

Presentazione di supporto per i  
docenti di Architettura e Ingegneria  
civile

## **Capitolo 03**

**Perché gli acciai inossidabili?**

# Introduzione

Principali materiali utilizzati in  
architettura, edilizia e costruzione

# Utilizzo relativo dei principali materiali per l'edilizia oggi

**AGGIORNATO  
AL 2019 !**

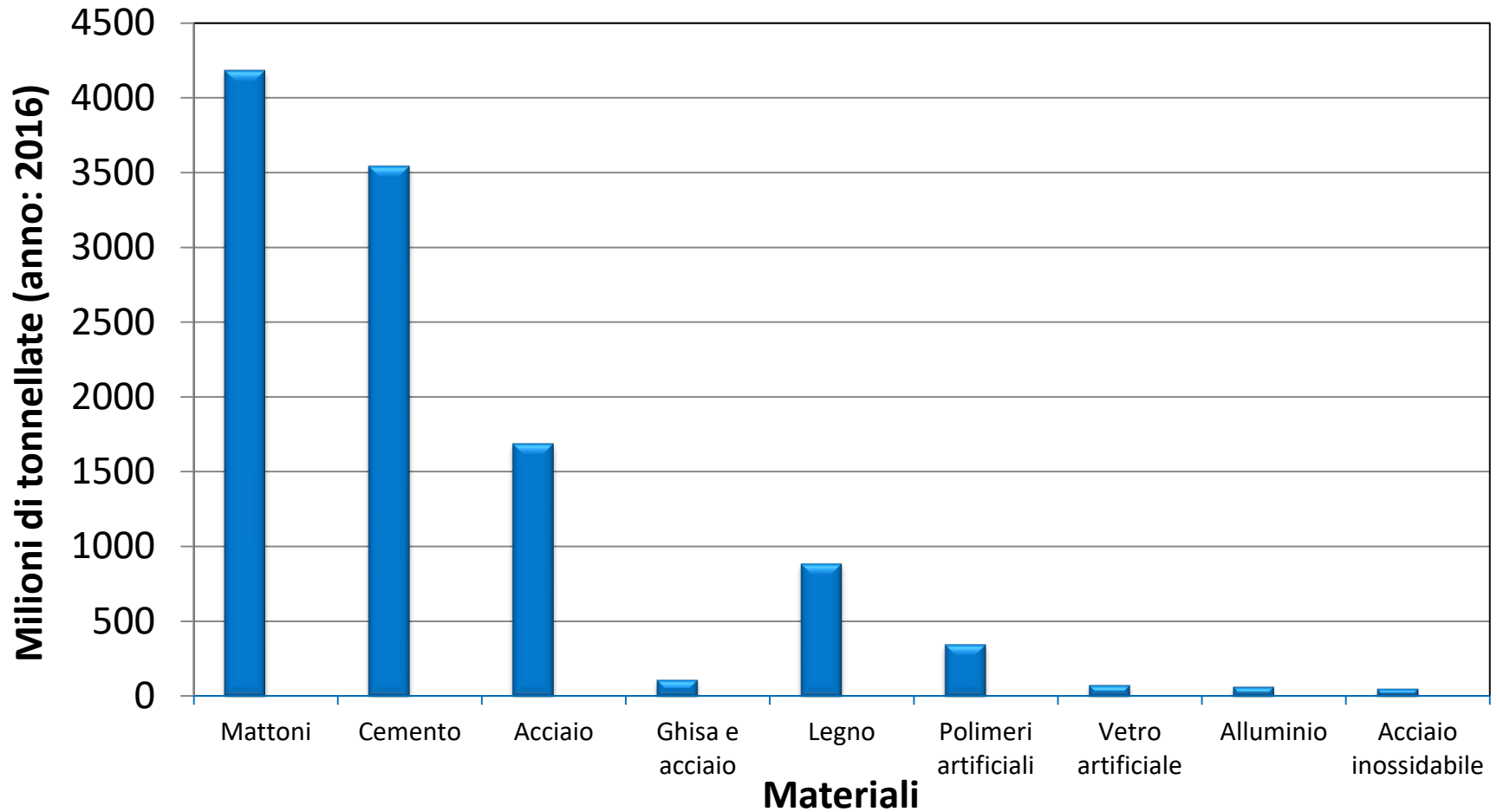
Materiali	Prod. mondiale 2016 *	Densità media	Note
Terra battuta, <i>pisé</i>	nd		Si utilizzava principalmente per le case tradizionali in Africa. Oggetto di rinnovato interesse per le sue proprietà ambientali
Mattoni <sup>2</sup> La produzione tradizionale è molto inquinante e nociva per la salute	4185	2,0	Si presume anno 2017 Di cui l'87% in Asia
Cemento <sup>3</sup>	3545	2,4**	(Per ottenere il valore per il calcestruzzo moltiplicare per 3-4) ** Densità del calcestruzzo – Nota: valori del 2018
Acciaio <sup>4a</sup>	1690	7,8	(Produzione di acciaio grezzo) 14% destinato alle infrastrutture - la metà come armatura <sup>10</sup> 42% finisce negli edifici <sup>12</sup> Valori del 2018
Ghisa e acciaio <sup>4b</sup>	110	7,8	Dati del 2017 Di cui 48 ghisa grigia, 25 ferro dolce, 1 ferro malleabile, 11 acciaio
Legno <sup>5</sup> La deforestazione continua a guadagnare terreno	887	0,55	Legno segato + pannelli a base di legno (valori del 2016) Escludendo il legno per la carta (circa 656) Escludendo il legno per la combustione (1860) e altri prodotti ottenuti dal legno
Polimeri artificiali <sup>6</sup>	348	1,1	Alcuni polimeri naturali: cellulosa, gomma, seta, chitina Valori del 2017
Vetro artificiale <sup>7</sup>	75	2,6	Solo vetro piatto (80% del mercato totale del vetro) Altri principali mercati: vetro per il settore automobilistico e per l'energia solare
Alluminio <sup>8</sup>	64	2,7	(Produzione di alluminio primario nel 2018) Il 24% è destinato alle costruzioni <sup>10</sup>
Acciaio inossidabile <sup>9</sup>	51	7,8	Valori del 2018 Il 17% è destinato alle costruzioni <sup>11</sup>

nd: non disponibile

\* in milioni di tonnellate metriche

# Utilizzo relativo dei principali materiali per l'edilizia oggi: istogramma

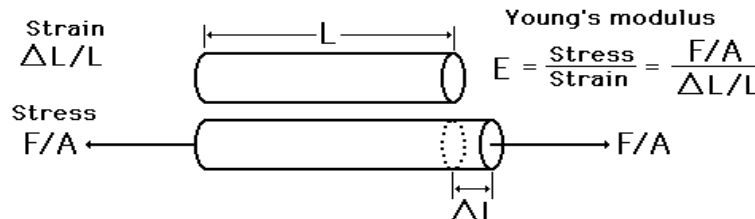
AGGIORNATO AL  
2019!



# Modulo di Young (E) dei vari materiali<sup>12</sup> (rigidità)

Materiale	Modulo di Young (E) (GPa)
Acciai	~210
Acciai inossidabili	~210
Leghe di rame	~130
Leghe di titanio	~100
Leghe di alluminio	~70
Calcestruzzo	~40
Legno	~10
Plastiche	~4

Gli acciai inossidabili sono rigidi come l'acciaio



# Rapporto resistenza/peso<sup>13</sup> dei metalli architettonici

Gli acciai inossidabili offrono un rapporto resistenza/peso paragonabile a quello degli acciai e delle leghe di Al

Materiale	Resistenza (YS)/peso specifico	Snervamento, sollecitazione, Mpa	Resistenza alla rottura per trazione, Mpa	Peso specifico (Kg/dm <sup>3</sup> )	Allungamento min., %
Acciaio inossidabile 304 o 316, ricotto	26	205	515	7,8	35
Acciaio inossidabile 304 o 316, incrudito CP 350	45	350	-	7,8	-
Acciaio inossidabile 304 o 316, incrudito CP 500	62	480	-	7,8	-
Duplex 2205	64	500	700/950	7,8	20
Acciaio inossidabile, invecchiato	103	800	950/1150	7,8	10
Foglio commerciale in acciaio C, laminato a caldo	30	234	317	7,8	35
Acciaio strutturale (lamiera e barra)	32	250	400/550	7,8	23
Acciaio HSLA	49	380	460	7,8	25
Acciaio per costruzioni meccaniche 4140 Q&T	96	750	930/1080	7,8	12
Lega di alluminio 3003- H14	37	145	150	2,7	40
Lega di alluminio 3105- H14	38	150	170	2,7	5
Lega di alluminio 5005- H16	44	170	180	2,7	5
Lega di alluminio 6061- T6	71	275	310	2,7	12
Lega di alluminio 6063- T5	37	145	185	2,7	12
Rame	23	195	250	8,3	30

# Panoramica semplificata di diversi materiali<sup>14</sup>

Proprietà		Acciai inossidabili			Rame	Alluminio	Acciaio al carbonio	Plastiche
		EN 1.4521 AISI 444	EN 1.4301 AISI 304	EN 1.4401 AISI 316				
Fisiche	Densità	-	-	-	--	+	-	+++
	Dilatazione lineare	++	0	0	0	-	+	--
	Conducibilità elettrica	--	-	-	+++	++	0	---
	Ferromagnetismo	Sì	NO	NO	NO	NO	Sì	NO
Meccaniche	Rigidità (mod. di Young)	+++	+++	+++	+	-	+++	---
	Trazione	+	++	++	0	-	+ / +++	--
	Allungamento	+	+++	+++	+++	++	0	-- / ++ +
Altre	Fabbricazione	++	++	++	+	0	++	-
	Alte temperature	++	++	+++	0	-	+	---
	Basse temperature	-	+++	+++	+	0	-	-
	Resistenza alla corrosione	+++	+++	++++	++	+	--	+

Simboli + Vantaggio - Difetto (rispetto ad altri materiali)

L'acciaio inossidabile resta un  
materiale «giovane»



# Nel corso della storia sono comparsi nuovi materiali

## L'acciaio inossidabile è il più recente\*

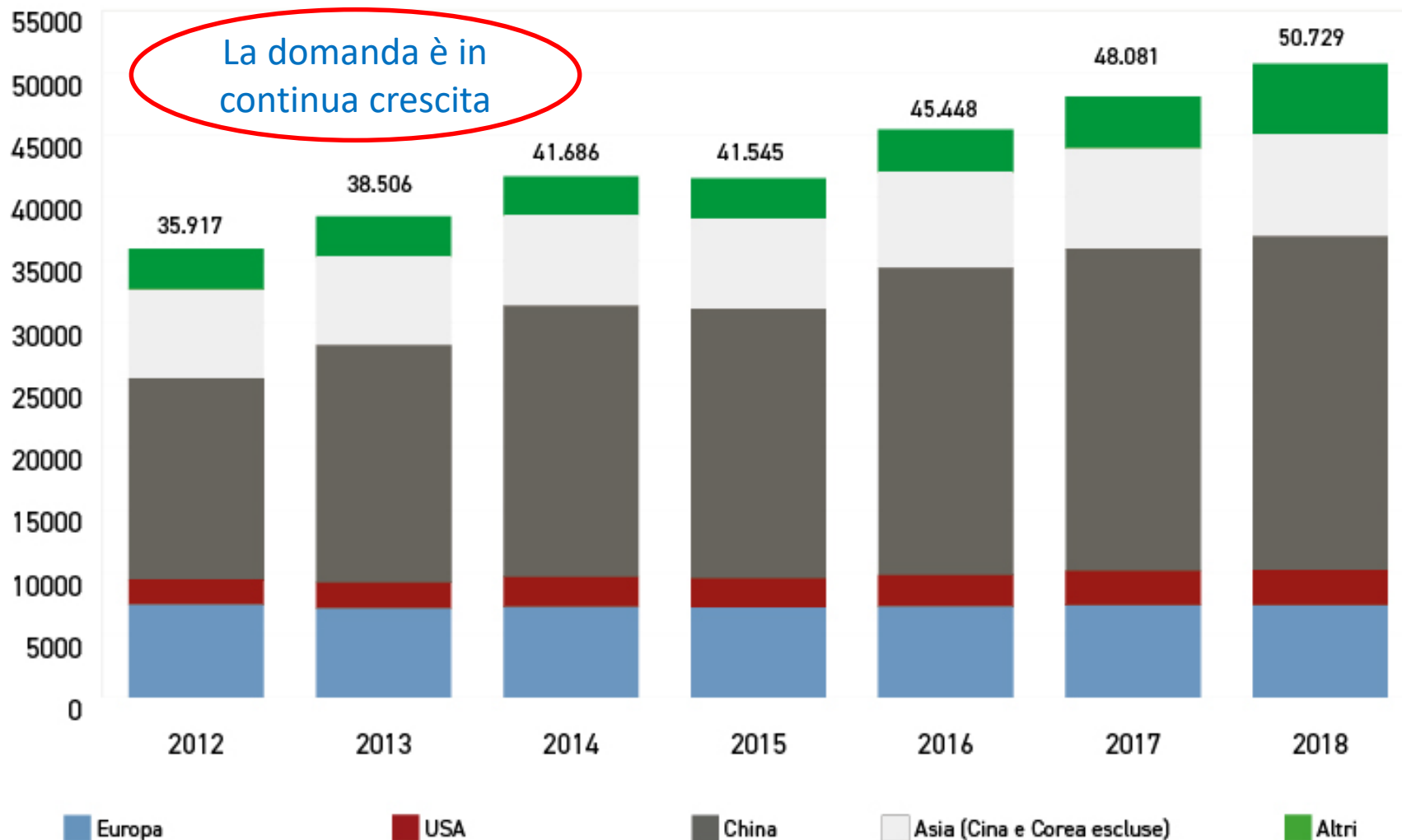
Materiali	Periodo	
Terra battuta, <i>pisé</i>		Si utilizza dall'alba dell'umanità!
Legno <sup>15</sup>		Si utilizza dall'alba dell'umanità!
Mattoni <sup>15</sup>	7500 a.C. 4500 a.C.	Mattoni in cotto/ceramica
Acciaio <sup>15</sup>	4000 a.C. 1858	Laboratori di fabbri Processo Bessemer
Vetro artificiale <sup>15</sup>	3500 a.C. 100 a.C. 1950	Prima produzione del vetro Vetro bianco Processo Pilkington (vetro float)
Alluminio <sup>15</sup>	1825 1886	Oersted scopre l'alluminio Processo Hall-Heroult
Cemento armato <sup>15</sup>	1850 1885	Ma il cemento è più antico Processo Rotary Kiln
Polimeri artificiali <sup>15</sup>	1846 1907 1939	Celluloide Bachelite Nylon
Acciaio inossidabile <sup>2</sup>	1912-1913 1954 1955	Prime leghe Processo AOD Laminazione di strisce a caldo

\* Esistono materiali più moderni, ovviamente, ma non sono utilizzati in quantità significative

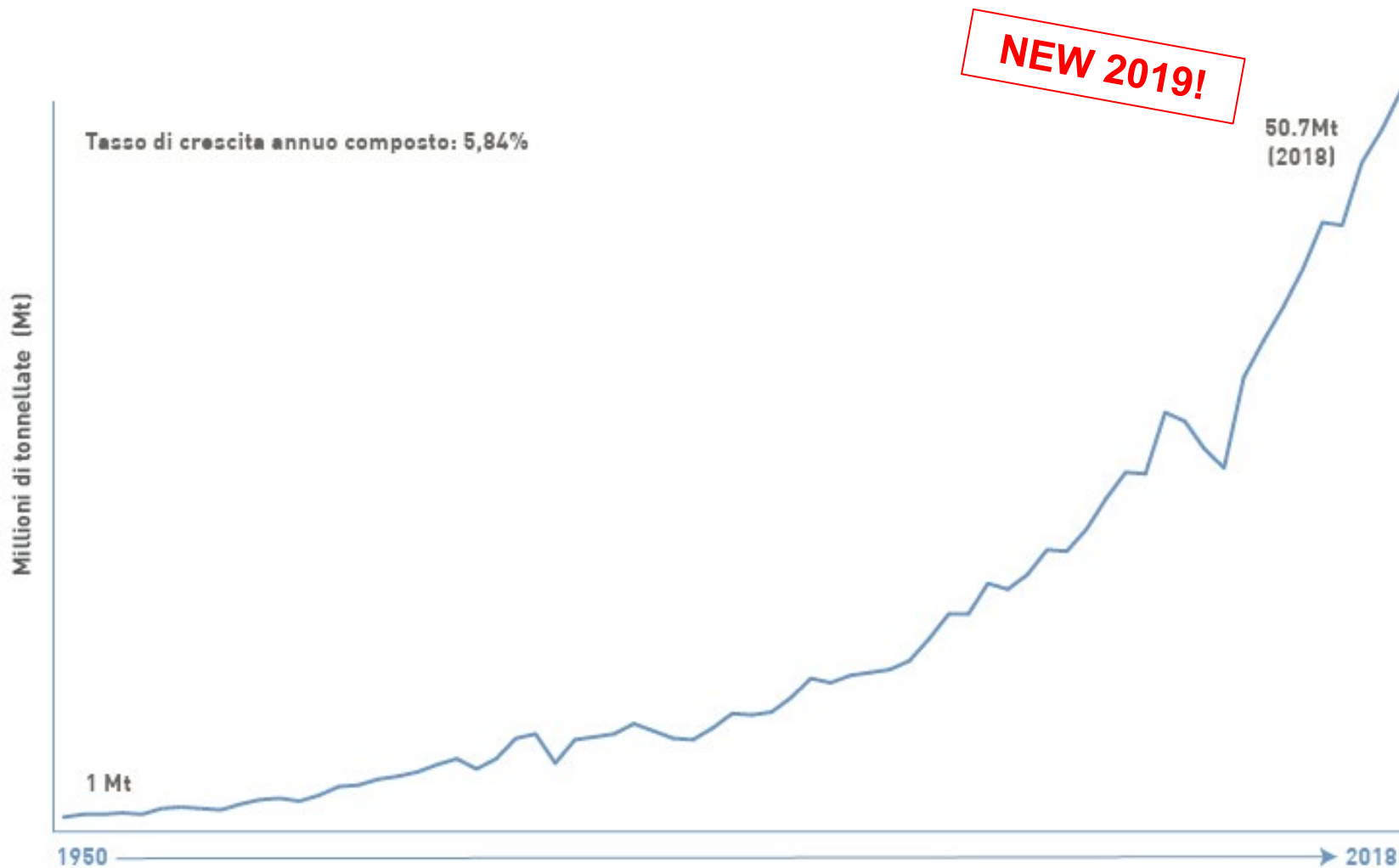
# Produzione mondiale di acciaio inossidabile per aree<sup>1</sup>

AGGIORNATO  
AL 2019 !

Produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (slebi/lingotti) per regione in migliaia di tonnellate.  
Altri: Brasile, Russia, Sudafrica, Corea del Sud, Indonesia



# Tasso di crescita annuo composto della produzione di acciaio inossidabile da acciaieria <sup>22</sup> (Milioni di tonnellate)



# Perché l'acciaio inossidabile?

# Per una serie di proprietà straordinarie

1. **Resistenza alla corrosione** (vedere capitolo 3)
  - In tutti gli ambienti: dai tropici ai poli, dal mare al deserto, inquinato o no...
  - Autopassivante, diversamente dai rivestimenti
2. **Dura per sempre** con poca o zero manutenzione
3. **Ampia gamma di proprietà meccaniche** garantite da diverse famiglie di acciai inossidabili (austenitici Cr-Ni – austenitici Cr-Mn – ferritici Cr – duplex – martensitici Cr C) e ora integrati nei principali regolamenti edilizi. A ciò si aggiunge un'eccellente resistenza al fuoco (vedere capitoli 4 e 5)
4. **Qualità estetiche**: ampia selezione di finiture superficiali disponibili a colori (vedere capitolo 6). A ciò si aggiunge la resistenza ai danni nelle aree pubbliche
5. **Facilità di fabbricazione/unione** (vedere capitolo 7)
6. **Eccellente sostenibilità** (vedere capitolo 9)
  - permette una lunga durata in servizio con poca o zero manutenzione,
  - 100% riciclabile (e più dell'85% riciclato) a fine vita in acciaio inossidabile senza perdita delle proprietà
7. **Sicuro e igienico**: inerte, senza contaminazione, facile da pulire e disinfettare
8. **Proprietà specifiche**: magnetico/non magnetico, ....

# Che cosa limita l'utilizzo di acciai inossidabili: il prezzo

Gli acciai inossidabili sono costosi: Vero? O falso?

Risposta: **Sì** e **No**

## **Sì:**

Se il costo iniziale del materiale è l'unica cosa importante (di solito a causa di fondi limitati...)

Ma poi una cattiva scelta può rivelarsi molto costosa:

- L'acciaio inossidabile costituisce di solito una piccola parte del progetto
- Interventi di riparazione e manutenzione intempestivi possono aggiungere costi diretti e indiretti enormi

## **No:**

se

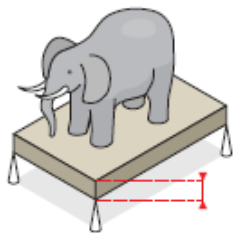
- viene tenuto conto del costo del ciclo di vita (il costo «reale»), ossia se nel calcolo sono inclusi manutenzione, durata in servizio e problemi di riciclaggio\*
- il design è ottimizzato: fogli sottili, profilati in forme complesse possono produrre strutture forti, rigide che impiegano poco materiale.

\*Nel miglior interesse del proprietario è sempre preferibile fare scelte basate sull'analisi del costo del ciclo di vita

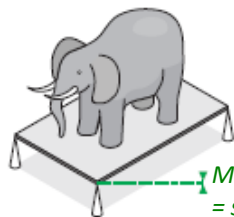
# L'acciaio inossidabile (e altri metalli) usano poco materiale<sup>16</sup>

## FARE DI PIÙ CON MENO

Grazie alla loro forza elevata, i metalli possono sostenere carichi elevati con meno materiale o essere utilizzati per rinforzare altri materiali.



*materiale non metallico*

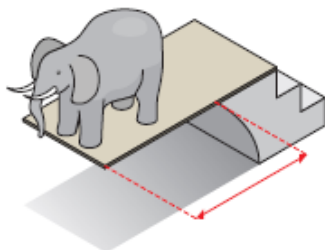


Meno materiale  
= spessore  
ridotto

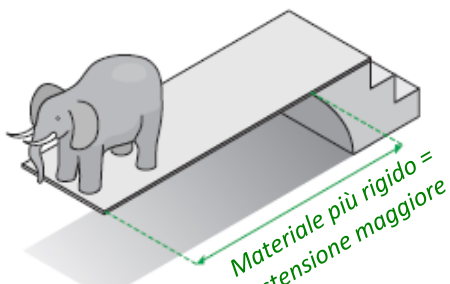
*metallo*

## LIBERTÀ PER I DESIGNER

Grazie alla loro elevata rigidità, i metalli possono coprire grandi distanze, permettendo una maggiore libertà di progettazione.



*materiale non metallico*



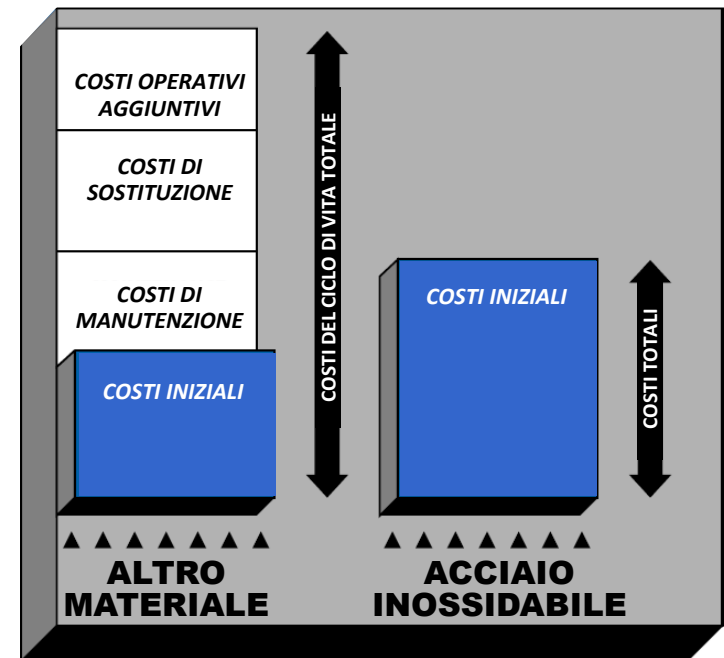
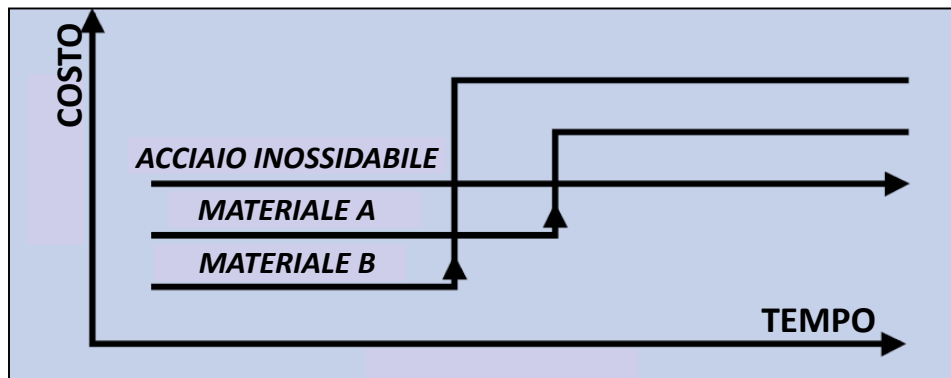
Materiale più rigido =  
estensione maggiore

*metallo*

Normalmente si utilizzano fogli di acciaio inossidabile con spessori sottili: 0,4mm e 0,6mm.  
Peso: solo 3,12Kg e 4,68Kg rispettivamente per m<sup>2</sup> !

# Perché l'acciaio inossidabile non è costoso nel costo del ciclo di vita è un fattore di cui si tiene conto


Il costo delle strutture realizzate con altri materiali aumenta sostanzialmente nel tempo, mentre il costo delle strutture in acciaio inossidabile si mantiene normalmente costante.



Il costo della corrosione supera i 276 miliardi di dollari soltanto negli USA <sup>17</sup>



# Confronto sul costo del ciclo di vita di 2 vecchie strutture<sup>18,19</sup>

Strutture	Data di completamento	Materiale	Altezza	Manutenzione
	1889 	Ferro battuto	324m	Ogni 7 anni. Ogni intervento di verniciatura dura circa un anno e mezzo (15 mesi). 50-60 tonnellate di vernice, 25 imbianchini, 1500 pennelli, 5000 dischi per carteggiatura e 1500 set di abiti da lavoro.
Chrysler Building (tetto e ingresso) – New York 	1930 (tetto 1929) 	Acciaio inossidabile austenitico (grado: 302)	319m	Due volte nel 1951, 1961, 1995. La soluzione per la pulizia del 1961 non è nota. Nel 1995 è stato utilizzato un detergente delicato, sgrassante e abrasivo.

\* La Torre Eiffel fu costruita prima dell'invenzione dell'acciaio inossidabile...doveva essere una struttura temporanea, ma il pubblico se ne innamorò!

## Esempio:

confronto tra la manutenzione di 2 ponti molto  
conosciuti<sup>20, 21</sup>

- Golden Gate Bridge a San Francisco
- Stonecutter's Bridge a Hong Kong

Nelle 2 slide successive

# Il Golden Gate bridge (1937), San Francisco

<- Manutenzione



“un gruppo robusto di **13 operai siderurgici** e **3 addetti alla sfornatrice** insieme a **28 imbianchini**, **5 pittori** e **un capo pittore di ponti** hanno combattuto contro vento, aria di mare e nebbia, spesso sospesi in alto sopra al cancello per riparare l'acciaio corrosivo. Gli operai siderurgici sostituiscono l'acciaio corrosivo e i rivetti con bulloni in acciaio ad alta resistenza, creano piccoli prodotti da usare sul ponte e assistono i verniciatori. Gli operai siderurgici rimuovono anche le lamiere e le barre per permettere ai verniciatori di accedere negli spazi interni delle colonne e delle corde che costituiscono il ponte. I verniciatori preparano tutte le superfici del ponte e riverniciano tutte le aree corrose". <sup>20</sup>

# Stonecutter's bridge (2009), Hong Kong

<- Manutenzione



**Dettagli del progetto:** ponte strallato con 3 corsie doppie, lungo 1,596m e luce libera di 1,018m. Resistente ai tifoni.

**Materiale:** piastre di acciaio inossidabile EN1.4462 (duplex) con sollecitazione da snervamento pari a 450MPa utilizzata per le torri sopra +175m alla cima (+295m) e per le torri al cielo.

**Perché l'acciaio inossidabile al posto dell'acciaio C:** progettato per una vita di 120 anni in un ambiente marino caldo e inquinato. Progettato per zero manutenzione. <sup>21</sup>

# Riferimenti principali

1. <https://worldstainless.org/>
2. (a) <http://www.hablakilns.com/the-brick-industry/the-brick-market/>  
(b) [http://wiki.answers.com/Q/What is the weight of a red clay brick in Kilograms](http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_weight_of_a_red_clay_brick_in_Kilograms)
3. CEM bureau <https://cembureau.eu/cement-101/key-facts-figures/>
4. (a) <https://www.worldsteel.org/> (b) [www.globalcastingmagazine.com](http://www.globalcastingmagazine.com)
5. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
6. <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>
7. (a) <http://www.glassforeurope.com/en/industry/global-market-structure.php> (b)  
<https://www.statista.com/statistics/609964/flat-glass-market-key-info-globally-projection/>
8. <http://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/>
9. <https://www.worldstainless.org/statistics/stainless-steel-meltshop-production/>
10. <http://www.withbotheyesopen.com/>
11. <http://www.ssina.com/overview/markets.html>
12. <http://www.mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>
13. [http://www.nickelinstitute.org/~/\\_Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel\\_14057a\\_.pdf](http://www.nickelinstitute.org/~/_Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel_14057a_.pdf)
14. <http://www.aperam.com/>
15. [Wikipedia](#)
16. <https://european-aluminium.eu/media/1310/en-metals-for-buildings-essential-fully-recyclable.pdf>



# Riferimenti principali (continua)

17. US Federal Highway administration reports FHWA-RD-01-156 and 157 [www.corrosioncost.com](http://www.corrosioncost.com)
18. a) <https://www.tou Eiffel.paris/en> b) <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
19. a) [http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler\\_Building](http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building) b)  
[https://www.nickelinstitute.org/library/?opt\\_perpage=20&opt\\_layout=grid&searchTerm=11023  
&page=1](https://www.nickelinstitute.org/library/?opt_perpage=20&opt_layout=grid&searchTerm=11023&page=1)
20. <http://goldengatebridge.org/research/facts.php#IronworkersPainters>
21. [https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Stonecutters\\_Bridge\\_Towers.pdf](https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Stonecutters_Bridge_Towers.pdf)
22. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF\\_Stainless\\_Steel\\_in\\_Figures\\_2019\\_English\\_public\\_version.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Figures_2019_English_public_version.pdf)

Grazie