



1222·2022
800
A N N I



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI TECNICA E GESTIONE DEI SISTEMI INDUSTRIALI

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA DELL'INNOVAZIONE DEL PRODOTTO
ANNO I, SEMESTRE I

CORSO: TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI
DOCENTE: PROF. LISA BIASETTO
a.a. 2021-2022

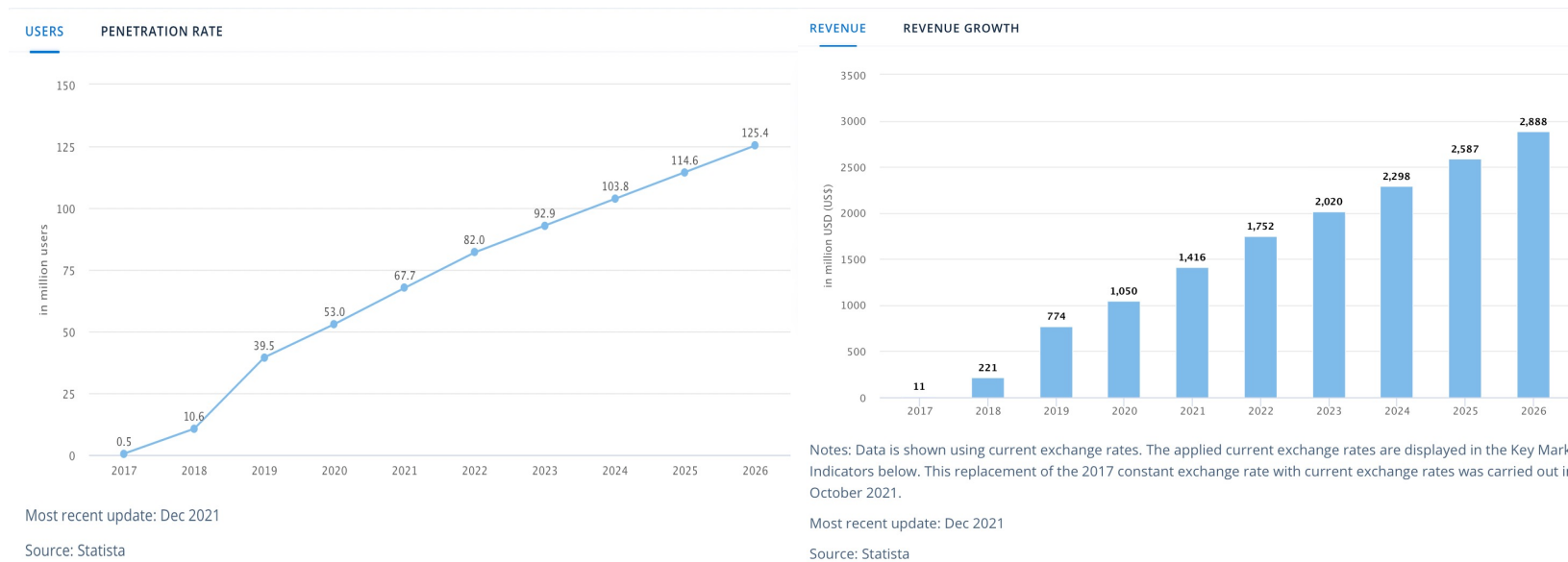
Polymer based Footboard

GRUPPO 6

Gasparini Jeremy, Moratello Marco, Pentucci Diego, Rupe Riccardo, Toffolo Alberto

L'importanza dello scooter elettrico

- Utenza di E-Scooter-sharing in continua crescita
- Market revenue growth costante
- Notevole diminuzione della CO₂ prodotta nei centri urbani



La pedana (Footboard)

Perché lavorare sulla pedana:

- ❖ Componente attualmente realizzato in acciaio, materiale a basso tasso di end-life recycling;
- ❖ Parte facilmente smontabile;
- ❖ Possibilità di rivedere la geometria del pezzo senza alterarne le caratteristiche funzionali.



L'idea

- ❑ Sostituire la pedana multicomponente attualmente commercializzata con una monocomponente e realizzata interamente in materiale polimerico:
- ❑ Verificare se sia disponibile un polimero che abbia caratteristiche confrontabili con quelle dell'acciaio utilizzato attualmente;
- ❑ Verificare se la nuova footboard sia in grado di migliorare l'impatto ambientale degli E-Scooter attualmente utilizzati.



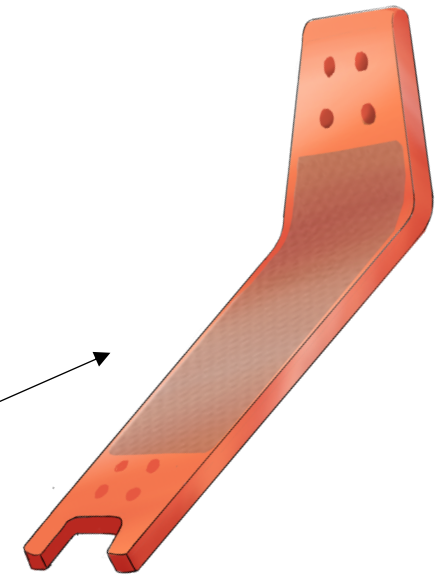
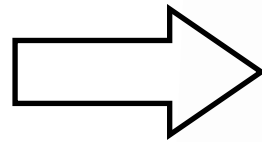
Unità funzionale

Nome Gruppo	Gruppo 6		
Nome del componente	Footboard		
Funzione del componente	Supporto del passeggero		
Materiali con cui è realizzato	Acciaio PP HDPE		
A. CONDIZIONI OPERATIVE	NORMALE	MIN	MAX
Temperatura di servizio (°C) [?]	Temperatura ambiente T _{amb} =20°C	T _{min} =-10°C	T _{max} =40°C
Vita in servizio	3-5 anni		
Tipo di carichi	deve resistere a flessione con carico concentrato ed inoltre a carichi superiori istantanei per salti o asperità durante il percorso	30 kg	100 kg
Durata del carico	8 minuti in media per corsa	Short-Term Meno di un'ora al giorno	Long-Term, during the all life-time
Stress indotti termicamente Fatica TERMO-MECCANICA	/	/	/
Sollecitazioni elettriche	/	/	/
B. AMBIENTE	Sostanze chimiche HNO ₃ , H ₂ CO ₃ , H ₂ SO ₄ , N ₂ , O ₂ , CO ₂ , Ar, H ₂ O, Particolato, ed altre sostanze in tracce	Umidità (UR) 5% - 100%	Infiammabilità No
Luce solare diretta Si: UV max 11+	Luce solare indiretta Si	Disposizioni sullo smaltimento Rifiuto RAEE: consegna ai centri di raccolta, disassemblaggio e riciclo di acciaio, PP e HDPE	Rifiuto di fine vita L'intero monopattino viene: - riciclato per il 90% - 6% smaltito in discarica - 4% destinato al recupero energetico
C. RICHIESTE DI PROGETTO	Fattore di sicurezza	Tolleranze	Finitura
	Riciclabilità	Disassemblaggio a fine vita	H _m (KJ), CO _{2eq} (mol/unit)
D. TEST DI PERFORMANCE	Certificazione UL-2272, contiene informazioni sui test di performance eseguiti		
F. APPROVAZIONI	Normativa	Classificazione	
	<ul style="list-style-type: none"> Circolare sulla circolazione su strada dei monopattini elettrici del Ministero dell'Interno una serie di norme EN-ISO 	Può essere classificato come uno 'shopping good', ovvero un prodotto acquistato con bassa frequenza, del quale il consumatore ha una scarsa conoscenza ma prima di acquistarlo effettua raffronti in base a prezzo e stile estetico	

Design del prodotto

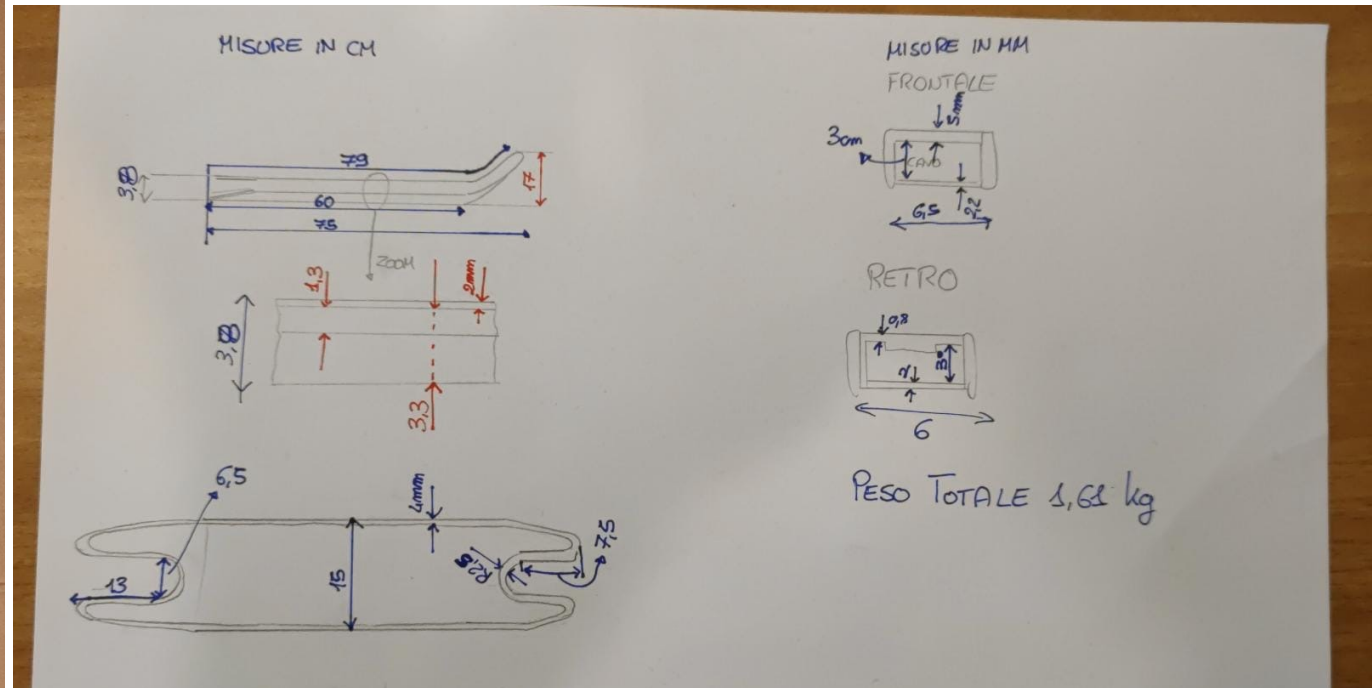


Multi-componente



Mono-componente

Disassemblaggio e pesatura



Footboard attuale: Eco Audit Report

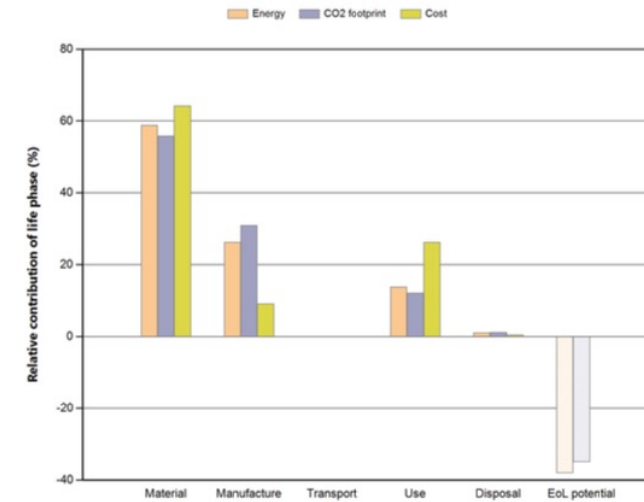


Eco Audit Report



Product name: footboard acciaio
Country of manufacture: World
Country of use: World
Product life (years): 4

Summary:



[Energy details](#)

[CO2 footprint details](#)

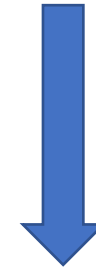
[Cost details](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)	Cost (EUR)	Cost (%)
Material	61,2	58,9	3,69	55,8	1,39	64,2
Manufacture	27,3	26,3	2,05	31,0	0,198	9,1
Transport	0	0,0	0	0,0	0	0
Use	14,4	13,8	0,799	12,1	0,571	26,3
Disposal	1,04	1,0	0,0728	1,1	0,00919	0,423
Total (for first life)	104	100	6,61	100	2,17	100
End of life potential	-39,6		-2,31			

L'obiettivo del progetto è quello di verificare se sia disponibile un polimero che rispetti i vincoli imposti dalle esigenze costruttive ed utilitarie del componente scelto



Per attuare ciò, si è deciso di utilizzare il software GRANTA, imponendo i seguenti vincoli

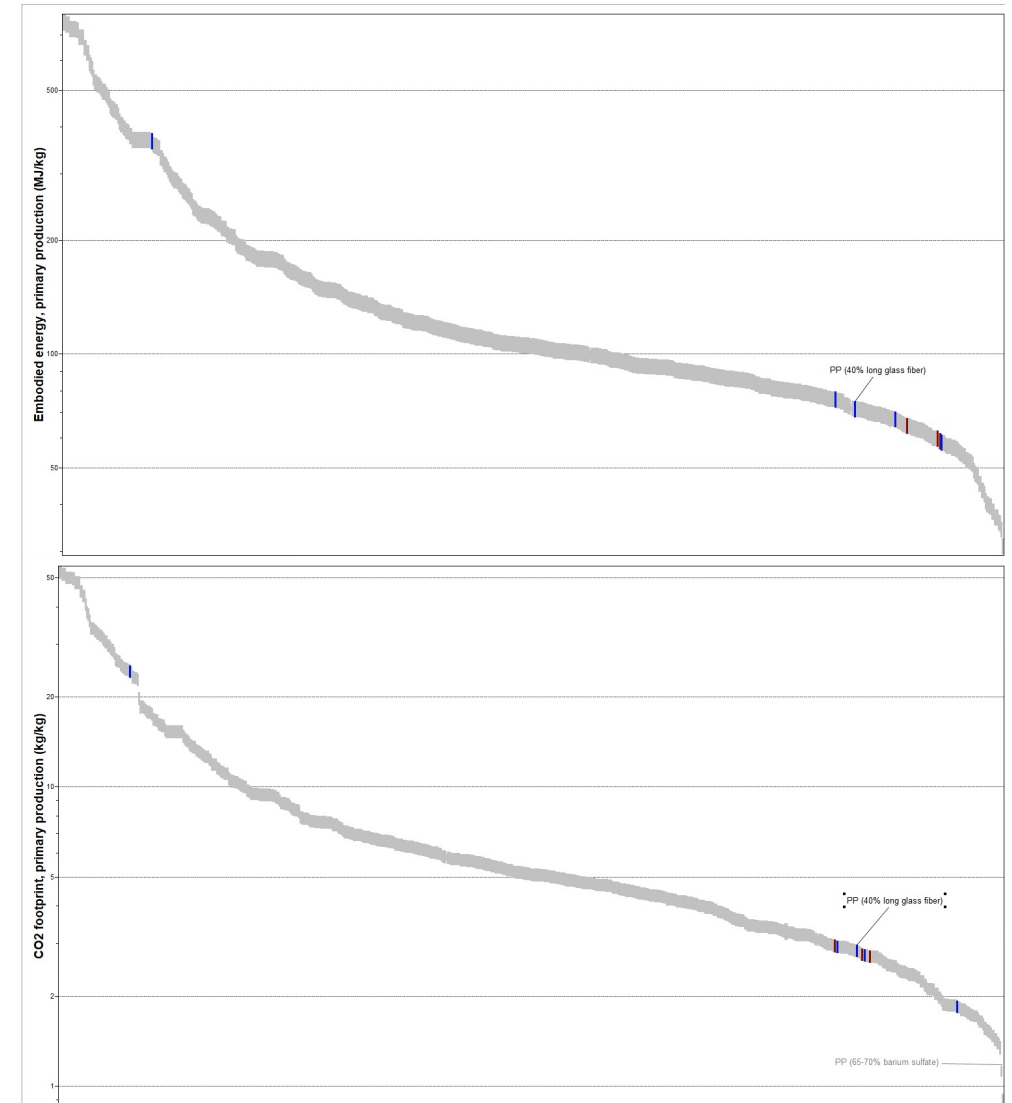
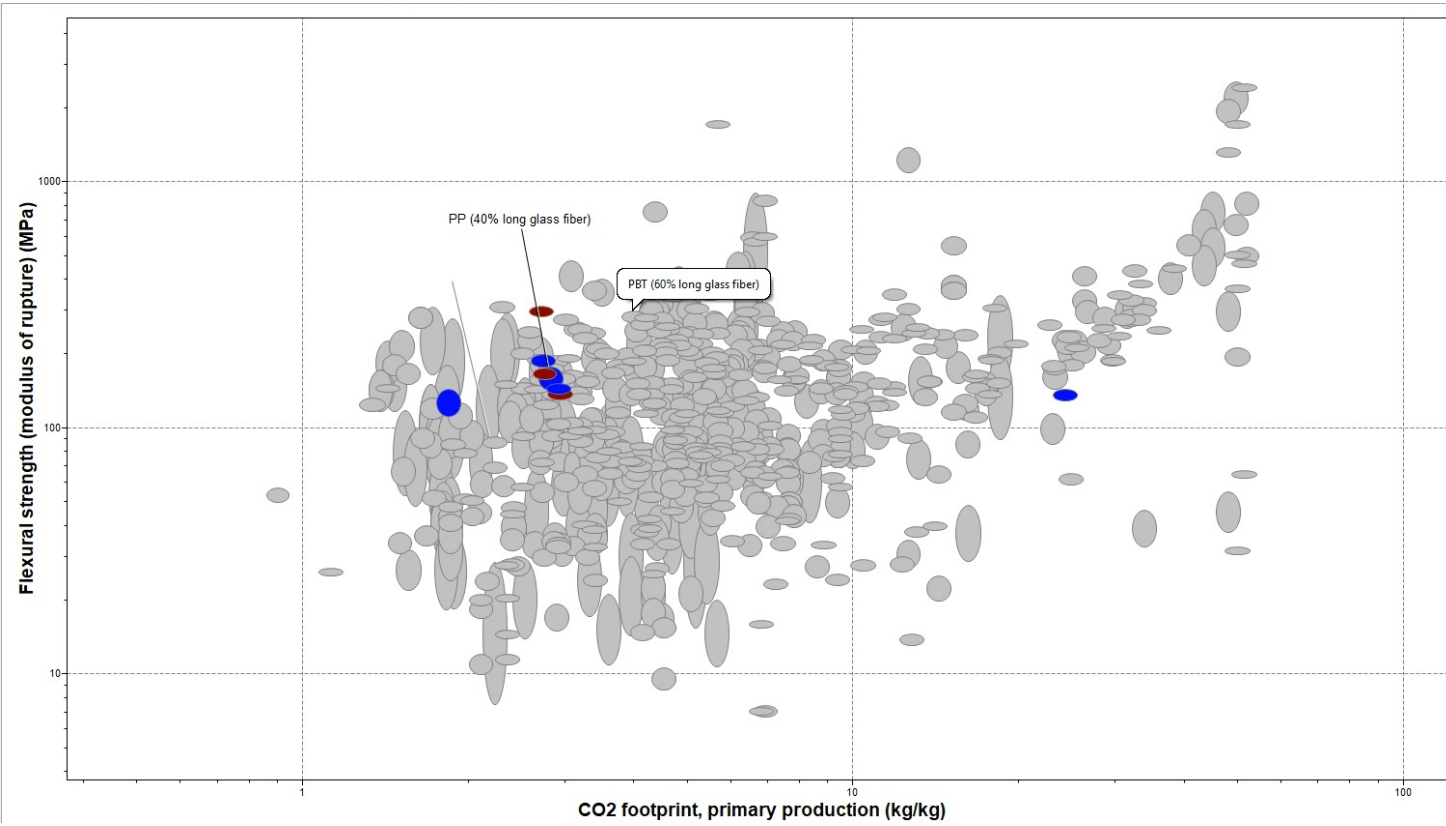


Polimeri adatti:

Material
PP (30% long glass fiber)
PP (40% long glass fiber)
PP (50% long glass fiber)
PP (homopolymer, 40% glass fiber)
PP molding compound (30% random glass mat)
PP molding compound (40% random glass mat)
PP molding compound (42% directionalized glass mat)
PVDF (30% carbon fiber)



- Operatività garantita da -10°C a 40°C
- Resistenza agli agenti atmosferici
- Resistenza all'acqua (non salata)
- Tensione di snervamento superiore a 80 Mpa
- Possibilità di Downcycle
- Possibilità di Cumbust for Energy Recovery



PP - 40% glass-fiber

- Proprietà fisiche e meccaniche

Physical properties

Density	①	1,19e3	-	1,23e3	kg/m ³
---------	---	--------	---	--------	-------------------

Mechanical properties

Young's modulus	①	7,52	-	9,43	GPa
Specific stiffness	①	6,2	-	7,79	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	①	81	-	117	MPa
Tensile strength	①	99,8	-	118	MPa
Specific strength	①	66,9	-	96,4	kN.m/kg
Elongation	①	1,99	-	2,19	% strain
Elongation at yield	①	1,81	-	3,15	% strain
Compressive modulus	①	* 7,52	-	9,43	GPa
Compressive strength	①	* 112	-	146	MPa
Flexural modulus	①	6,68	-	7,98	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	①	143	-	177	MPa
Shear modulus	①	* 3,07	-	3,15	GPa
Bulk modulus	①	* 9,38	-	9,62	GPa
Poisson's ratio	①	* 0,349	-	0,356	
Shape factor	①	7,4			
Hardness - Vickers	①	* 28	-	30	HV
Hardness - Rockwell M	①	63	-	84	
Hardness - Rockwell R	①	95	-	115	
Hardness - Shore D	①	* 78	-	82	
Hardness - Shore A	①	* 97	-	101	
Elastic stored energy (springs)	①	396	-	797	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	①	* 42,4	-	44,5	MPa

Thermal properties

Melting point	ⓘ	160	- 168	°C
Glass temperature	ⓘ	-14	- -6	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	ⓘ	150	- 172	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	ⓘ	145	- 166	°C
Vicat softening point	ⓘ	157	- 178	°C
Maximum service temperature	ⓘ	* 117	- 137	°C
Minimum service temperature	ⓘ	* -17	- -3	°C
Thermal conductivity	ⓘ	* 0,395	- 0,411	W/m.°C
Specific heat capacity	ⓘ	* 1,53e3	- 1,56e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	ⓘ	39,5	- 40,5	μstrain/°C
Thermal shock resistance	ⓘ	234	- 356	°C
Thermal distortion resistance	ⓘ	* 0,00984	- 0,0103	MW/m

Electrical properties

Electrical resistivity	ⓘ	1,98e24	- 2,02e24	μohm.cm
Electrical conductivity	ⓘ	8,54e-23	- 8,71e-23	%IACS
Dielectric constant (relative permittivity)	ⓘ	* 3,04	- 3,16	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	ⓘ	* 0,00196	- 0,00204	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	ⓘ	19,5	- 20,3	MV/m
Comparative tracking index	ⓘ	600		V

PP - 40% glass-fiber

- Proprietà termiche ed elettriche

PP - 40% glass-fiber

- Parametri di inquinamento e riciclo

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	ⓘ	* 67,9	- 74,9	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	ⓘ	* 2,69	- 2,96	kg/kg
Water usage	ⓘ	* 135	- 149	l/kg

Processing energy, CO2 footprint & water

Polymer extrusion energy	ⓘ	* 5,86	- 6,47	MJ/kg
Polymer extrusion CO2	ⓘ	* 0,439	- 0,485	kg/kg
Polymer extrusion water	ⓘ	* 4,84	- 7,26	l/kg
Polymer molding energy	ⓘ	* 19,7	- 21,7	MJ/kg
Polymer molding CO2	ⓘ	* 1,47	- 1,63	kg/kg
Polymer molding water	ⓘ	* 13	- 19,5	l/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	ⓘ	* 1,48	- 1,63	MJ/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	ⓘ	* 0,111	- 0,123	kg/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	ⓘ	* 10,5	- 11,6	MJ/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	ⓘ	* 0,789	- 0,872	kg/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	ⓘ	* 20,6	- 22,7	MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	ⓘ	* 1,54	- 1,7	kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	ⓘ	✗		
Recycle fraction in current supply	ⓘ	0,1		%
Downcycle	ⓘ	✓		
Combust for energy recovery	ⓘ	✓		
Heat of combustion (net)	ⓘ	* 26,4	- 27,7	MJ/kg
Combustion CO2	ⓘ	* 1,84	- 1,93	kg/kg
Landfill	ⓘ	✓		

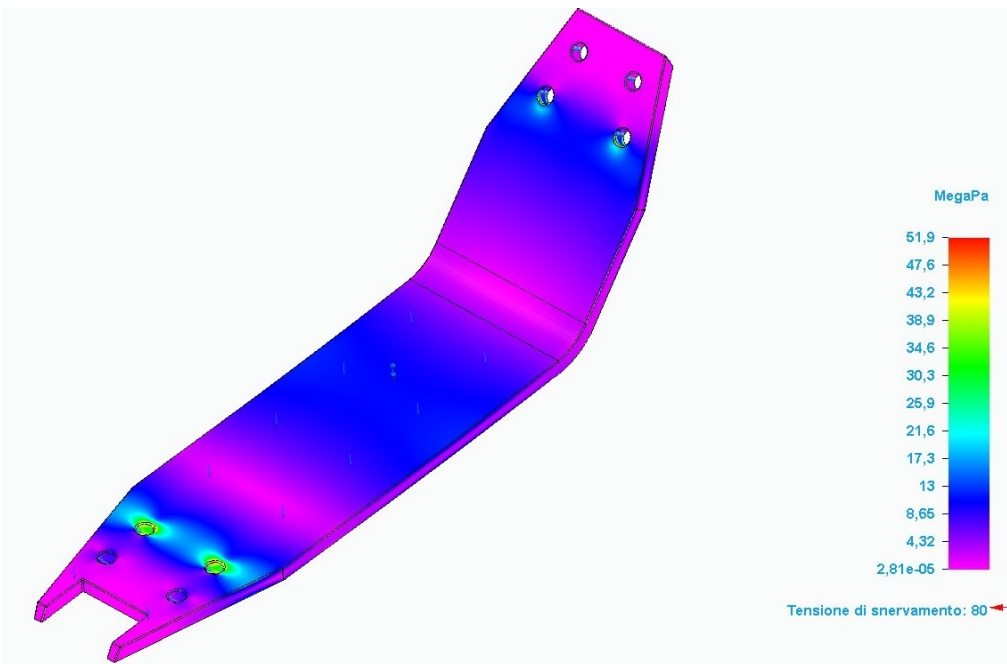
Footboard in Acciaio



Footboard in Acciaio			
DIMENSIONI			
B [mm]	b [mm]	H [mm]	h [mm]
158	70	35	31
Wx [mm ³]	σ_{sn} [MPa]		
22328	300		
Mf _{max} [Nmm]		σ_{MAX} [MPa]	
135000		6,05	

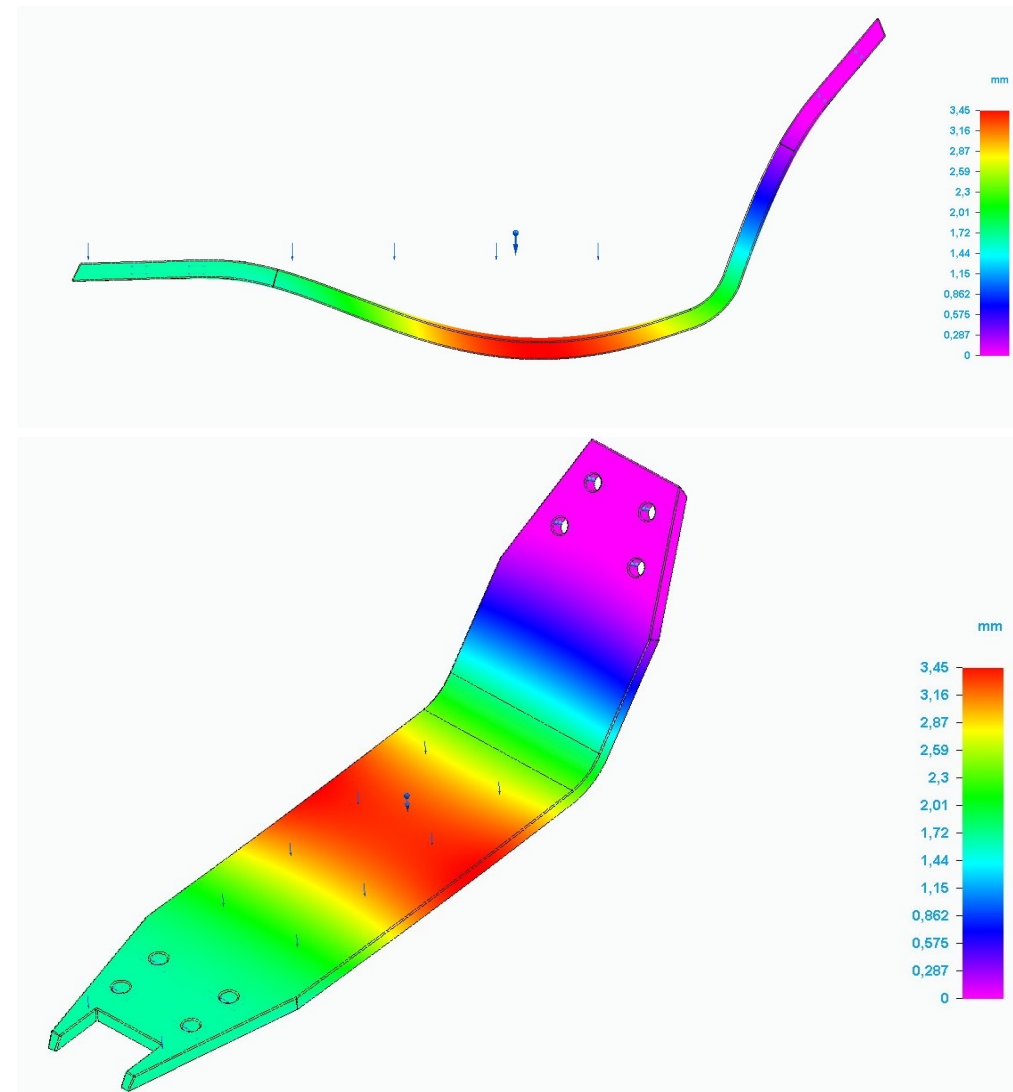
Footboard in PP-40%gf

Stato tensionale



Footboard in PP-40%cf	
DIMENSIONI	
B [mm]	H [mm]
158	15

Stato di deformazione



Dimensionamento giunzioni bullonate

Normativa UNI 10011

Viti M 12 classe 4.6

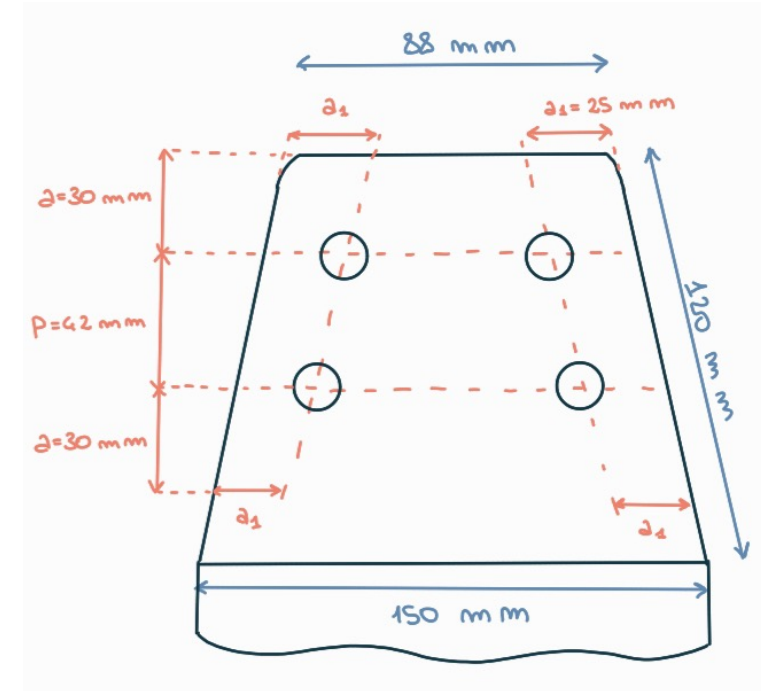
Verifiche di resistenza:

- Verifica taglio vite $\tau_b = \frac{F}{4 * n * A_{res}} = 0,61 \text{ MPa} \leq \tau_{b,amm} = 113 \text{ MPa}$

- Verifica strappo tavola $\sigma_{pp} = \frac{F}{A_{res,netta}} = 0,23 \text{ MPa} \leq \sigma_{pp,amm} = 13 \text{ MPa}$

- Verifica rifollamento fori $\sigma_{rif} = \frac{F}{n_b * d * t_p} = 0,3125 \text{ MPa} \leq \alpha * \sigma_{pp,amm} = 32,5 \text{ MPa}$

- Verifica trazione vite $\sigma_b = \frac{N}{A_{res}} = 23 \text{ MPa} \leq \sigma_{b,amm} = 160 \text{ MPa}$



Footboard in PP-40%ogf: Eco Audit Report

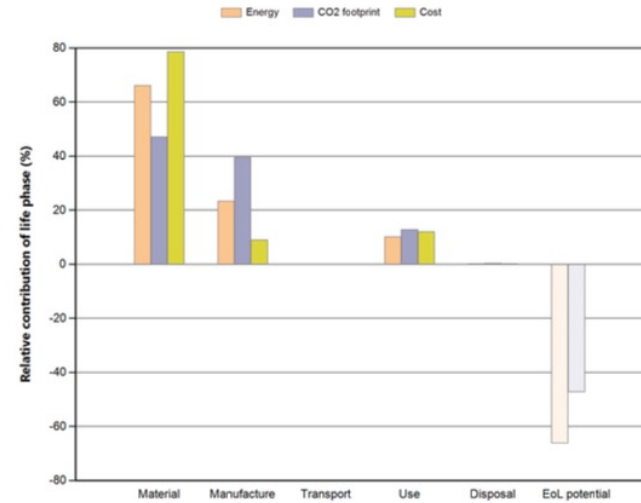


Eco Audit Report



Product name: plastic footboard
Country of manufacture: World
Country of use: World
Product life (years): 4

Summary:



Energy details

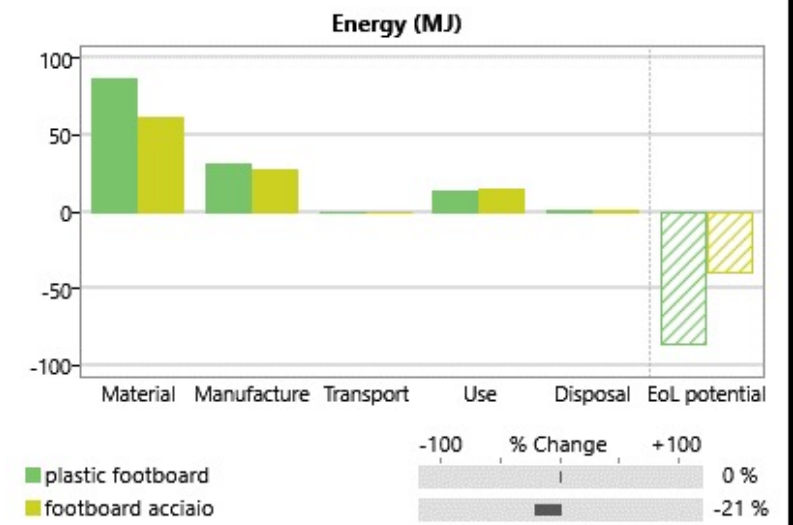
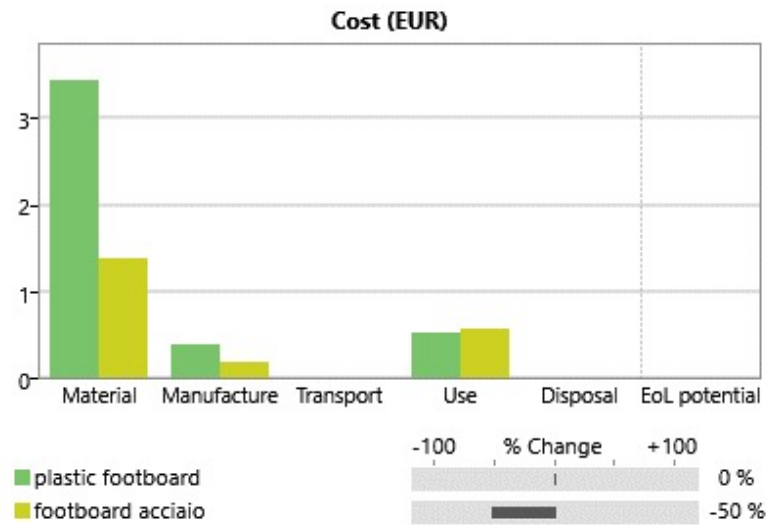
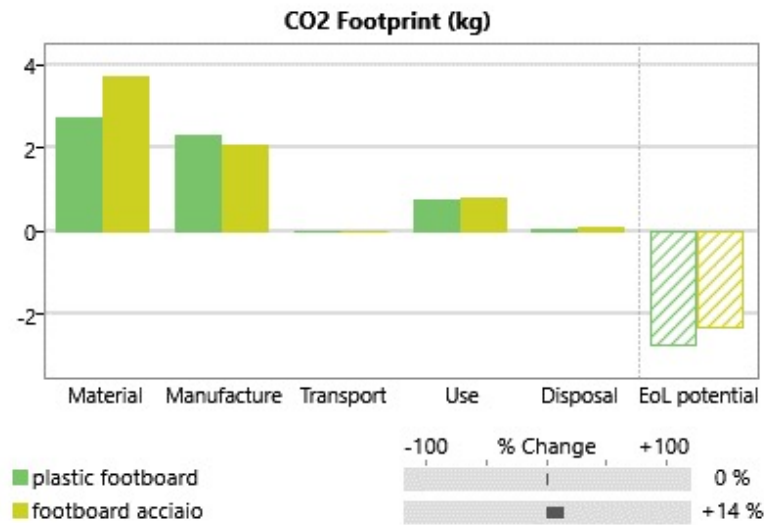
CO2 footprint details

Cost details

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)	Cost (EUR)	Cost (%)
Material	86.6	66.2	2.73	47.2	3.44	78.6
Manufacture	30.6	23.4	2.29	39.6	0.395	9.04
Transport	0	0.0	0	0.0	0	0
Use	13.3	10.2	0.742	12.8	0.53	12.1
Disposal	0.297	0.2	0.0208	0.4	0.00854	0.195
Total (for first life)	131	100	5.79	100	4.37	100
End of life potential	-86.6		-2.73			

Eco Audit:

Footboard in Acciaio VS Footboard in PP-40%gf



CONCLUSIONI

ASPETTI OTTIMIZZATI CHE AVVALORANO L'IDEA:

- ✓ Il PP con 40% di fibre vetrose rispetta pienamente i vincoli imposti per garantire la resistenza alle sollecitazioni a cui è esposto ed è quindi adatto ad operare alle condizioni nelle quali lavorerà la footboard
- ✓ La realizzazione della footboard in un unico pezzo rende quest'ultima smontabile con maggiore facilità (per un eventuale riutilizzo) e non più multimateriale
- ✓ Geometria semplice, dimensioni non eccessive, peso confrontabile
- ✓ Riduzione CO₂
- ✓ Aumento del potenziale di riciclo a fine utilizzo

ASPETTI CON MARGINE DI OTTIMIZZAZIONE:

- ❖ Costi
- ❖ Energia di lavorazione
- ❖ Possibilità di utilizzare una % di materiale riciclato invece di polimero al 100% vergine

