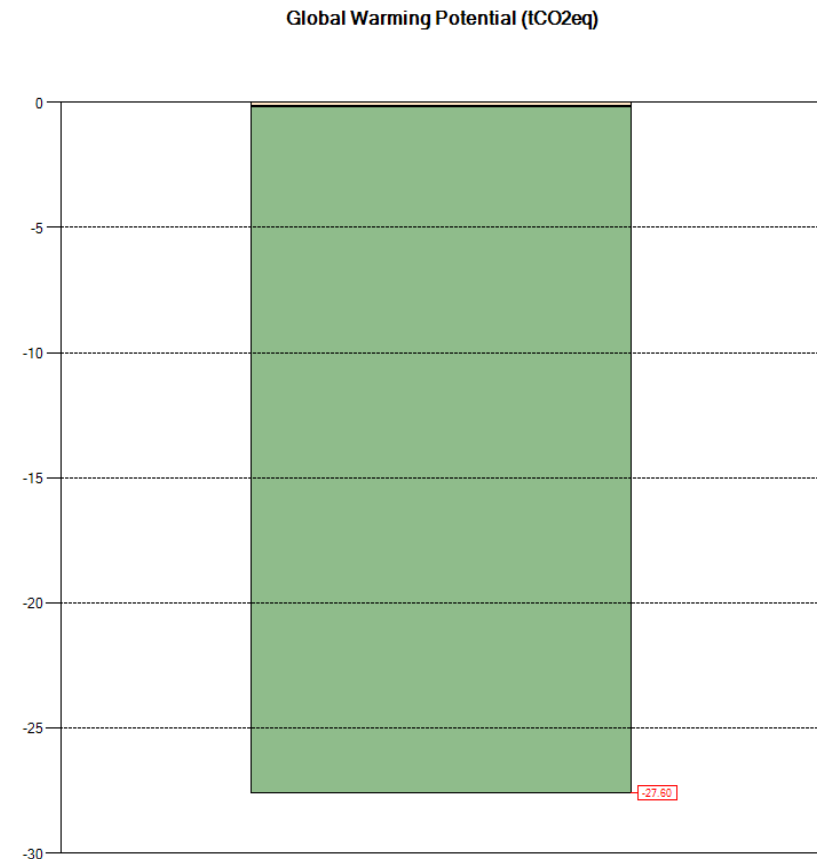
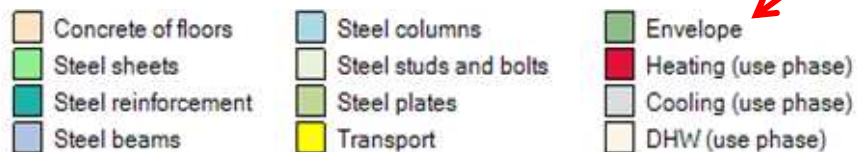


- **Moduł D** (Korzyści i obciążenia poza granicami systemu) dla przypadku S460 wykazują wartość GWP :

-27.6 t CO₂eq

- Najważniejsze korzyści ze stosowania materiałów wtórnych w obrębie elementów przegród zewnętrznych:

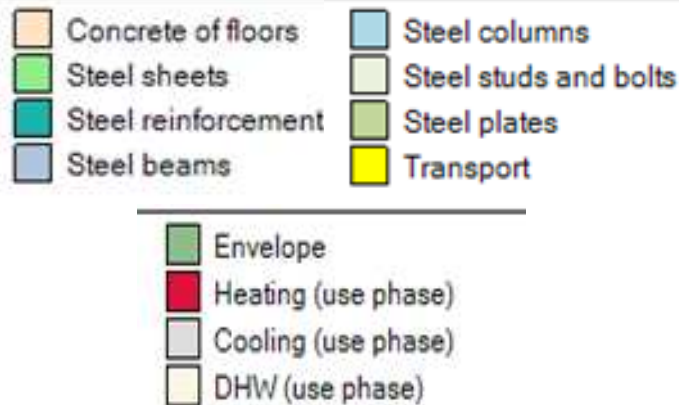
- Elementy fasadowe z **lekkich stalowych ram** oraz
- **Stalowe arkusze** na dachu



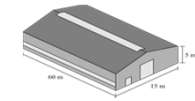


Wyniki: konstrukcja betonowa

- **Moduł A: wartość całkowita GWP impact = 183 tCO₂eq**
- Wartość całkowita GWP z uwagi na **system konstrukcyjny** = 80 tCO₂eq, z 40% udziałem dla betonu podłogi.

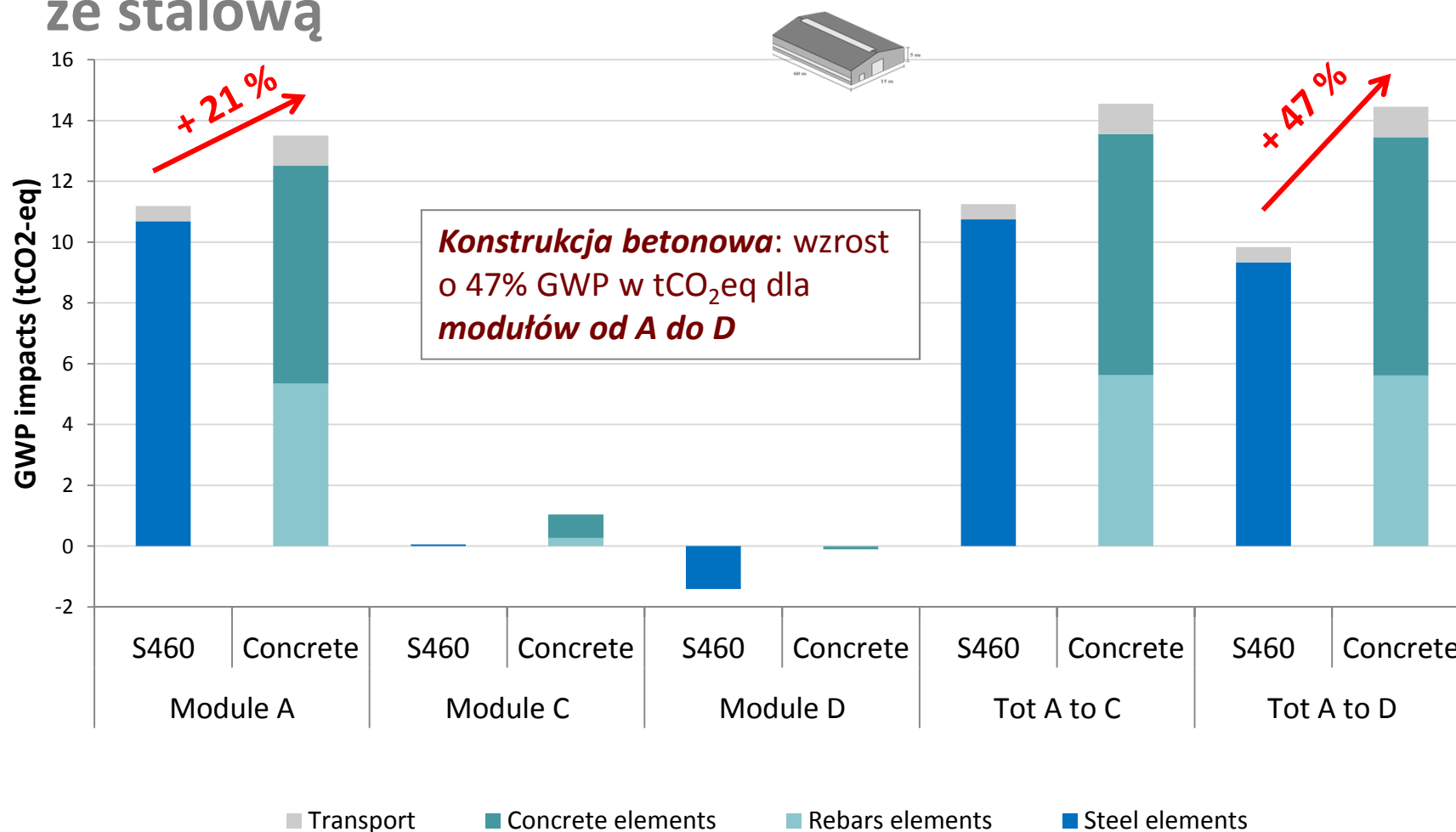


Global Warming Potential (tCO₂eq)



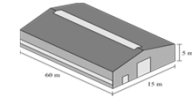


Wyniki dla GWP: konstrukcja betonowa w porównaniu ze stalową

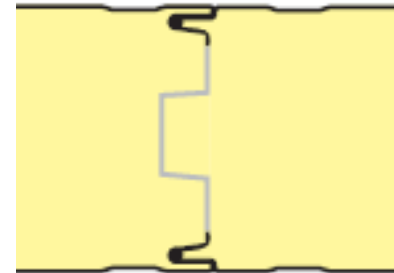
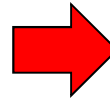
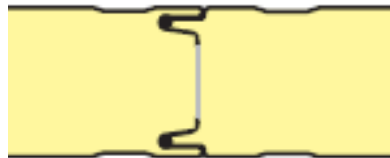




Korzyści środowiskowe związane ze zwiększeniem grubości warstwy izolacji cieplnej



80 mm

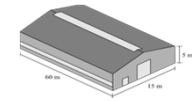


200 mm

- Łatwe obliczeni z AMECO3 : program prosty w obsłudze
 - **Faza użytkowa** (moduł B): oszczędności netto: 888 tCO₂-eq
 - **Faza wytwarzania** (moduł A) : wzrost o 13 tCO₂eq, w związku z wytworzeniem większej ilości materiału termoizolacyjnego
- W porównaniu do redukcji zużycia energii jest to wartość pomijalna, co uwydatnia celowość poprawy efektywności energetycznej budynku.



Wyniki : wnioski



- ***Eksplatacja i związane z nią rodzaje aktywności*** budynku odpowiedzialne są za większą część oddziaływania na środowisko (śladu węglowego). Tak więc efektywne systemy mogą znacznie zoptymalizować wartości osiągnęte w analizie LCA dla budynku.
- ***Konstrukcje stalowe*** wykonane z ***kształtowników walcowanych na gorąco są korzystniejsze środowiskowo*** (bardziej zrównoważone) niż ***betonowe***, nawet jeśli nie uwzględnia się możliwości recyklingu. Dzięki ***recyklingowi*** materiałów po ***zakończeniu cyklu życia*** (nieskończony recykling stali i wtórne użycie betonu), różnica między konstrukcją stalową a betonową jeszcze wzrasta
- Zmniejszenie zużycia materiałów poprzez zastosowanie ***stali wysokiej wytrzymałości*** jest korzystne dla środowiska.