



# Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

## CASI STUDIO



**Dicembre 2014**

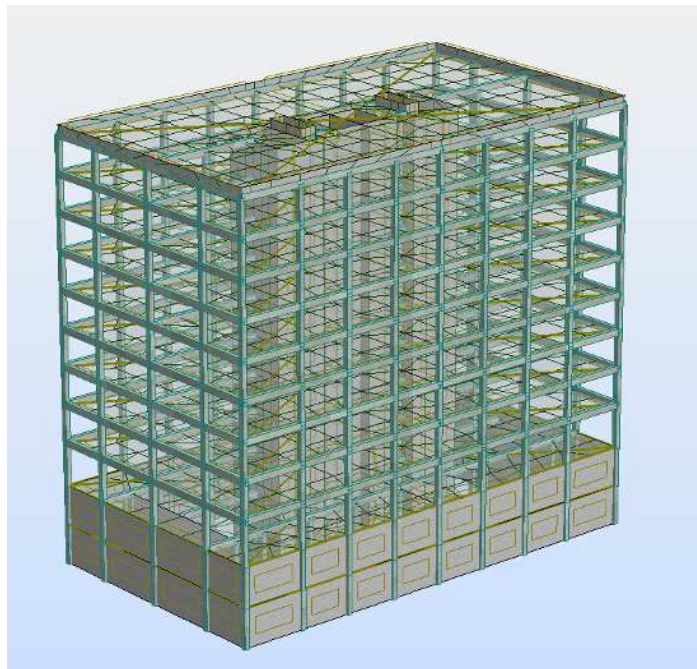


## Indice

- 1) Edificio per uffici: tipico edificio per uffici del mercato francese
- 2) Edificio residenziale: CasaBuna in Romania
- 3) Edificio industriale: struttura intelaiata in acciaio e cemento a Parigi

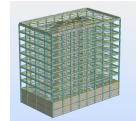


## Edificio per uffici: tipico edificio per uffici del mercato francese





## Scopo dello studio

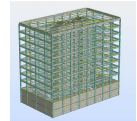


Obiettivo di questo studio è confrontare l'impatto ambientale di un edificio per uffici considerando tre diverse tipologie strutturali:

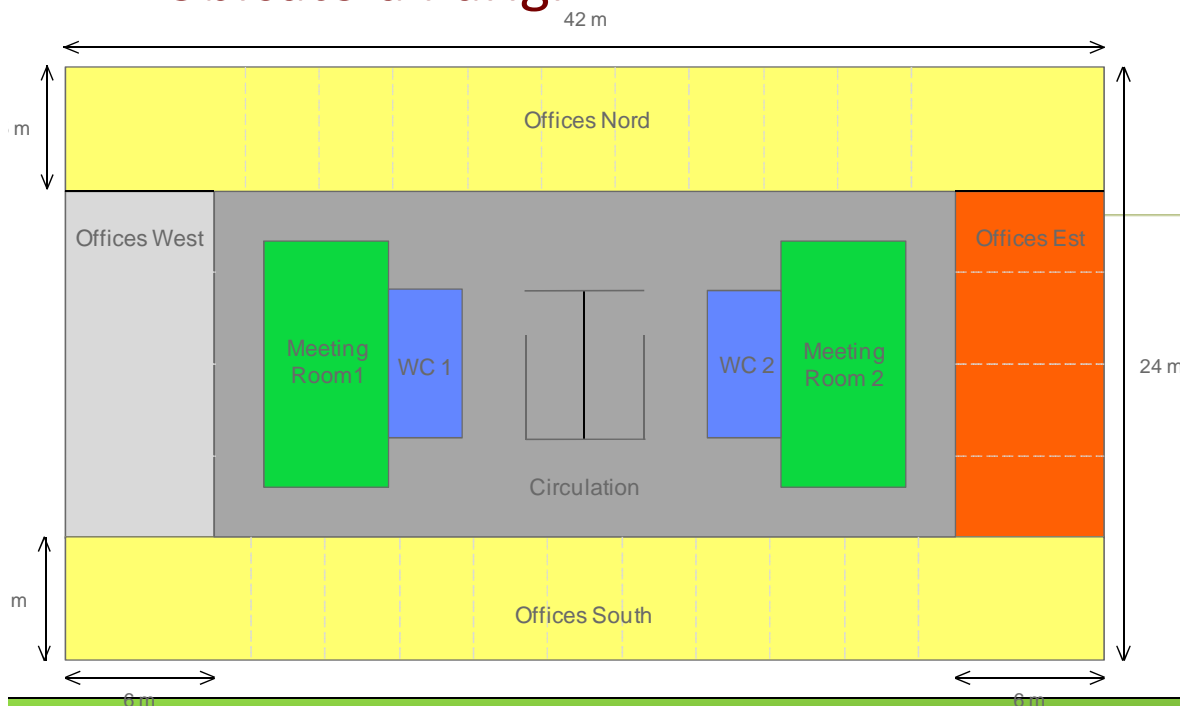
- struttura mista acciaio-calcestruzzo
- struttura in cemento armato
- struttura mista acciaio-calcestruzzo ottimizzata (questa ottimizzazione è stato condotta attraverso un progetto di ECO-Design)



## Definizione dell'edificio



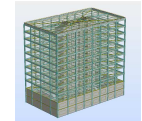
- Area dell'edificio in pianta: 42x24 m
- Numero di livelli della sovrastruttura (escluso il piano terra): 8 livelli
- Ubicato a Parigi



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 <sup>2</sup>		
Total area of building	9311	m <sup>2</sup>		
Structure only	No			
Building type	Office			



## Occupazione & Sistemi



Project	Building	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
Occupancy related data									
Comfort requirements									
Edificio tipo per uffici →									
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									

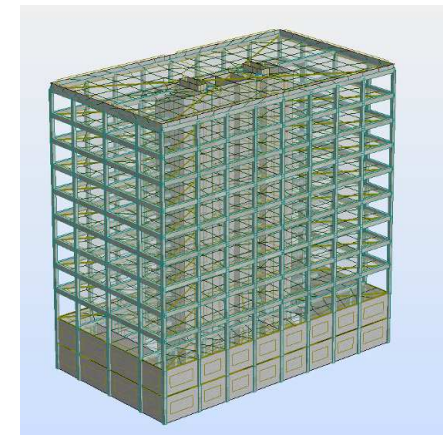
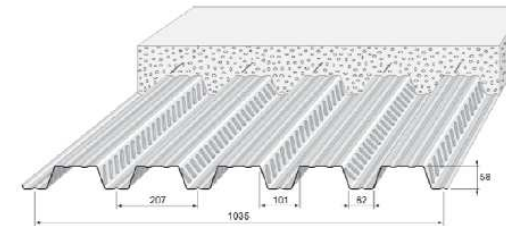
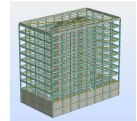
- Riscaldamento & raffrescamento: sistema split
- Ventilazione meccanica con un sistema di recupero del calore
- Sistema ACS: caldaia elettrica

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 ▼



## Scenario strutturale

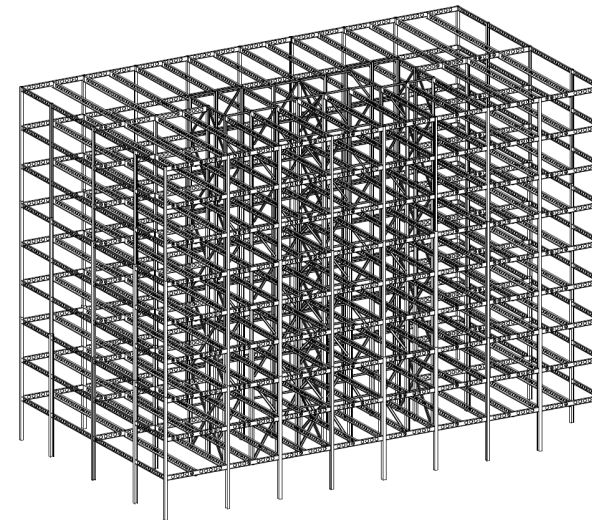
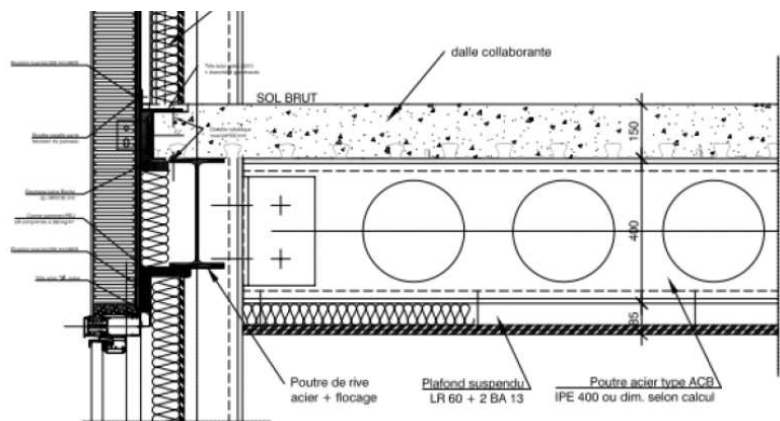
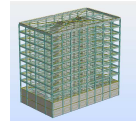
- **Struttura mista**
  - Profili in acciaio S355
  - Lamiera grecata COFRA+60 con 15 cm di cls(C30/37)
  - Nucleo centrale in cemento armato (C30/37)
- **Struttura in cemento**
  - Solaio con lastre alveolari prefabbricate (C30/37)
  - Cemento armato per travi e colonne (C30/37)
  - Nucleo centrale in cemento armato (C30/37)





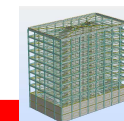
## Scenario strutturale

- Struttura mista Eco-ottimizzata
  - Profili in acciaio S460
  - Lamiera grecata COFRA+60 con 15 cm di cemento (C30/37)
  - Controventi in acciaio (S460)





## Sovrastruttura dell'edificio per uffici

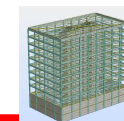


Componente strutturale	Ipotesi 1 Struttura mista	Ipotesi 2 Struttura cemento	Ipotesi 3 Struttura mista eco-ottimizzata
Elementi principali	239.9 t di sezioni in acciaio	1199 t di cls	197.1 t di sezioni in acciaio
Piatti di connessione in acciaio	14.994 t	/	11.827 t
Armatura in acciaio	/	59.1 t	/
Nucleo in cemento	Cls C30/37 1941 t Barre in acciaio 44.16 t	Cls C30/37 1941 t Barre in acciaio 44.16 t	/
Nucleo in acciaio	Bearing structure of the building		Sezioni in acciaio 75.46 t Connessioni piatti in acciaio 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



## Solaio dell'edificio per uffici



Componente strutturale	Ipotesi 1 Struttura mista	Ipotesi 2 Struttura in cemento	Ipotesi 3 Struttura mista eco-ottimizzata
Elementi in acciaio	Cofraplus 60 : 70.6 t	/	Cofraplus 60 : 70.6 t
Altezza totale	150 mm	240 mm + 70mm di massetto	150 mm
Soletta in calcestruzzo	2246 t	4688 t	2246 t
Armatura in acciaio	16.56 t	16.56 t	16.56 t

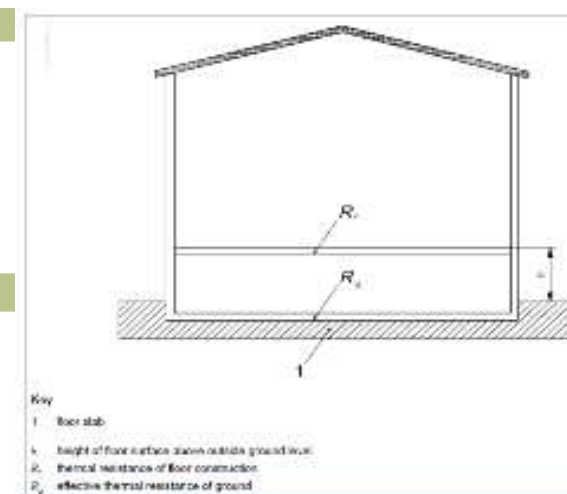
Steel elements		
Type of slab	Composite slab	▼
Steel deck	Cofraplus 60	▼
Thickness of the deck	0.750	▼ mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm

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

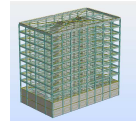
  

Total mass of the floor slabs	2805	t
-------------------------------	------	---

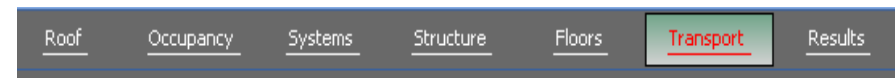




## Trasporto



- Trasporto dell'acciaio:
  - Peso totale : 369.6 t
  - Trasporto : 500 km con camion
- Trasporto del cemento:
  - Peso totale : 4676 t
  - Trasporto : 50km con betoniera



### Transport parameters

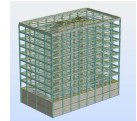
Steel elements		
Total steel transported	369.6	t
Values for the transport impacts	User values	
Mass transported by electric train	0.0	t
Distance	0.0	km
Mass transported by regular trucks	369.6	t
Distance	500	km

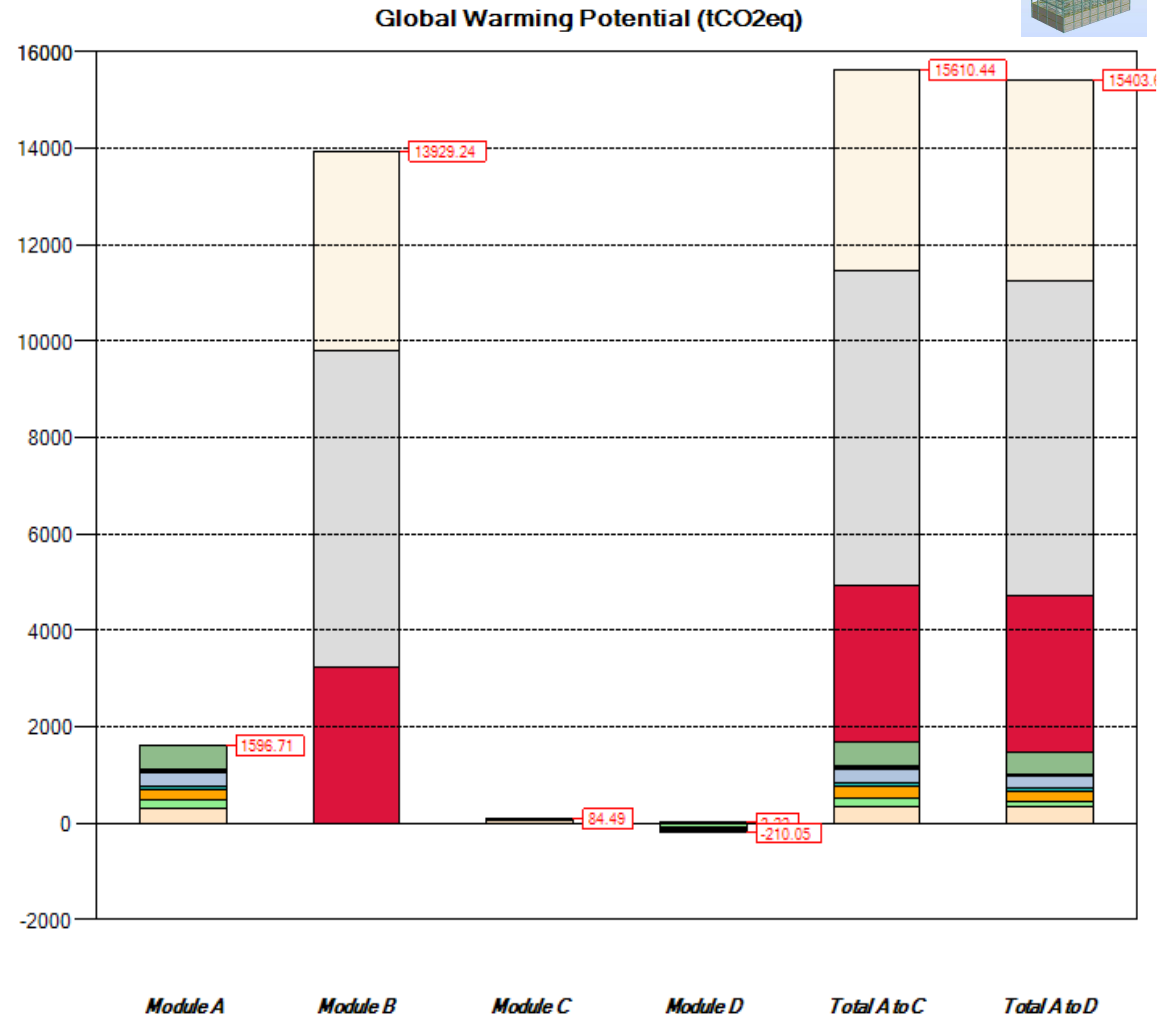
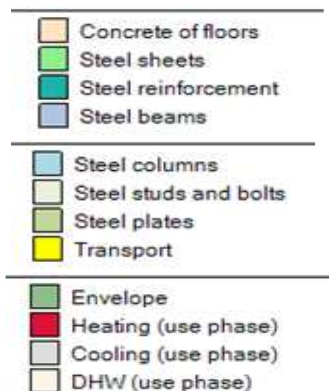
Concrete elements		
Total concrete transported	4676	t
Concrete produced on site	4676	t
Distance by mixer trucks	50.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km



## Risultati globali dell'edificio per uffici

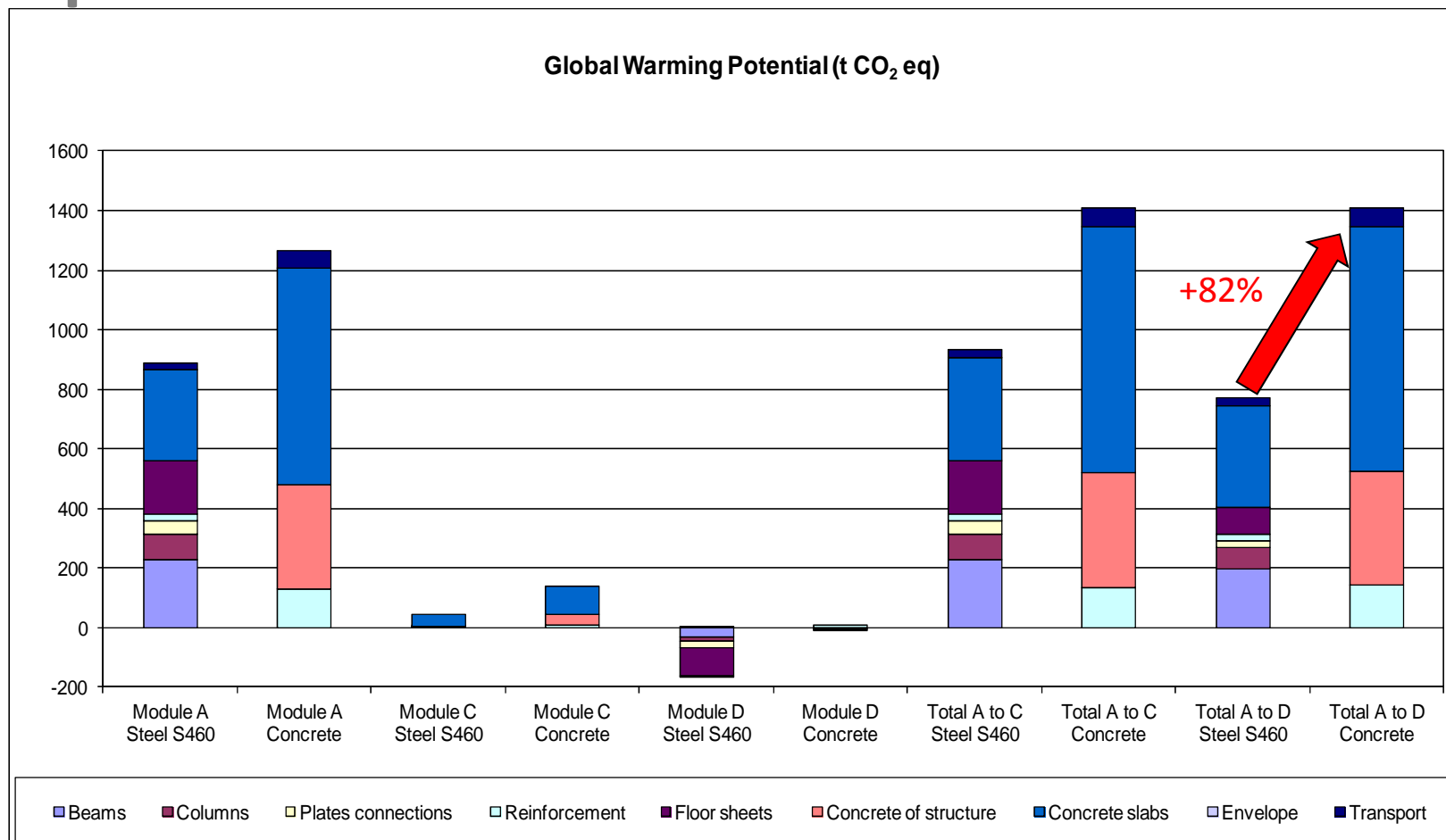
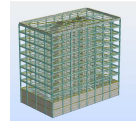


- La fase d'uso (modulo B) provoca circa il 91% dell'impatto globale GWP, per ogni tipologia strutturale



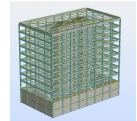


## Risultati: impatti GWP della struttura in acciaio vs quella in cemento armato





## Resultati : conclusioni



- Le attività del costruire generano gran parte dell'impatto ambientale. Pertanto, ***efficaci sistemi di facciata*** possono ottimizzare fortemente l'LCA dell'edificio, indipendentemente dal **sistema strutturale**
- ***Strutture miste*** realizzate con **sezioni laminate a caldo** risultano più sostenibili di quelle in **cemento armato** anche se non si prende in considerazione l'operazione di riciclo. Grazie al ***riciclo*** del materiale nella fase di **Fine vita**, la differenza tra la soluzione in acciaio e quella in cemento armato aumenta (circa 82%)
- Minimizzare l'uso di materiale attraverso l'uso di acciaio ad **alta resistenza** apporta grande beneficio per l'ambiente.

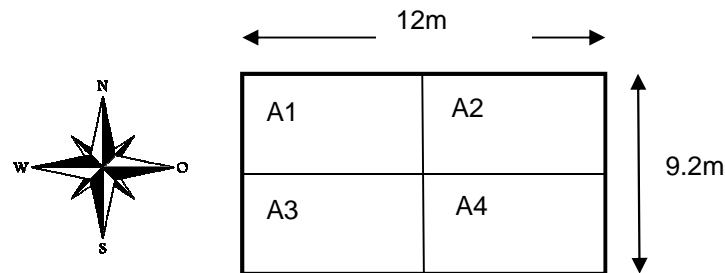


## Edificio residenziale: CasaBuna in Romania





## Definizione dell'edificio



- 4 appartamenti di 55m<sup>2</sup> di area netta, sviluppati in maniera uguale su 2 piani.
- Ubicati a Timisoara

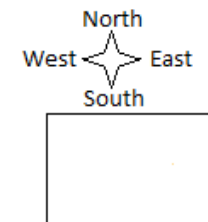


Project **Building** Envelope Base Floor Roof

### 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 <sup>2</sup>
Total area of building	220,8	m <sup>2</sup>
Structure only	No	▼
Building type	Residential	▼



#### Location

Country Romania ▼  
 Location Timisoara ▼  
 Display



## Componenti dell'involucro



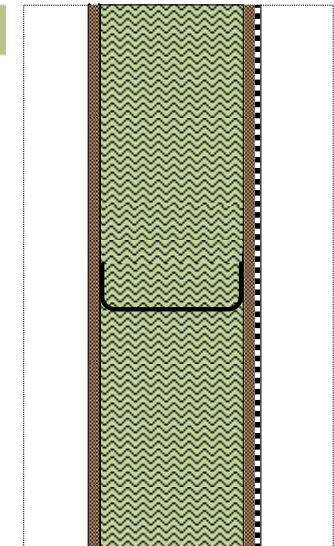
	Nord/Sud [m <sup>2</sup> ]	Ovest/East [m <sup>2</sup> ]	Somma [m <sup>2</sup> ]
<b>Pareti</b>	47	41	87
<b>Vetri</b>	22	12	34
<b>Aree totali</b>	69	53	122

### Definition of the building envelope

#### Facade

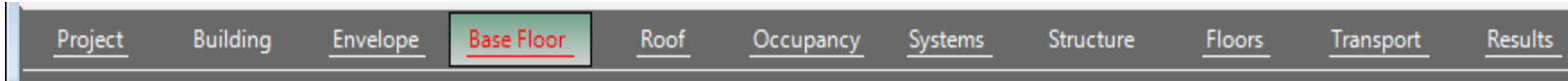
Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m <sup>2</sup>
Opening area	22	12	22	12	%

- Facciata : pannelli in acciaio leggero, isolati con 120mm di lana di roccia
- Finestre : doppi vetri & telai in alluminio
- Copertura

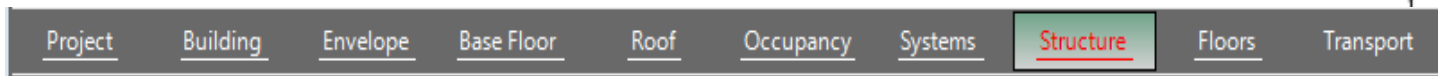
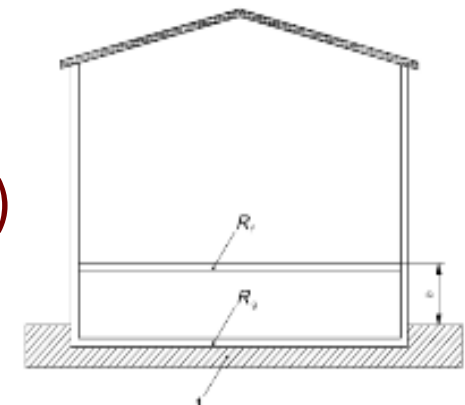




## Piano terra & Struttura dell'abitazione



- Piano terra rialzato, di 0.2m di spessore realizzato in cemento armato (0.7t di barre)



- Parete esterna: struttura intelaiata in acciaio leggero & ➔ Componenti della copertura = assenza di elementi strutturali in acciaio aggiuntivi

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
<b>Total mass of structure</b>	<b>0,0</b>	<b>t</b>



## Occupazione & Sistemi



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

Edificio  
residenziale tipo



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

- Sistema di riscaldamento : combustione a gas
- Assenza di sistema di raffrescamento
- Assenza di ventilazione meccanica
- Sistema ACS : caldaia elettrica

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



## Trasporto



- **Trasporto dell'Acciaio :**

- Peso totale : 1.583t (Rebars)
- Trasporto : Trasporto medio europeo per l'acciaio, per 1t sulla distanza media europea

Roof   Occupancy   Systems   Structure   Floors   **Transport**   Results

### Transport parameters

#### Steel elements

Total steel transported	<input type="text" value="1,583"/>	t
Values for the transport impacts	<input type="text" value="Average values"/>	<input type="button" value="v"/>

- **Trasporto del Cemento:**

- Peso totale : 52.11t (Piano terra)
- Trasporto : 30km con betoniere

#### 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

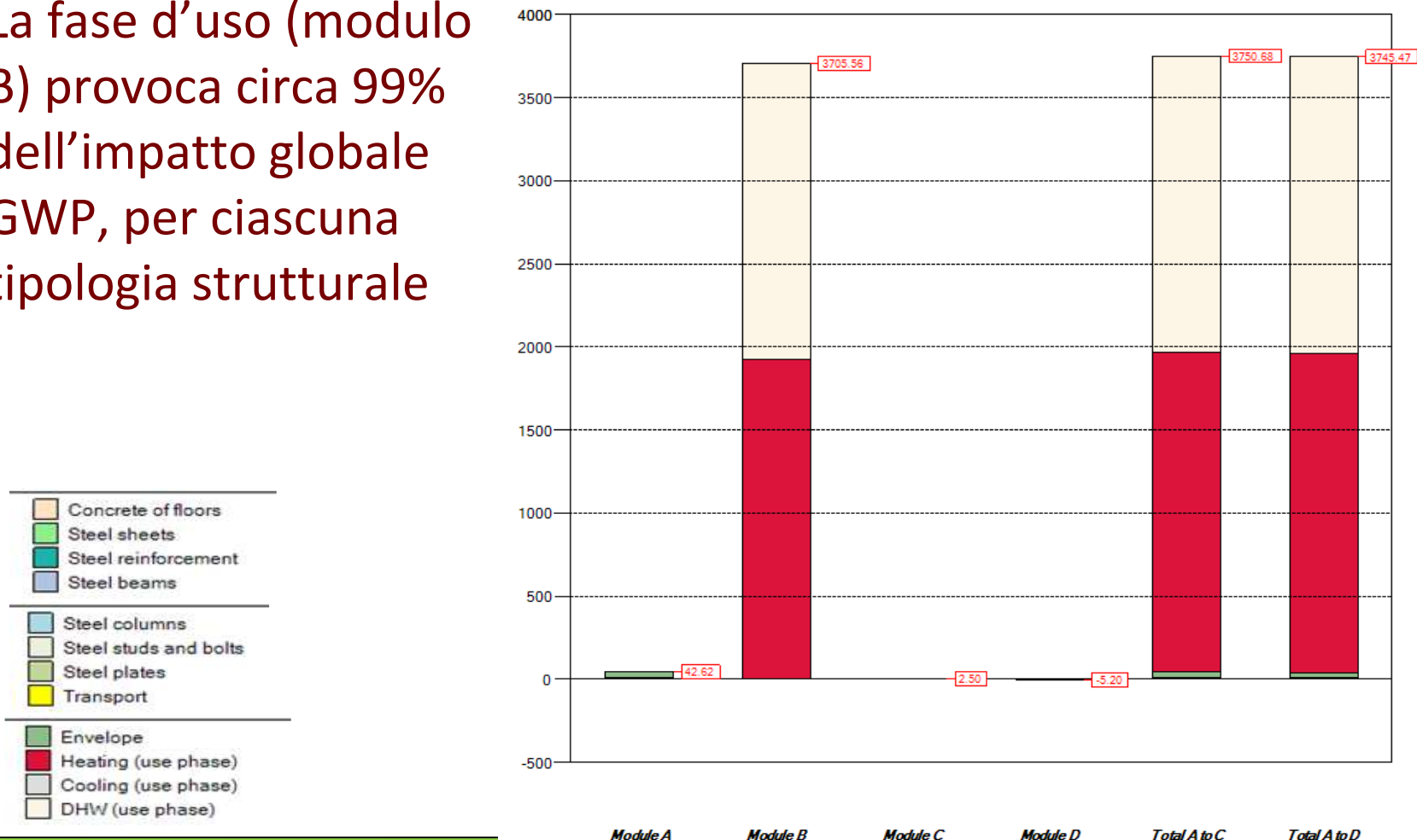


## Risultati generali di CasaBuna



- La fase d'uso (modulo B) provoca circa 99% dell'impatto globale GWP, per ciascuna tipologia strutturale

Global Warming Potential (tCO<sub>2</sub>eq)





## Consumi energetici relativi al riscaldamento



### 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												
Qh,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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> /year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m <sup>2</sup> /year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m <sup>2</sup> /year

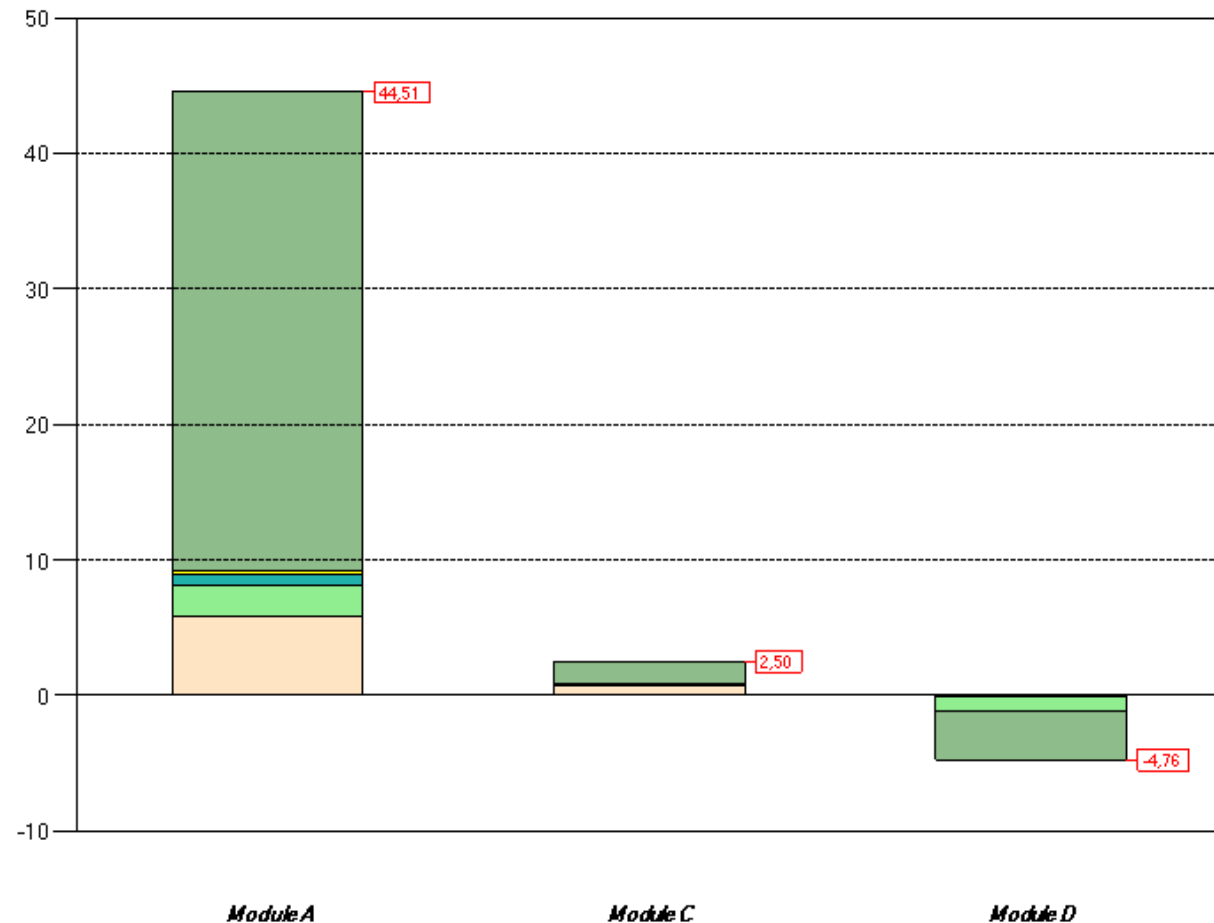


## Resultati : impatti dei materiali

Global Warming Potential (tCO<sub>2</sub>eq)



- I materiali dell'involucro generano il 79% dell'impatto totale di GWP & fase di produzione (Modulo A)





## Risultati: conclusioni

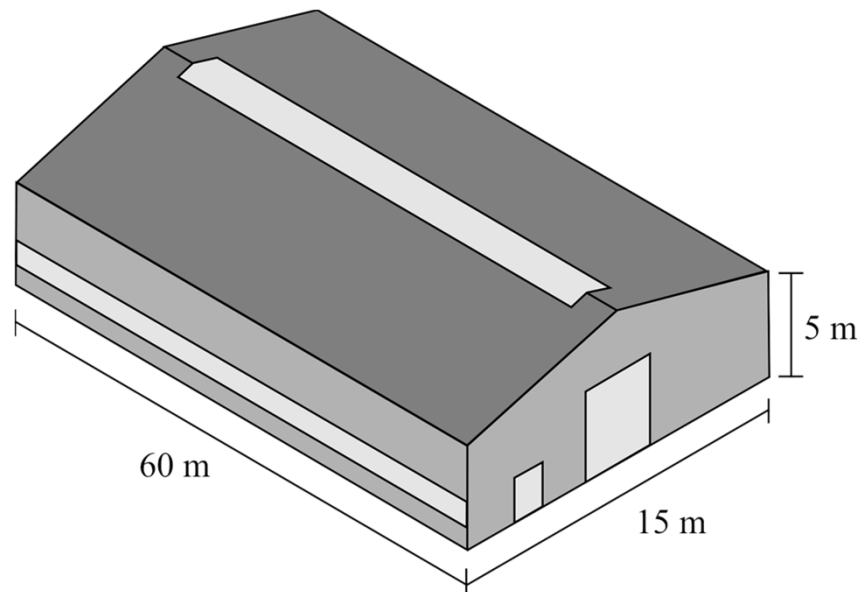


- La ***Fase d'uso*** (Modulo B) degli edifici residenziali è quella che impatta maggiormente da un punto di vista ambientale.

Il sistema strutturale potrebbe essere del tutto trascurato. Pertanto, i sistemi di facciata possono ottimizzare fortemente la valutazione del ciclo di vita dell'edificio

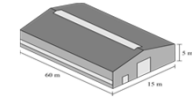


## Edificio industriale: struttura a telaio in acciaio e cemento a Parigi





## Scopo dello studio



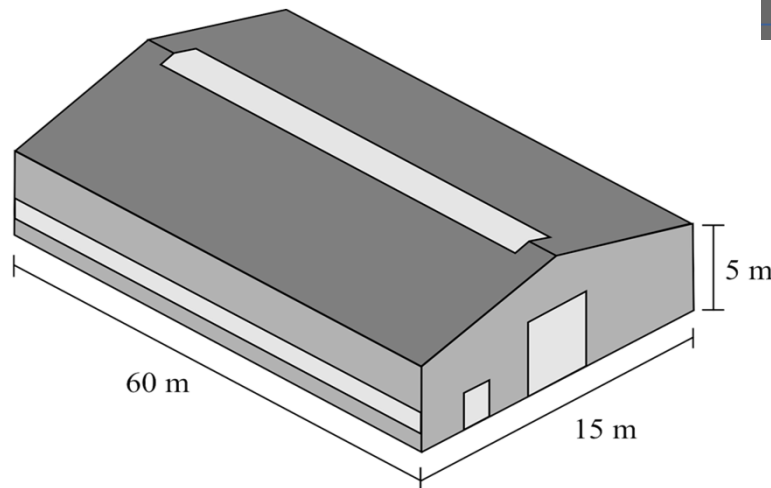
Confrontare l'analisi LCA di un edificio industriale, considerando 2 sistemi strutturali diversi:

- Telaio incernierato alla base, composto da profili laminati a caldo
- Pilastri incastrati, travi incernierate, composto da colonne e travi in cemento armato





## Definizione dell'edificio

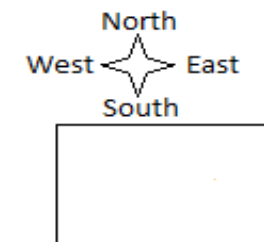


Project	<b>Building</b>	Envelope	Base Floor	Roof	Occupancy	Systems	Structure
---------	-----------------	----------	------------	------	-----------	---------	-----------

### 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 <sup>2</sup>
Total area of building	900,0	m <sup>2</sup>
Structure only	No	▼
Building type	Industrial	▼



- Capannone industriale di 900m<sup>2</sup>
- Ubicato a Parigi

#### Location

Country	France	▼
Location	Paris	▼
<input type="button" value="Display"/>		



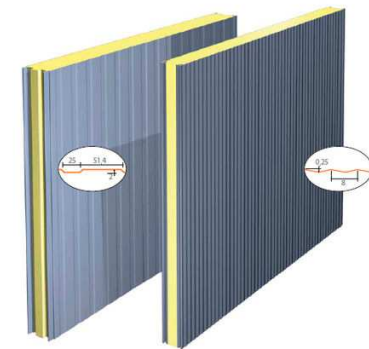
## Componenti dell'involucro

- Facciata : pannelli sandwich 80mm PUR

*Variante energetica : pannelli sandwich 200mm PUR*

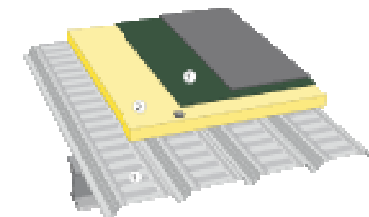
- Finestre : doppio vetro & telai in alluminio

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/(m².K)			
Opening type	Double glazing						
U-value for openings	2,9			W/(m².K)			
Shading device type	No shading device						
Shutter type	No shutter						



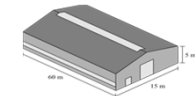
- Copertura : Membrane isolanti impermeabili in lana di roccia da 140 millimetri

Roof	
Roof type	Waterproof membrane
U-value for the roof (flat part)	0,31 W/(m².K)





## Piano terra dell'edificio industriale



Componente strutturale	Ipotesi 1 Telaio in acciaio S235	Ipotesi 2 Telaio in acciaio S460	Ipotesi 3 Telaio in cemento
Solaio del piano terra	Cemento: 425.7 kg Barre: 14.4 t		

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

Base floor

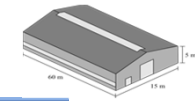
U-value for the base floor	0.44	W/(m <sup>2</sup> .K)
Base floor type	Slab on Ground Floor	
Thickness of concret base floor	0.2	m
Mass of reinforcing steel	14.4	t
Internal heat capacity of ground	74612	J/(m <sup>2</sup> .K)
Internal heat capacity of intermediate floor	0	J/(m <sup>2</sup> .K)
Internal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

Key  
1 floor slab  
2 ground  
= thickness of internal axis

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



## Occupazione & Sistemi



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

Edificio  
industriale



### 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

- Sistema di riscaldamento: combustione a gas
- Assenza di sistema di raffrescamento
- Assenza di ventilazione meccanica
- Assenza di sistema di ACS

### Description of building systems

#### Heating system

Heating system type

#### Cooling system

Cooling type system

#### Mechanical ventilation system

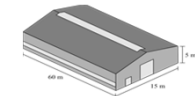
Heat recovery system

#### DHW system

DHW system type



## Struttura edificio industriale



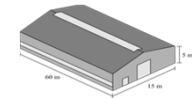
Componente strutturale	Ipotesi 1 Telaio acciaio S235	Ipotesi 2 Telaio acciaio S460	Ipotesi 3 Telaio in cemento armato
Travi principali	IPE 450 (6.88t)	IPE 330 (4.33 t)	Unità precompresso T80 (34.19 t) Armatura BSt500 202.5 kg/m <sup>3</sup> (2.93 t)
Colonne	Principale : IPE400 Secondaria : HEA480 (4.17 t)	Principale : IPE400 Secondaria : HEA480 (4.17 t)	Sezione cemento 0.4x0.4m C30/37 (30.12 t) Armatura BSt500 108.1 kg/m <sup>3</sup> (1.38 t)
Bulloni	43 kg		/
Piastre di connessione	336 kg		/

Steel elements		
Beams (Hot rolled profiles)	4,330	t
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t

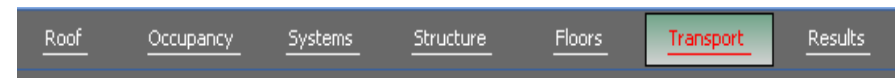
Occupancy	Systems	Structure	Floors	Transport
-----------	---------	-----------	--------	-----------



## Trasporto



- **Trasporto dell'acciaio:**
  - Peso totale: 25.83t
  - Travi + Colonne + Elementi di connessione
  - Trasporto : Trasporto medio europeo per l'acciaio, per 1t sulla distanza media europea
- **Trasporto del cemento:**
  - Peso totale: 424.8t
  - Travi + Colonne
  - Trasporto : 30km con betoniere



### Transport parameters

#### Steel elements

Total steel transported  t

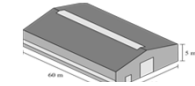
Values for the transport impacts

#### Concrete elements

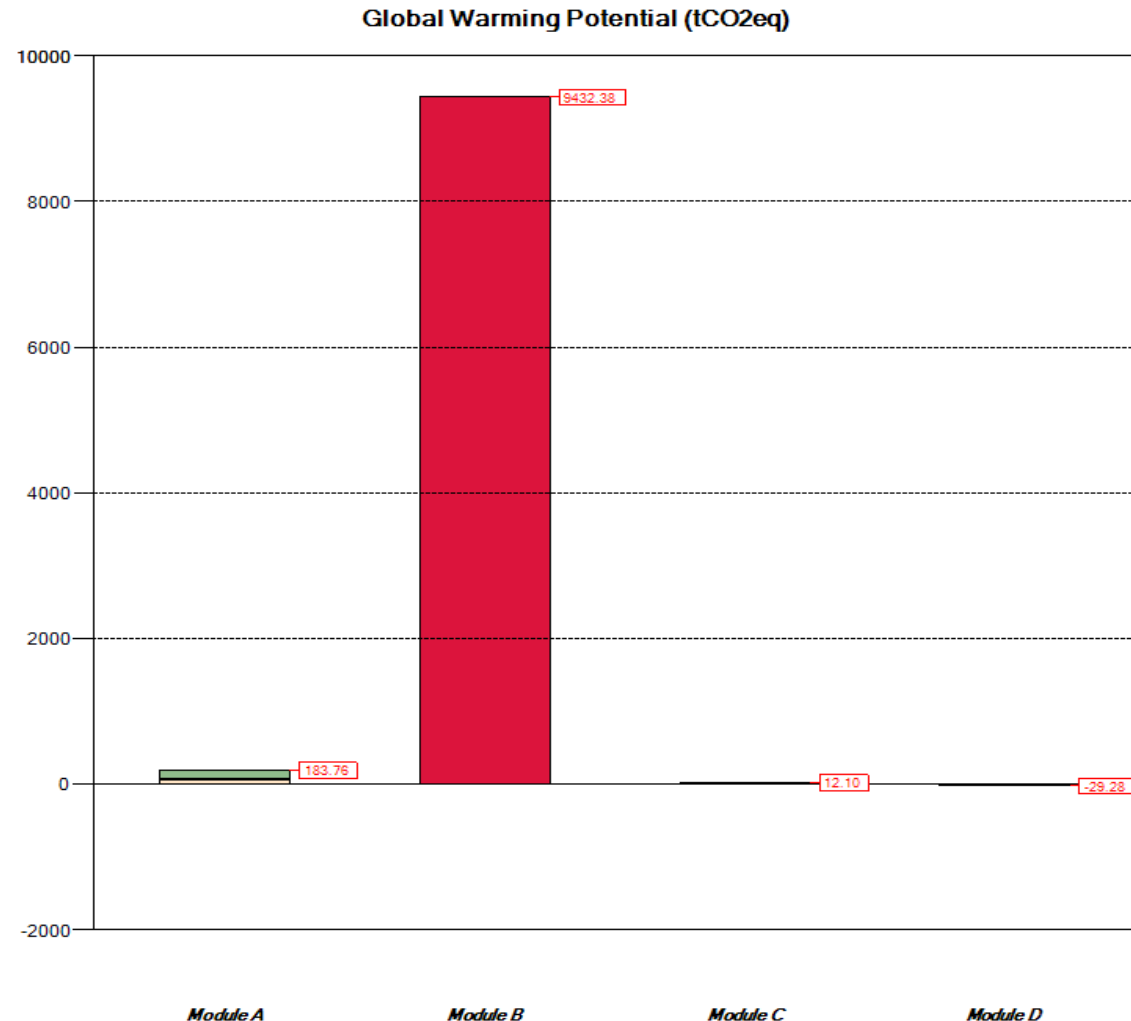
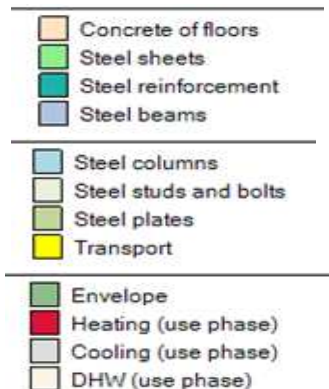
Total concrete transported	<input type="text" value="424.8"/>	t
Concrete produced on site	<input type="text" value="424.8"/>	t
Distance by mixer trucks	<input type="text" value="30.0"/>	km
Prefabricated concrete	<input type="text" value="0.0"/>	t
Distance by regular trucks	<input type="text" value="0.0"/>	km



## Risultati globali dell'edificio industriale

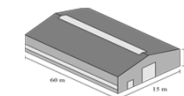


- La **fase d'uso** (modulo B) provoca circa il 99% dell'impatto globale GWP, per ogni tipologia strutturale dell'edificio industriale

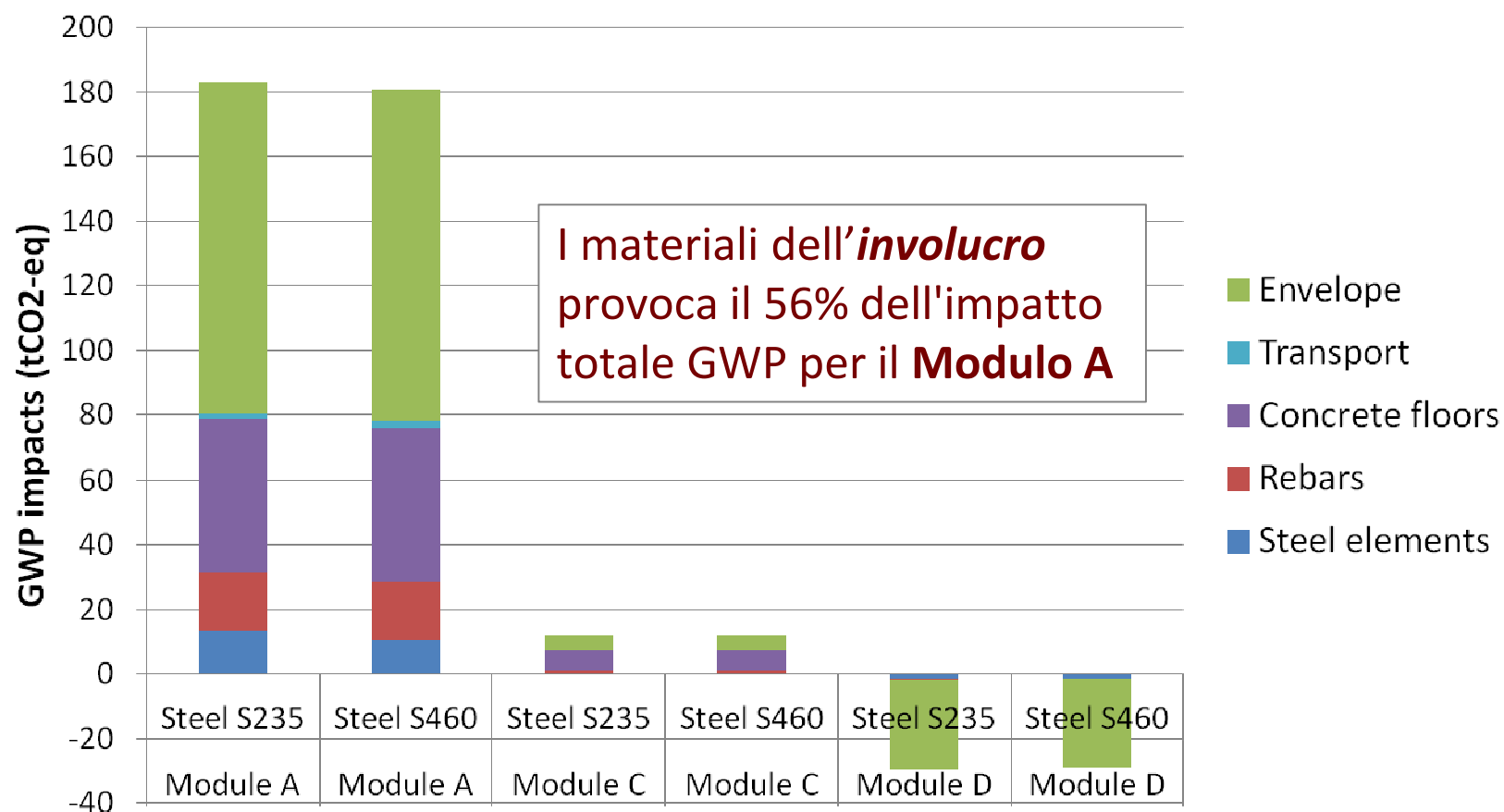




## Risultati : strutture in acciaio

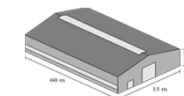


Comparison of the GWP impacts of the steel structural system with S235 vs S460

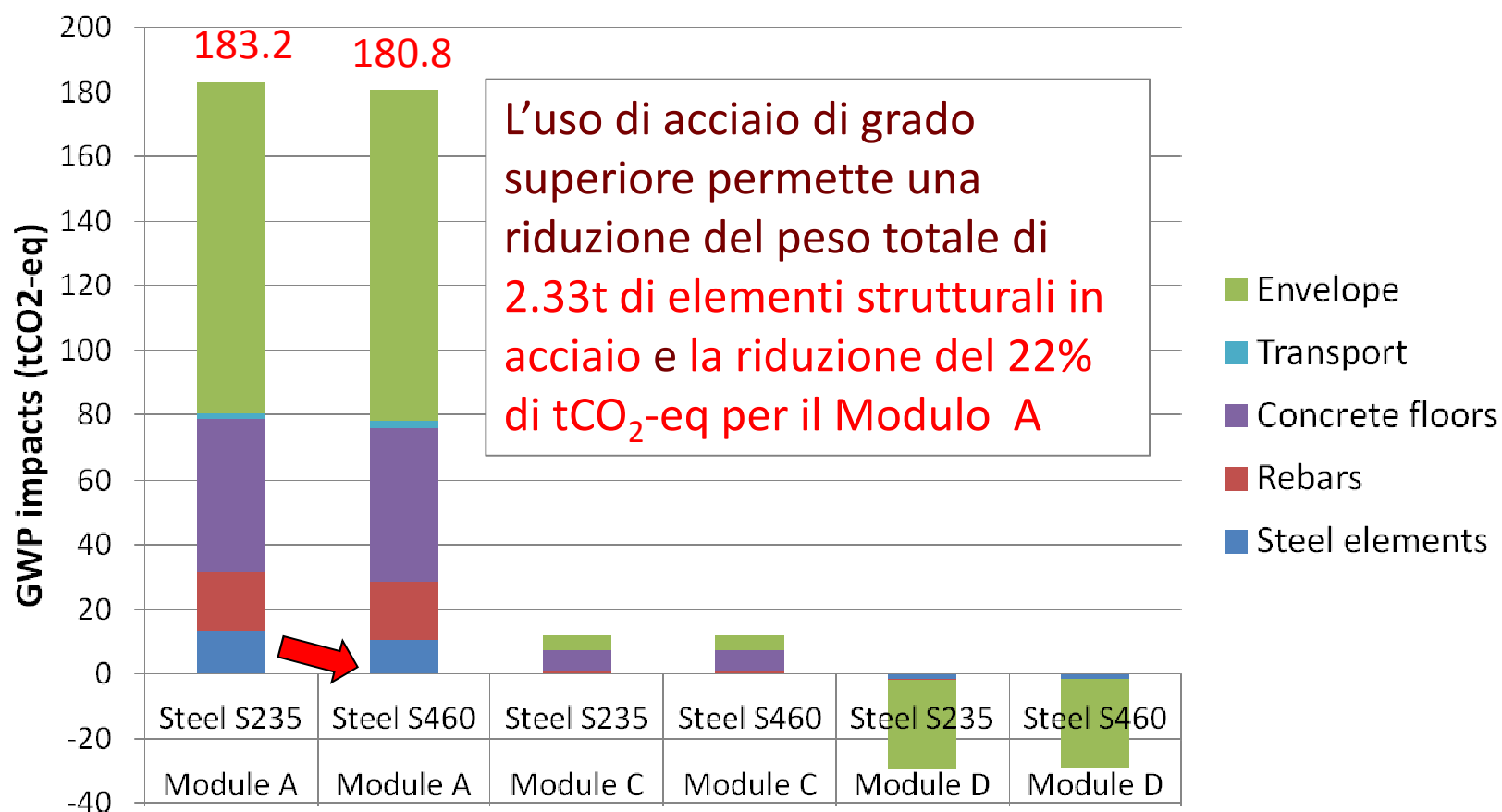




## Risultati : strutture in acciaio

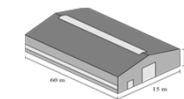


Comparison of the GWP impacts of the steel structural system with S235 vs S460

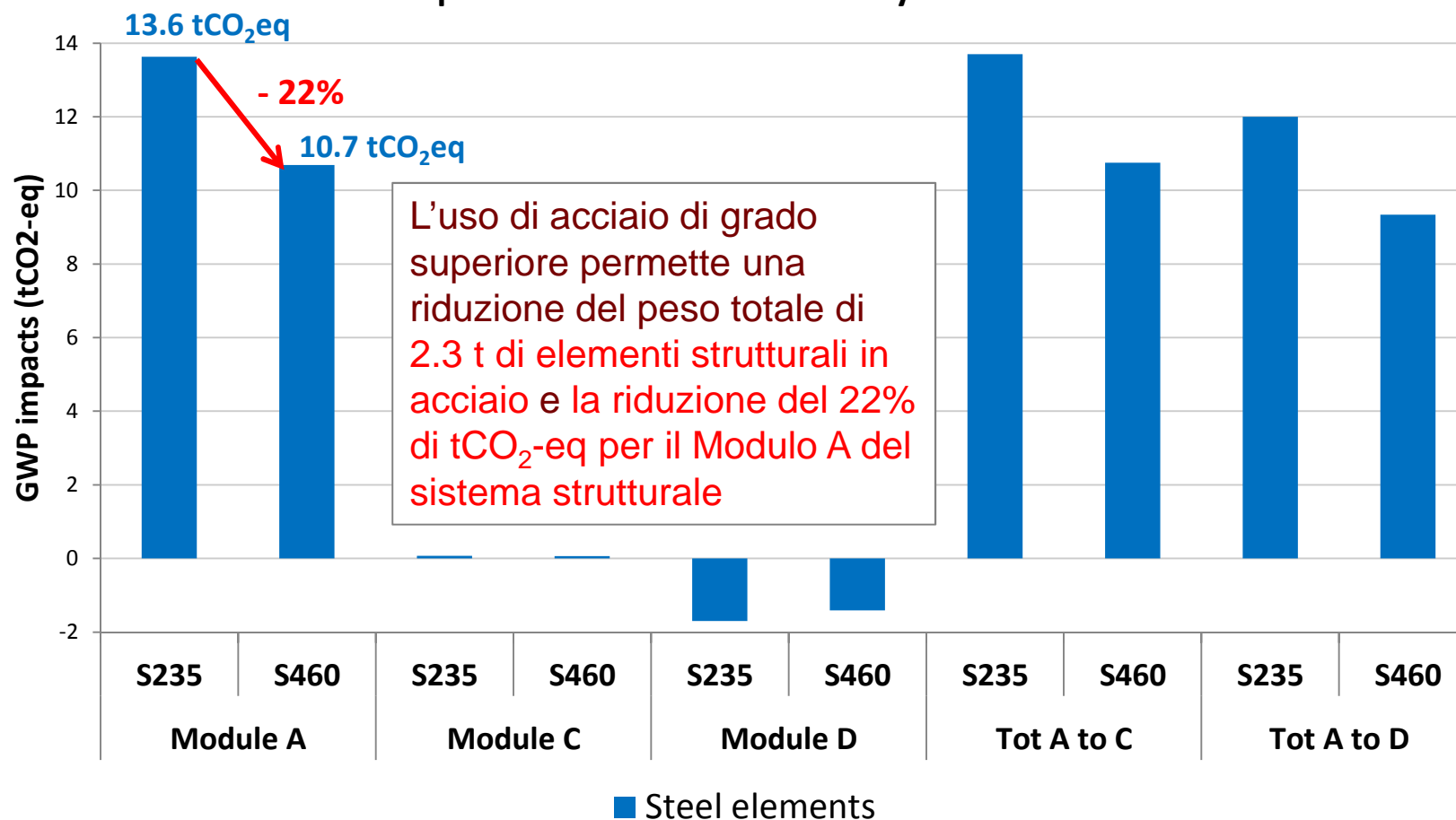




## Risultati: strutture in acciaio

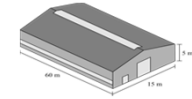


GWP impacts of the steel structural system with S235 vs S460





## Risultati : Modulo D della struttura in acciaio S460

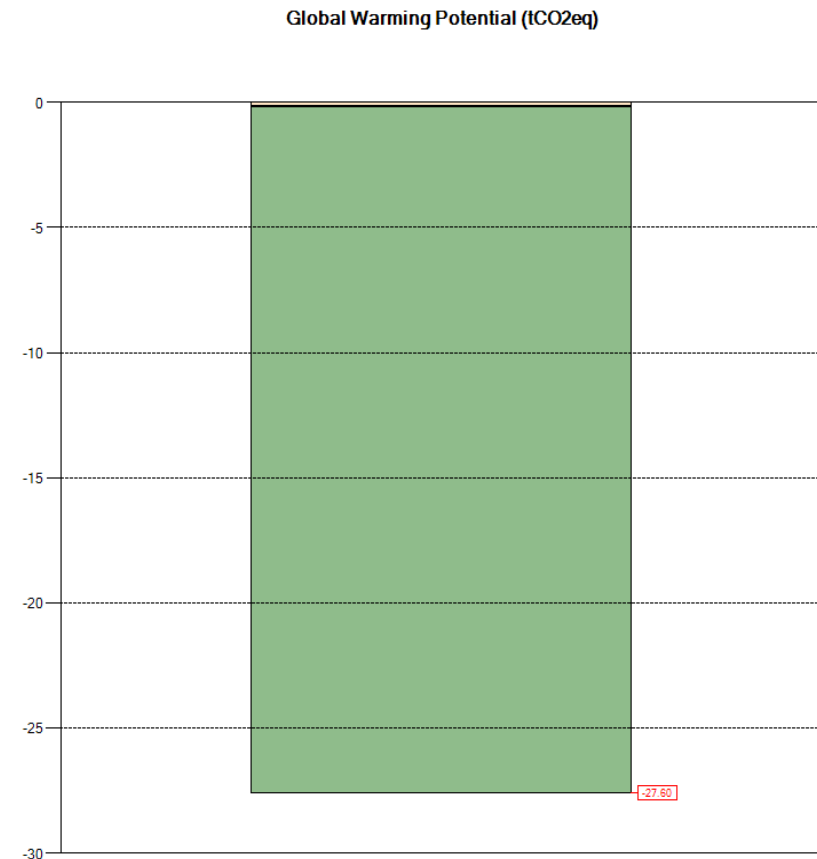
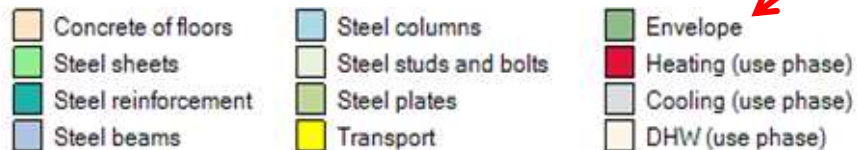


- **Modulo D** (Benefici e carichi al di là del sistema di confine) del caso studio S460 ha un impatto totale GWP di:

-27.6 t CO<sub>2</sub>eq

- E' da sottolineare i benefici dei materiali riciclati riguardo agli elementi dell'involucro:

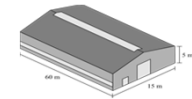
- *Elementi della parete in acciaio leggero*
- *Lamiera della copertura*



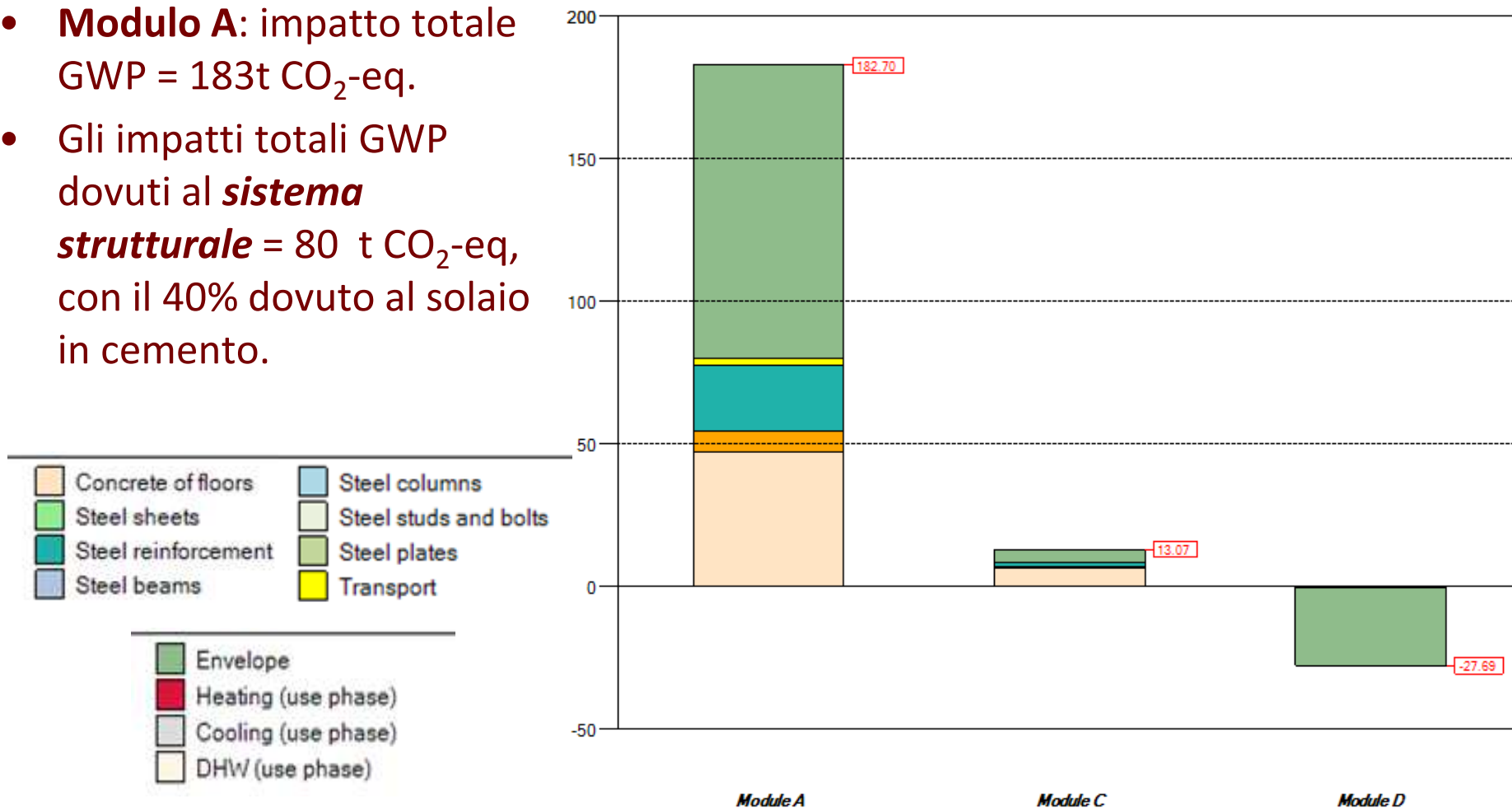


## Risultati: struttura in cemento

Global Warming Potential (tCO<sub>2</sub>eq)

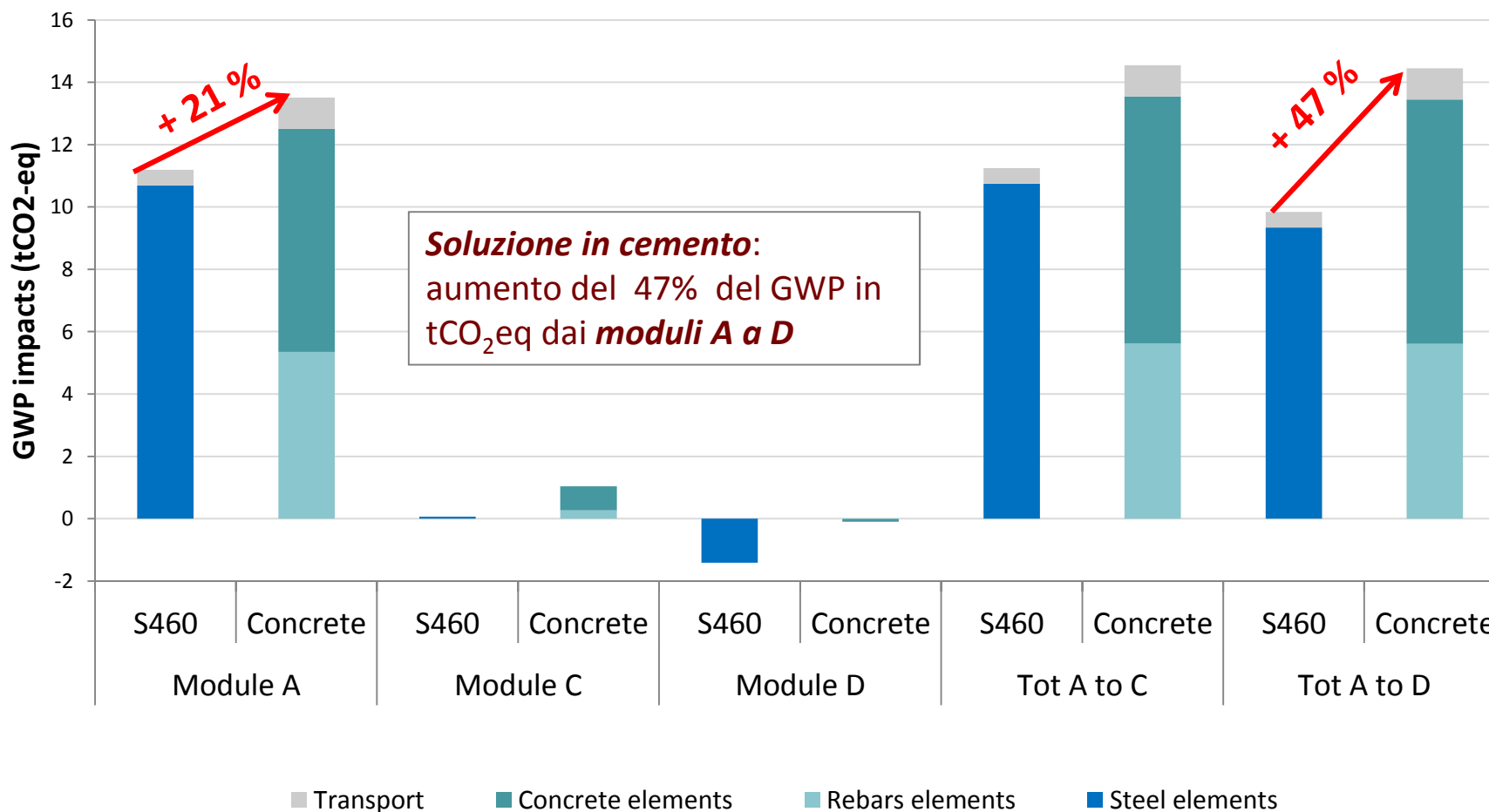
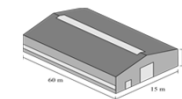


- **Modulo A:** impatto totale  
GWP = 183t CO<sub>2</sub>-eq.
- Gli impatti totali GWP  
dovuti al **sistema  
strutturale** = 80 t CO<sub>2</sub>-eq,  
con il 40% dovuto al solaio  
in cemento.



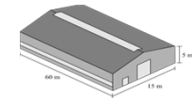


## Risultati: impatti GWP della struttura in acciaio vs cemento

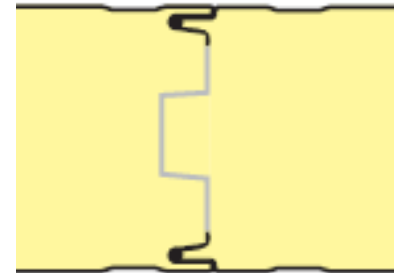
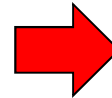
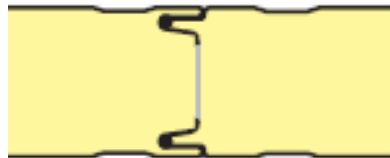




## Benefici ambientali dovuti all'aumento dello spessore dell'isolante



80 mm

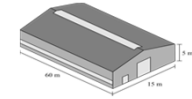


200 mm

- AMECO 3 consente facilmente di modifica l'analisi
- Fase d'uso (Modulo B): risparmio netto di 888 tCO<sub>2</sub>-eq
- Fase di produzione (Modulo A): aumento di 13.12 t CO<sub>2</sub>-eq, dovuto ad quantità superiore di isolante
- Con riferimento alla riduzione del consumo energetico, il risultato svantaggioso (Modulo A) è trascurabile, poichè risulta più importante migliorare l'efficienza energetica (Modulo B)



## Risultati : conclusioni



- Le **attività correlate alle costruzioni** generano gran parte dell'impatto ambientale. Pertanto, efficaci sistemi di facciata possono ottimizzare fortemente la LCA dell'edificio
- Le **strutture in acciaio** realizzate con **sezioni laminate a caldo** sono più sostenibili di quelle in **cemento**, anche senza considerare il riciclo. Grazie al **riciclo** dei materiali nella fase di **Fine vita** (riciclo infinito dell'acciaio e valorizzazione del cemento crushed), la differenza tra la soluzione in acciaio e cemento aumenta
- Minimizzare l'uso del materiale usando **Acciaio ad alta resistenza** è di grande beneficio per l'ambiente.