

fare sismica  **APPUNTI**

Lamiere grecate semplici in acciaio

Domenico Leone



Lamiere grecate semplici in acciaio

Parte 2

Domenico Leone

Il prof. Domenico Leone vanta un'esperienza più che trentennale nel campo della progettazione e realizzazione di strutture metalliche sia in campo industriale che infrastrutturale e civile ed è titolare del laboratorio di "Costruzione dell'Architettura" presso la facoltà di Architettura di Genova in qualità di professore a contratto.

E' consulente di azienda avendo occupato in precedenza il ruolo di Responsabile del settore di progettazione di opere in carpenteria metallica prima presso la Società Italimpianti S.p.A. e successivamente presso le Società SMSDemag e Paul-Wurth S.p.A.

Ha partecipato alla progettazione di grandi impianti industriali di produzione e trasformazione dell'acciaio e ne ha seguito la realizzazione con le imprese costruttrici e di montaggio acquisendo ampia esperienza in tutti i settori del ciclo di esecuzione delle opere metalliche.

Per il suo impegno in campo internazionale vanta ampia conoscenza delle norme di settore utilizzate in varie nazioni con particolare riguardo agli Eurocodici.

Ha esercitato ed esercita tuttora attività formativa in ambito Aziendale, Universitario, Pubblico, Privato e dell'Ordine Professionale.

È autore del libro "Eurocodice 3" edito da Sistemi Editoriali nonché di numerosi programmi di calcolo automatico dedicati sia alla progettazione di strutture in acciaio di impianti industriali che alla progettazione di componenti strutturali e di dettaglio proprie degli edifici civili e delle infrastrutture (pacchetto SAITU edito da STA DATA S.r.l.) in base agli Eurocodici ed alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

La presente pubblicazione è tutelata dalla legge sul diritto d'autore e non può essere divulgata senza il permesso scritto dell'autore.

S.T.A. DATA srl
Corso Raffaello, 12 - 10126 Torino
tel. 011 6699345 www.stadata.com

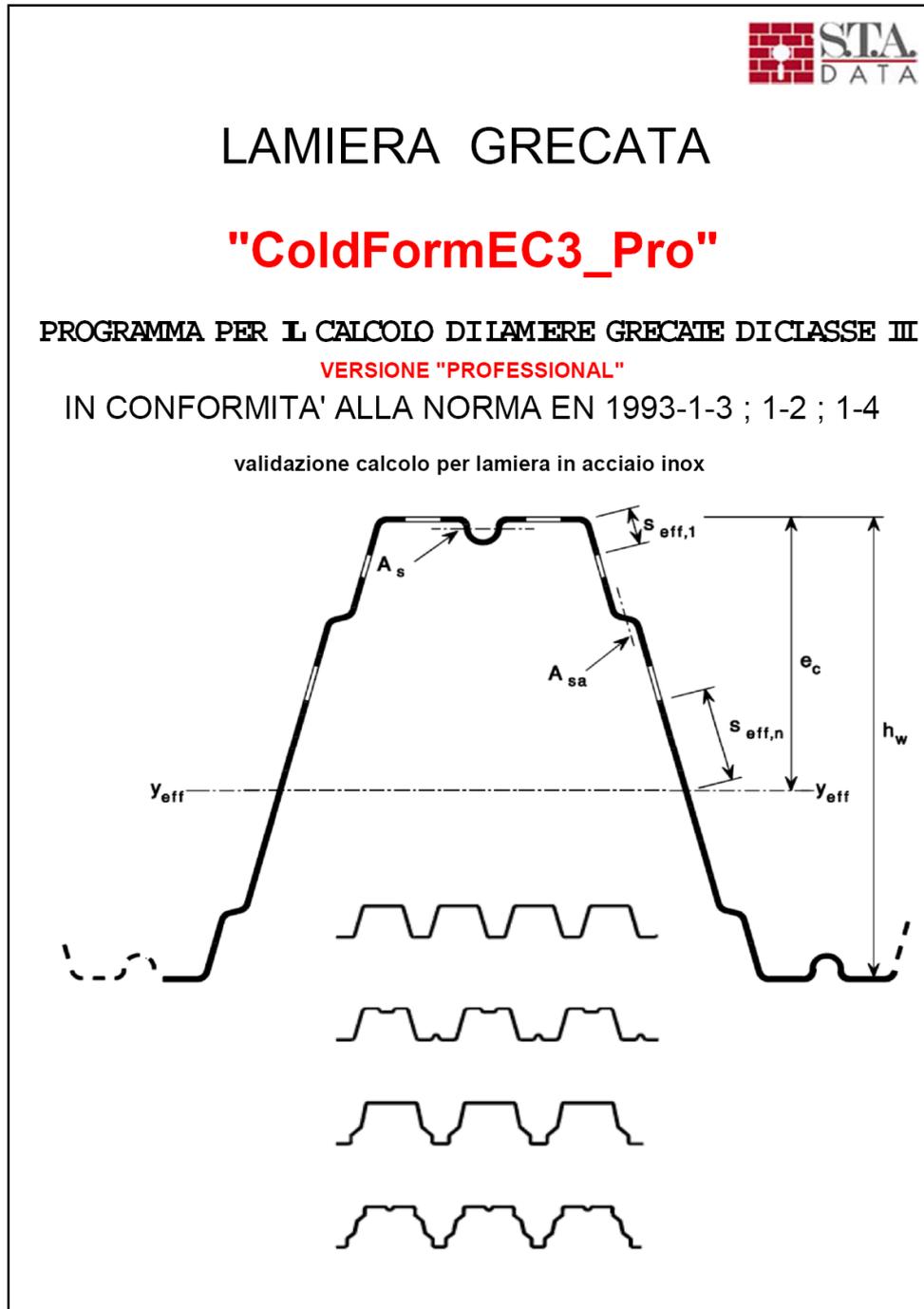
Indice

Parte I *Lamiere grecate semplici in
acciaio*

4

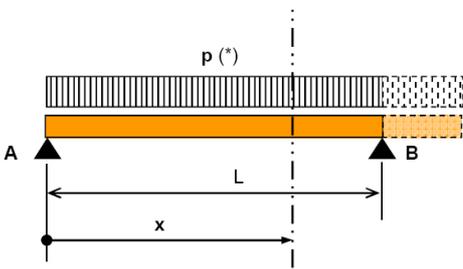
1 Lamiere grecate semplici in acciaio

In questa parte dell'articolo sulle lamiere grecate semplici viene presentato l'elaborato di calcolo del programma automatico "ColdformEC3" relativo all'esempio presentato nella parte 1; tale elaborato costituisce la relazione tecnica finale di progetto.



In questo foglio vengono definiti i dati fondamentali di progetto e viene eseguito il calcolo delle sollecitazioni per combinazioni allo S.L.U. e allo S.L.S.

SCHEMA DI CALCOLO
SEZIONE RESISTENTE COSTITUITA DA SINGOLA GRECA IRRIGIDITA



$p(*)$ = carico uniforme comprensivo del peso proprio, dei carichi permanenti portati e del carico variabile

verifica in condizioni normali e di resistenza al fuoco

G = carico permanente uniforme
Q = sovraccarico frequente
 $S_{Ed} = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot [\psi \cdot Q]$

S.L.U.
 $\gamma_G = 1,35$ $\gamma_Q = 1,5$ $\psi = 1$

S.L.S.
 $\gamma_G = 1$ $\gamma_Q = 1$ $\psi = 1$

fattore di comb. per azioni variabili:
 $\eta_n = 0,5$ Categoria C $\psi_n = 0,7$

fattore di adattamento $k = k1 \cdot k2$:
 $k1 = 0,85$ $k2 = 0,85$

TIPO DI ACCIAIO (al carbonio o inossidabile) inossidabile

MODULO DI ELASTICITA' E =	200000	200000	83730	N/mm ²
MOMENTO DI INERZIA (S.L.S.) / m	$I_{y,eff} =$	54,87	sez. efficace	cm ⁴
DISTANZA TRA GLI APPOGGI	L =	3,50	costante	m
CARICO PERMANENTE / m	g =	0,200	/ m larghezza	kN/m
CARICO VARIABILE UNIFORME / m	q =	1,300	/ m larghezza	kN/m
FRECCIA AMMISSIBILE	L / f _a =	300	pari a 11,67	mm

p.p. = 0,177 kN/m

SCHEMA STATICO elemento continuo 3 appoggi

ASCISSA DI RIFERIMENTO	X =	CAMPATA	APPOGGIO	m
		1,313	3,5	
		max M _{Ed}	max V _{Ed}	

SOLLECITAZIONI PER LO STATO LIMITE ULTIMO

REAZIONI - MOMENTI - TAGLI		TOTALI - CONDIZ. NORMALI		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	trave continua su 3 appoggi	R _A =	2,91	kN
REAZIONE APPOGGIO B		R _B =	9,71	kN
SOLLECITAZIONI NELLA SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X		M _y =	191,21	-339,94
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	trave continua su 3 appoggi	T _{sx} =	0,00	4,86
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X		T _{dx} =	0,00	4,86

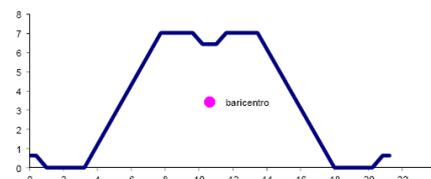
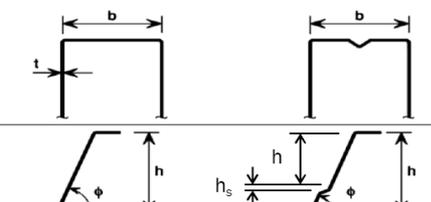
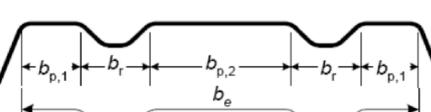
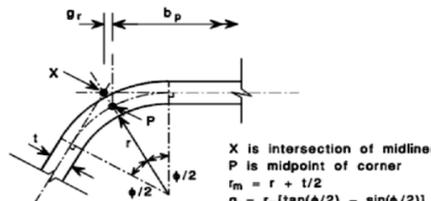
SOLLECITAZIONI PER LO STATO LIMITE DI SERVIZIO

REAZIONI - MOMENTI - TAGLI		TOTALI - CONDIZ. NORMALI		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	trave continua su 3 appoggi	R _A =	1,97	kN
REAZIONE APPOGGIO B		R _B =	6,56	kN
SOLLECITAZIONI NELLA SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X		M _y =	129,20	-229,69
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	trave continua su 3 appoggi	T _{sx} =	0,00	3,28
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X		T _{dx} =	0,00	3,28

SOLLECITAZIONI PER LO STATO LIMITE DI RESISTENZA AL FUOCO

REAZIONI - MOMENTI - TAGLI		TOTALI - CONDIZ. DI FUOCO		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	trave continua su 3 appoggi	R _A =	1,46	kN
REAZIONE APPOGGIO B		R _B =	4,86	kN
SOLLECITAZIONI NELLA SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X		M _y =	95,61	-169,97
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	trave continua su 3 appoggi	T _{sx} =	0,00	2,43
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X		T _{dx} =	0,00	2,43

Il foglio di calcolo seguente definisce le caratteristiche dei materiali (lamiera e protezione termica), la geometria della sezione e ne calcola le caratteristiche

LAMIERA GRECATA - VERIFICA SECONDO EN 1993-1-3 per classe strutturale III e EN 1991-1-2									
TIPO RFCS stainless steel valorization project				APPOGGI SENZA ELEMENTI DI IRRIGIDIMENTO DELLE ANIME					
MATERIALE	$f_{yb} = \text{N/mm}^2$	400	$f_{va} = \text{N/mm}^2$	424,6	$f_{y0} = \text{N/mm}^2$	154	$\epsilon = 0,75$		
inox austenitico	$\theta_{a,cr} = ^\circ\text{C}$	350	$\theta_{a,t} = ^\circ\text{C}$	563	$c_a = \text{J/kgK}$	720	$\lambda_a = \text{W/mK}$	35,27	
IRRIG. SUPERIORE TRAPEZIO	IRRIG. INFERIORE TRAPEZIO		SEZIONE PROTETTA		N° 3 lati esposti				
PROTEZ. TERMICA	IN ADERENZA LUNGO IL CONTOURNO		$\rho_p (\text{kg/m}^3)$	$\lambda_p (\text{W/mK})$	$c_p (\text{J/kgK})$	SPESS. (mm)	13,00		
	cemento e vermic. ad alta densità		550	0,12	1100	REI	minuti		
S.L.U.	SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONI NORMALI			S.L.U.	SOLLECITAZIONI PER RESISTENZA AL FUOCO				
u.m./m	SEZIONE IN CAMPATA		SEZIONE ALL'APPOGGIO		u.m./m	SEZIONE IN CAMPATA		SEZIONE ALL'APPOGGIO	
kNcm	$M_{Ed,c} =$	191,21	$M_{Ed,a} =$	-339,94	kNcm	$M_{Ed,c,fi} =$	95,61	$M_{Ed,a,fi} =$	-169,97
kN	$V_{Ed,c} =$	0,00	$F_{Ed,a} =$	9,71	kN	$V_{Ed,c,fi} =$	0,00	$F_{Ed,a,fi} =$	4,86
				Distanza tra gli appoggi $a = \text{m}$ 3,50 Altezza totale del profilo $h = \text{mm}$ 70,6 Larghezza 1 flangia superiore $b_t = \text{mm}$ 57,6 Larghezza 1 flangia inferiore $b_i = \text{mm}$ 65,6 Spessore di progetto lamiera $t = \text{mm}$ 0,600 Raggio raccordo anima-flangia $r = \text{mm}$ 3 Raggio di piega irrigidimenti $r_s = \text{mm}$ 1 Interasse greche $i_g = \text{mm}$ 212,5 Inclinazione anime ($\geq 45^\circ$) $\phi = \text{deg}$ 57,12					
				N° irrigidimenti flangia superiore $n_s =$ 1 N° irrigidimenti flangia inferiore $n_i =$ 1 N° irrigidimenti ciascuna anima $n_w =$ 0 Dist. I° irrigidim. superiore-bordo $b_{p,1} = \text{mm}$ 18,50 Dist. I° irrigidim. inferiore-bordo $b_{p,1} = \text{mm}$ 22,50 Dist. I° irrigidim. anima - flangia $h_a = \text{mm}$ Dist. II° irrigidim. anima - flangia $h_b = \text{mm}$ Larghezza irrigidimento superiore $b_{rf} = \text{mm}$ 20,00 Larghezza irrigidimento inferiore $b_{ri} = \text{mm}$ 20,00 Altezza irrigidimento anime $h_s = \text{mm}$ Altezza irrigid. superiore trapezio $u_{rf} = \text{mm}$ 6,00 Altezza irrigid. inferiore trapezio $u_{ri} = \text{mm}$ 6,00 Inclinazione irrigidimento superiore $\alpha_{sf} = \text{deg}$ 45,00 Inclinazione irrigidimento inferiore $\alpha_{si} = \text{deg}$ 45,00 Inclinazione irrigidimento anime $\alpha_s = \text{deg}$ Sviluppo irrigidimento superiore $b_{sf} = \text{mm}$ 24,721 Sviluppo irrigidimento inferiore $b_{si} = \text{mm}$ 24,721 Sviluppo irrigidimento anime $b_s = \text{mm}$ 0,000					
				Area della sezione lorda (1 greca) $A = \text{cm}^2$ 1,786 Posizione asse baricentrico $z_G = \text{mm}$ 34,362 Posiz. asse neutro plastico $z_N = \text{mm}$ 33,271 Momento di inerzia max. $I = \text{cm}^4$ 11,932					
				Mod. res. esterno flangia sup. $W_{el,c} = \text{cm}^3$ 3,293 Mod. res. esterno flangia inf. $W_{el,t} = \text{cm}^3$ 3,473 Modulo di resistenza plastico $W_{pl} = \text{cm}^3$ 4,219 Tempo di esposizione al fuoco $t = \text{min}$ 20					
Caratteristiche calcolate con rif. a elementi piani : $A_{g,sh} = 1,792$ $A_g = A_{g,sh} \cdot (1-\delta) = \text{cm}^2$ 1,719 $I_{g,sh} = 12,99$ $I_g = I_{g,sh} \cdot (1-2\delta) = \text{cm}^4$ 11,93				Modulo di resistenza plastico $W_{pl} = \text{cm}^3$ 4,219 Tempo di esposizione al fuoco $t = \text{min}$ 20					
dati per temperatura di progetto : temperatura di progetto del gas : $\theta_g = ^\circ\text{C}$ 781,4 increm. di temperatura per $\Delta t = 5\text{sec}$ acciaio : $\Delta\theta_{a,t} = ^\circ\text{C}$ 1,52				curva standard per fuoco da gas : $\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1)$ flusso di calore netto : $h_{net} = \text{W/m}^2$ 0 gas : $\Delta\theta_{g,t} = ^\circ\text{C}$ 0,62					

Il foglio di seguito riportato illustra il calcolo iterativo della sezione efficace ed esegue la verifica di resistenza in campata per lo S.L.U.

CALCOLO DEL MODULO DI RESISTENZA EFFICACE IN CAMPATA									
5.5.3.4.2 1) calcolo dell'area efficace ($A_{c,eff}$) della flangia compressa:									
$\bar{\lambda}_{d} = (f_{yb} / \sigma_{cr,s})^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{d} =$	0,763686 (III° step)	tensione critica irrigid.	$\sigma_{cr,s} =$	685,85				
$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot (\chi_d'')^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{p,red} =$	0,6953064 (III° step)	spostamento verticale	$\delta =$ mm	0,975				
fattore di rid. flangia	$P_c =$	1	rigidezza molla per u.l.	$k = 1 / \delta =$	1,025				
Area efficace iniz. irrigid.	$A_{s,1} =$	0,2419189 cm ²	fattore di riduz. res. irrigid.	$\chi_d' =$	0,921				
Area efficace flangia	$A_{c,eff} =$	0,3211368 cm ²	" " (III° step)	$\chi_d'' =$	0,918				
2) caratteristiche geometriche della sezione ridotta:									
Area sez. ridotta	$A_r' =$	1,671 cm ²	lunghezza di instab.	$l_b =$ mm	221,976				
Posizione baricentro	$z_G' =$	33,373 mm	parametro di instab.	$k_w =$	1,346				
Momento di inerzia	$I_r' =$	11,362 cm ⁴	sviluppo flangia irrigid.	$b_e =$ mm	61,721				
Modulo di res. superiore	$W_{y,c} =$	3,052 cm ³	Modulo di res. irrigidim.	$W_{y,s} =$ cm ³	3,25				
Modulo di res. inferiore	$W_{y,i} =$	3,404 cm ³	tens. di compr. irrigid.	$\sigma_{com,Ed} =$	124,84				
			Area efficace irrigidim.	$A_{s,1,red} =$ cm ²	0,2419				
3) tensione nella flangia compressa :									
			dist. bar. flangia compr.	$e'_c =$ mm	36,927				
$\sigma_{com,Ed} =$	133,13128	$\sigma_{com,Ed,fi} =$	66,565638 N/mm ²	$s_{eff,0} =$ mm	16,85169	$s_{eff,0,fi} =$ mm	16,17264		
5.5.3.4.3 4) calcolo della larghezza efficace delle anime ($s_{eff,w}$):									
valori iniziali step 1	parte superiore	$s_{eff,1} =$	16,852 mm	larghezze efficaci parti compresse	$s_{eff,1} =$	16,852 mm			
	parte lato sup. I° irrigid.	$s_{eff,2} =$	0,000 mm		$s_{eff,2} =$	0,000 mm			
	parte lato inf. I° irrigid.	$s_{eff,3} =$	0,000 mm		$s_{eff,3} =$	0,000 mm			
	parte lato sup. II° irrigid.	$s_{eff,4} =$	0,000 mm		$s_{eff,4} =$	0,000 mm			
	parte lato inf. II° irrigid.	$s_{eff,5} =$	0,000 mm		$s_{eff,5} =$	0,000 mm			
	parte lato asse neutro	$s_{eff,n} =$	25,278 mm		$s_{eff,n} =$	25,278 mm			
4 bis) controllo larghezze efficaci :									
5) calcolo dei moduli di resistenza efficaci e del fattore di sezione per la resistenza al fuoco :									
Area sez. ridotta	$A_r'' = A_{eff} =$	1,650 cm ²	dist. bar. flangia compr.	$e'_c =$ mm	37,209				
Posizione baricentro	$z_G'' =$	33,091 mm	fatt. di riduz. irrigid. anima	$\chi_d'' =$	1,000				
Momento di inerzia	$I_r'' =$	11,262 cm ⁴	Area effic. irrigid. anima	$A_{sa,red} =$ cm ²	0,000				
6.1.4.1 Modulo di res. superiore	$W_{eff,c} =$	3,003 cm ³	per la resistenza al fuoco	$A_m / V = m^{-1}$	1664,8				
6.1.4.2 Modulo di res. inferiore	$W_{eff,i} =$	3,403 cm ³		$k_{sh} =$	0				
6.1.4.2 Mod. resist. parz. plast.	$W_{pp,eff} =$	cm ³							
VERIFICA DI RESISTENZA IN CAMPATA									
Area resistente a taglio : $A_v = 2 \cdot h_w / \sin \phi \cdot t =$ cm ²									
Limite di resistenza a taglio : $V_{w,Rd} = A_v \cdot f_{bv} / \gamma_{M0} =$ kN									
$\phi_w = 57,120218$	$g_w =$ mm	0,2185735	$s_w =$ mm	82,915	$f_{bv} =$ N/mm ²	58,61	24,54		
sviluppo anima : $s_d =$ mm	82,915	$s_p =$ mm	83,047	$\bar{\lambda}_w =$	2,1383	2,0537			
$V_{Ed} =$	0,000 kN	< 50% $V_{w,Rd}$	incremento $R_i = (1 - M_{t,Rd} / M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot V_{Ed} / V_{w,Rd} - 1)^2 =$	0,00	0,00				
Rapporto tensioni : $\psi =$	-0,895655	>= -3	$\gamma_{M0} =$	1,10	$\gamma_{M,fi} =$	1,00			
Rapp. Moduli efficaci	0,8822131	< 1	$f_{yb} / \gamma_{M0} =$	363,64	$f_{yef} / \gamma_{M,fi} =$	154,47	N/mm ²		
$W_{eff} = W_{el} \rightarrow$	classe 3	snellezza dell'elemento		$\lambda =$	0,763686	0,733464			
$W_{eff} < W_{el} \rightarrow$	classe 4	snellezza elastica		$\lambda_{el} =$	0,65	0,65			
classe della sezione	4	$r = \lambda / \lambda_{el}$		grado di utilizzo a $t = 0 : \mu_0 =$	0,842				
LEMBO COMPRESO	normale	$M_{c,Rd} = f_{yb} / \gamma_{M0} \cdot W_{eff,c}$	$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$	0,372	< 1				
	fuoco	$M_{fi,Rd} = f_{yef} / \gamma_{M,fi} / k \cdot W_{eff,c}$	$M_{Ed,fi} / M_{fi,Rd} =$	0,372	< 1				
LEMBO TESO	normale	$M_{t,Rd} = f_{yb} / \gamma_{M0} \cdot W_{eff,t}$	$M_{Ed} / M_{t,Rd} =$	0,328	< 1				
	fuoco	$M_{fi,Rd} = f_{yef} / \gamma_{M,fi} / k \cdot W_{eff,t}$	$M_{Ed,fi} / M_{fi,Rd} =$	0,328	< 1				
$(M_{Ed} / M_{Rd})_{max} + R_i =$		0,372	< 1	$(M_{Ed,fi} / M_{V,Rd,fi})_{max} + R_i =$		0,372	< 1		

Il foglio di seguito riportato illustra il calcolo iterativo della sezione efficace ed esegue la verifica di resistenza sull'appoggio interno per lo S.L.U.

CALCOLO DEL MODULO DI RESISTENZA EFFICACE ALL'APPOGGIO									
5.5.3.4.2 1) calcolo dell'area efficace ($A_{c,eff}$) della flangia compressa:									
$\bar{\lambda}_{d1} = (f_{yb} / \sigma_{cr,s})^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{d1} =$	0,8622245	(III° step)	tensione critica irrigid.	$\sigma_{cr,s} =$	538,05			
$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot (\chi_d)^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{p,red} =$	0,8122795	(III° step)	spostamento verticale	$\delta =$ mm	1,446			
fattore di rid. flangia	$\rho_c =$	1		rigidezza molla per u.l.	$k = 1 / \delta =$	0,691			
Area efficace iniz. irrigid.	$A_{s,1} =$	0,244743	cm ²	fattore di riduz. res. irrig.	$\chi_d' =$	0,854			
Area efficace flangia	$A_{c,eff} =$	0,315275	cm ²	" " (III° step)	$\chi_d'' =$	0,847			
2) caratteristiche geometriche della sezione ridotta:									
Area sez. ridotta	$A_r' =$	1,620	cm ²	lunghezza di instab.	$l_b =$ mm	248,029			
Posizione baricentro	$z_G' =$	36,392	mm	parametro di instab.	$k_w =$	1,373			
Momento di inerzia	$I_r' =$	10,821	cm ⁴	sviluppo flangia irrig.	$b_e =$ mm	69,721			
Modulo di res. superiore	$W_{y,t} =$	3,163	cm ³	Modulo di res. irrigidim.	$W_{y,s} =$ cm ³	3,21			
Modulo di res. inferiore	$W_{y,c} =$	2,973	cm ³	tens. di compr. irrigid.	$\sigma_{com,Ed} =$	224,74			
				Area efficace irrigidim.	$A_{s,1,red} =$ cm ²	0,244743			
3) tensione nella flangia compressa :									
$\sigma_{com,Ed} =$	242,93742	$\sigma_{com,Ed,fi} =$	121,46871	N/mm ²	dist. bar. flangia compr.	$e'_c =$ mm	36,092		
					$s_{eff,0} =$ mm	12,474878	$s_{eff,0,fi} =$ mm	11,972194	
5.5.3.4.3 4) calcolo della larghezza efficace delle anime ($s_{eff,w}$):									
valori iniziali step 1	parte inferiore	$s_{eff,1} =$	12,475	mm	larghezze efficaci parti compresse	$s_{eff,1} =$	12,475	mm	
	parte lato inf. II° irrigid.	$s_{eff,2} =$	0,000	mm		$s_{eff,2} =$	0,000	mm	
	parte lato sup. II° irrigid.	$s_{eff,3} =$	0,000	mm		$s_{eff,3} =$	0,000	mm	
	parte lato inf. I° irrigid.	$s_{eff,4} =$	0,000	mm		$s_{eff,4} =$	0,000	mm	
	parte lato sup. I° irrigid.	$s_{eff,5} =$	0,000	mm		$s_{eff,5} =$	0,000	mm	
	parte lato asse neutro	$s_{eff,n} =$	18,712	mm		$s_{eff,n} =$	18,712	mm	
4 bis) controllo larghezze efficaci :									
5) calcolo dei moduli di resistenza efficaci e del fattore di adattamento per la resistenza al fuoco :									
Area sez. ridotta	$A_r'' = A_{eff} =$	1,484	cm ²	dist. bar. flangia compr.	$e''_c =$ mm	37,981			
Posizione baricentro	$z_G'' =$	38,281	mm	fatt. di riduz. irrig. anima	$\chi_d''' =$	1,000			
Momento di inerzia	$I_r'' =$	10,205	cm ⁴	Area effic. irrigid. anima	$A_{sa,red} =$ cm ²	0,000			
6.1.4.1 Modulo di res. superiore	$W_{eff,t} =$	3,158	cm ³	per la resistenza al fuoco	$h_e =$ mm	82,91			
6.1.4.2 Modulo di res. inferiore	$W_{eff,c} =$	2,666	cm ³		$K = K_1 \cdot K_2 =$	0,7225			
6.1.4.2 Mod. resist. parz. plast.	$W_{pp,eff} =$		cm ³						
VERIFICA DI RESISTENZA ALL'APPOGGIO									
Area resistente a taglio : $A_v = 2 \cdot h_w / \sin \phi \cdot t =$ cm ²									
Limite di resistenza a taglio : $V_{w,Rd} = A_v \cdot f_{bv} / \gamma_{Mo} =$ kN									
$\phi_w =$	57,120218	$g_w =$ mm	0,2185735	$s_w =$ mm	82,915	$f_{bv} =$ N/mm ²	58,61	24,54	
sviluppo anima : $s_d =$ mm 82,915 $s_p =$ mm 83,047 $\bar{\lambda}_w =$ 2,1383 2,0537									
$V_{Ed} =$	1,032	kN < 50%	$V_{w,Rd}$	incremento	$R_i = (1 - M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot V_{Ed} / V_{w,Rd} - 1)^2 =$	0,00	0,00		
$F_{Ed} =$	2,064	kN	$l_a =$	100	mm	resistenza delle anime all'appoggio	$R_{w,Rd} =$ kN	4,444	1,966
Rapporto tensioni : $\psi = -0,939494 \geq -3$ $f_{yb} / \gamma_{Mo} = 363,64$ $f_{yb} / \gamma_{M,fi} = 154,47$ N/mm ²									
Rapp. Moduli efficaci $0,8442335 < 1$									
$W_{eff} = W_{el} \rightarrow$ classe 3 snellezza dell'elemento $\lambda = 0,8622245$ 0,7339379									
$W_{eff} < W_{el} \rightarrow$ classe 4 snellezza elastica $\lambda_{el} = 0,65$ 0,65									
classe della sezione 4 $r = \lambda / \lambda_{el}$ grado di utilizzo a $t = 0 : \mu_0 = 0,842$									
LEMBO COMPR	normale	$M_{c,Rd} = f_{yb} / \gamma_{Mo} \cdot W_{eff,c}$		$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$	0,745	< 1			
	fuoco	$M_{fi,\theta,Rd} = f_{yb} / \gamma_{M,fi} / k \cdot W_{eff,c}$		$M_{Ed,fi} / M_{fi,\theta,Rd} =$	0,634	< 1			
LEMBO TESO	normale	$M_{t,Rd} = f_{yb} / \gamma_{Mo} \cdot W_{eff,t}$		$M_{Ed} / M_{t,Rd} =$	0,629	< 1			
	fuoco	$M_{fi,\theta,Rd} = f_{yb} / \gamma_{M,fi} / k \cdot W_{eff,t}$		$M_{Ed,fi} / M_{fi,\theta,Rd} =$	0,535	< 1			
$(M_{Ed} / M_{Rd})_{max} + R_i = 0,745 \leq 1$ $(M_{Ed,fi} / M_{v,Rd,fi})_{max} + R_i = 0,634 \leq 1$									
$(M_{Ed} / M_{Rd})_{max} + F_{Ed} / R_{w,Rd} = 1,210 \leq 1,25$ $(M_{Ed,fi} / M_{fi,\theta,Rd})_{max} + F_{Ed,fi} / R_{w,Rd,fi} = 1,159 \leq 1,25$									

Questa parte del programma esegue il calcolo della sezione efficace degli irrigidimenti compressi delle anime e delle flange e controlla lo stato di tensione

AREA EFFICACE DELLE PARTI COMPRESSE ALL'APPOGGIO - EN 1993-1-3 & EN 1993-1-5

Lunghezza del pannello tra gli appoggi	a = mm	3500	II° step	III° step
Area efficace irrigidimento flangia inferiore	A _{s,1} = cm ²	0,245	0,251	0,251
Area efficace con spessore ridotto irrigidim.	A _{s,1,rid} = cm ³	0,209	→ 0,212	→ 0,213
Area efficace irrigidimento anime inferiore	A _{sa,1} = cm ²	0,000		
Mom. di Inerzia irrigidimento flangia inferiore	I _{s,1} = cm ⁴	0,015	0,015	0,015
Mom. di Inerzia irrigidimento anime	I _{sa,1} = cm ⁴	0,000		
	b _o = mm	65,00	L _e / 50 =	35 mm > b _o /2
	s _w = mm	83,35	effetto 'shear lag' trascurabile	

Fattore di riduzione per la flangia compressa : α_o = 1,2715325

A_{c,eff} = ρ_c · A_{c,eff,loc} + Σ b_{edge,eff} · t = 0,315 cm² ρ_c = 1,00000 κ = 0,0236142

A_{c,eff,loc} = A_{s,eff} + Σ ρ_{loc} · b_{c,loc} · t = 0,251 cm² A_c = cm² 0,283 β = 1

A_{s,eff} = n_s · A_{s(i,w),1} b_{s1,eff} = ρ_{s,1} · b_{p,1} = 16,07 mm b_{s2,eff} = ρ_{s,2} · b_{p,2} = 0,00 mm b_{s,eff} = ρ_s · b_p = 16,07 mm

b_{c,loc} = b_{s,1(2),eff} ρ_{loc} = ρ_{s,1(2)}

I° step	II° step	III° step
16,07 mm	0,00 mm	16,07 mm
17,07 mm	0,000 mm	17,122
17,07 mm	0,000 mm	17,122

χ_d = fattore di riduzione per gli irrigidimenti : flangia χ_{d,s} = 0,84661 N° irrig. < 3
 anime χ_{d,sa} = 1,00000 N° irrig. = 0

N° 3 passi di iterazione	flangia	ρ _c ['] = 0,7336817 ρ _c ["] = 0,727533 ρ _c ^{'''} = 0,7272191	χ _d ['] = 0,85376 χ _d ["] = 0,8469615 χ _d ^{'''} = 0,8466117	λ _{p,1} ['] = 0,8826198 λ _{p,2} ['] = 0 λ _{p,1} ["] = 0,815533 λ _{p,2} ["] = 0 λ _{p,1} ^{'''} = 0,8122795 λ _{p,2} ^{'''} = 0	ρ _{s,1} ['] = 0,7142103 ρ _{s,2} ['] = 1 ρ _{s,1} ["] = 0,7586769 ρ _{s,2} ["] = 1 ρ _{s,1} ^{'''} = 0,7609599 ρ _{s,2} ^{'''} = 1
	anime	ρ _c ['] = 0,5681979 χ _d ['] = 1	χ _d ['] = 1 χ _d ["] = 1 χ _d ^{'''} = 1	λ _{p,1} ["] = 0,8122795 λ _{p,2} ["] = 0	ρ _{s,1} ["] = 0,7609599 ρ _{s,2} ["] = 1
	partì non irrigidite	flangia λ _d ['] = (f _y / σ _{cr,c}) ^{0,5} anime λ _d ['] = 1,1707775	flangia λ _d ['] = 0 anime λ _d ['] = 1,1707775	flangia λ _d ["] = 0 anime λ _d ["] = 0,8617406	flangia λ _d ^{'''} = 0 anime λ _d ^{'''} = 0,8622245
	partì irrigidite	flangia λ _d ['] = (f _y / σ _{cr,s}) ^{0,5} anime λ _d ['] = 0	flangia λ _d ['] = 0,8523375 anime λ _d ['] = 0	flangia λ _d ["] = 0,8617406 anime λ _d ["] = 0	flangia λ _d ^{'''} = 0,8617406 anime λ _d ^{'''} = 0

interazione flangia e anime λ_d['] = 0 λ_d["] = 0 λ_d^{'''} = 0

partì non irrigidite	σ _{cr,c} = k _{σ,p} · π ² · E · t ² / [12 · (1-ν ²) · b ³]	flangia σ _{cr,c} = 0,000 N/mm ²	III° step
k _{σ,p,flangia} = 4	k _{σ,p,anima} = 22,352	anime σ _{cr,ca} = 291,817 N/mm ²	↓
partì irrigidite	σ _{cr,s} = 4,2 · k _w · E / A _{s,1} · [I _{s,1} · t ³ / L _s ³] ^{0,5}	flangia σ _{cr,s} = 550,601	538,046
	σ _{cr,sa} = 1,05 · k _f · E / A _{sa} · [I _{w,1} · t ³ · s] ^{0,5} / A _w	anime σ _{cr,sa} = 0,000	N/mm ²
	σ _{cr,mod} = σ _{cr,s} / [1 + (β _s · σ _{cr,s} / σ _{cr,sa}) ^{4,025}]	interazione σ _{cr,mod} = 0,000	0,000
per n° irrigid. >= 3	σ _{cr,s} = 1,8 · E / [I _{s,1} · t / (b _o ³ · b _e ²)] ^{0,5} + 3,6 · E · t ² / b _o ²	σ _{cr,s} = 0,000	0,000

raggio di inerzia irrigid. flangia i_s = 0,25 mm
 raggio di inerzia irrigid. anime i_{sa} = 0,00 mm
 posiz. baricentro irrigid. flangia Z_{G,s} = 2,43 mm

I° step	II° step	III° step
0,247 mm	2,369 mm	0,247
0,247	2,366	0,247

Snervamento raggiunto prima dalla parte tesa : NO

per ψ = -1 b_c = 35,300 mm x = 0,000 mm

modulo di resistenza efficace parzialmente plastico :
 M_{pp,Rd} = 0,00 kNcm W_{pp,eff} = 0,000 cm³

Resistenza locale dell'anima all'appoggio (item 6.1.7.3) :

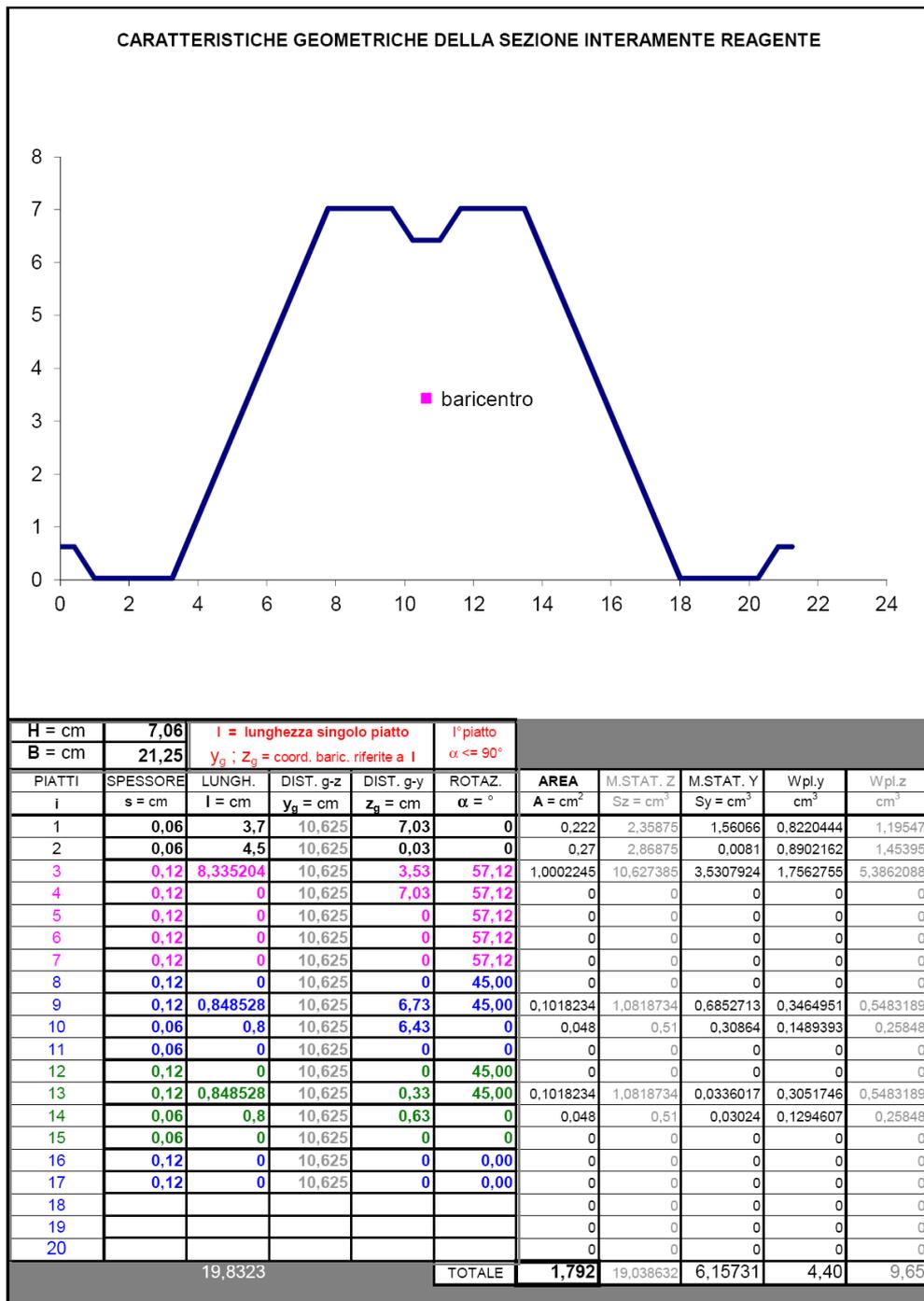
R_{w,Rd} = α t² √ f_{y,b} E (1 - 0,1√r/t) [0,5 + √(0,02 I_a / t)] (2,4 + (φ/90)²) / γ_{M1}

α = 0,15 k_{a,s} = 1,000 e_{max}=e_{min}= 0,000 mm

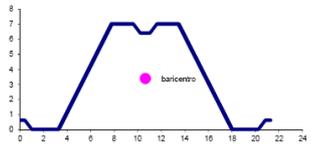
Il foglio di seguito riportato illustra il calcolo iterativo della sezione efficace per lo S.L.S. ed esegue la verifica di deformazione

CALCOLO DEL MOMENTO DI INERZIA DELLA SEZIONE EFFICACE PER LO STATO LIMITE DI SERVIZIO						
5.5.3.4.2 1) calcolo dell'area efficace ($A_{c,eff}$) della flangia compressa:						
$\bar{\lambda}_{d} = (f_{y0} / \sigma_{cr,s})^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{d} =$	0,763686 (III° step)	tensione critica irrigid.	$\sigma_{cr,s} =$	685,85	
$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot (\chi_d)^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{p,red} =$	0,763686 (III° step)	spostamento verticale	$\delta =$ mm	0,98	
fattore di rid. flangia	$\rho_c =$	1	rigidezza molla per u.l.	$k = 1 / \delta =$	1,03	
Area efficace iniz. irrigid.	$A_{s,1} =$	0,2615746 cm ²	fattore di riduz. res. irrigid.	$\chi_d' =$	1,00	
Area efficace flangia	$A_{c,eff} =$	0,3427434 cm ²	" " (III° step)	$\chi_d'' =$	1,00	
2) caratteristiche geometriche della sezione ridotta:						
Area sez. ridotta	$A_r' =$	1,691 cm ²	lunghezza di instab.	$l_b =$ mm	221,976	
Posizione baricentro	$z_G' =$	33,770 mm	parametro di instab.	$k_w =$	1,346	
Momento di inerzia	$I_r' =$	11,582 cm ⁴	sviluppo flangia irrigid.	$b_e =$ mm	61,721	
Modulo di res. superiore	$W_{y,c} =$	3,145 cm ³	Modulo di res. irrigidim.	$W_{y,s} =$ cm ³	3,36	
Modulo di res. inferiore	$W_{y,t} =$	3,430 cm ³	tens. di compr. irrigid.	$\sigma_{com,Ed} =$	121,08	
			Area efficace irrigidim.	$A_{s,1,red} =$ cm ²	0,2616	
3) tensione nella flangia compressa per S.L.S.:						
per elem. continuo	$\sigma_{com,Ed,ser} =$	155,211 N/mm ²	dist. bar. flangia compr.	$e'_c =$ mm	36,530	
			largh. efficace iniziale	$s_{eff,0} =$ mm	15,607093	
5.5.3.4.3 4) calcolo della larghezza efficace delle anime ($s_{eff,w}$):						
valori iniziali step 1	parte superiore	$s_{eff,1} =$	15,607 mm	larghezze efficaci parti compresse	$s_{eff,1} =$	15,607 mm
	parte lato sup. I° irrigid.	$s_{eff,2} =$	0,000 mm		$s_{eff,2} =$	0,000 mm
	parte lato inf. I° irrigid.	$s_{eff,3} =$	0,000 mm		$s_{eff,3} =$	0,000 mm
	parte lato sup. II° irrigid.	$s_{eff,4} =$	0,000 mm		$s_{eff,4} =$	0,000 mm
	parte lato inf. II° irrigid.	$s_{eff,5} =$	0,000 mm		$s_{eff,5} =$	0,000 mm
	parte lato asse neutro	$s_{eff,n} =$	23,411 mm		$s_{eff,n} =$	23,411 mm
4 bis) controllo larghezze efficaci:						
5) calcolo dei moduli di resistenza efficaci						
Area sez. ridotta	$A_v'' = A_{eff} =$	1,655 cm ²	dist. bar. flangia compr.	$e''_c =$ mm	37,005	
Posizione baricentro	$z_G'' =$	33,295 mm	fatt. di riduz. irrigid. anima	$\chi_d''' =$	1,000	
Momento di inerzia eff.	$I_r'' = I_{r(eff)} =$	11,412 cm ⁴	Area effic. irrigid. anima	$A_{sa,red} =$ cm ²	0,000	
6.1.4.1 Modulo di res. superiore	$W_{eff,c} =$	3,059 cm ³	per acciaio inox			
6.1.4.2 Modulo di res. inferiore	$W_{eff,t} =$	3,427 cm ³	$\sigma_{1,Ed,ser} =$	159,56	N/mm ²	
6.1.4.2 Mod. resist. parz. plast.	$W_{pp,eff} =$	0,000 cm ³	$\sigma_{2,Ed,ser} =$	142,40	N/mm ²	
6) interpolazione tra sezione efficace e sezione lorda						
7.1 (3)	$I_{fic} = I_{gr} - \frac{\sigma_{gr}}{\sigma} (I_{gr} - I(\sigma)_{eff})$					
	$I_{gr} =$	11,932 cm ⁴	momento di inerzia della sezione lorda			
	$I_{\sigma(eff)} =$	11,412 cm ⁴	momento di inerzia della sezione efficace (vedi nota in calce)			
	$\sigma_{gr} =$	83,38 N/mm ²	tensione di compressione max della sezione lorda per lo S.L.S.			
	$\sigma =$	159,56 N/mm ²	tensione max in valore assoluto nella lunghezza dell'elemento per lo S.L.S.			
	$I_{fic} =$	11,660 cm ⁴				
VERIFICA DI DEFORMAZIONE						
Freccia massima	$f_{max} =$	11,154 mm	= L / 314	< L / 300	= mm11,66667	
Distanza da "A"	$x_A =$	1,474 m	campata di estremità			
5.5.3.4.2 Flanges with intermediate stiffeners 5.5.3.4.3 Webs with up to two intermediate stiffeners						
(12) The effective section properties of the stiffeners at serviceability limit states should be based on the design thickness t .						

Foglio di rappresentazione grafica della sezione lorda del profilo

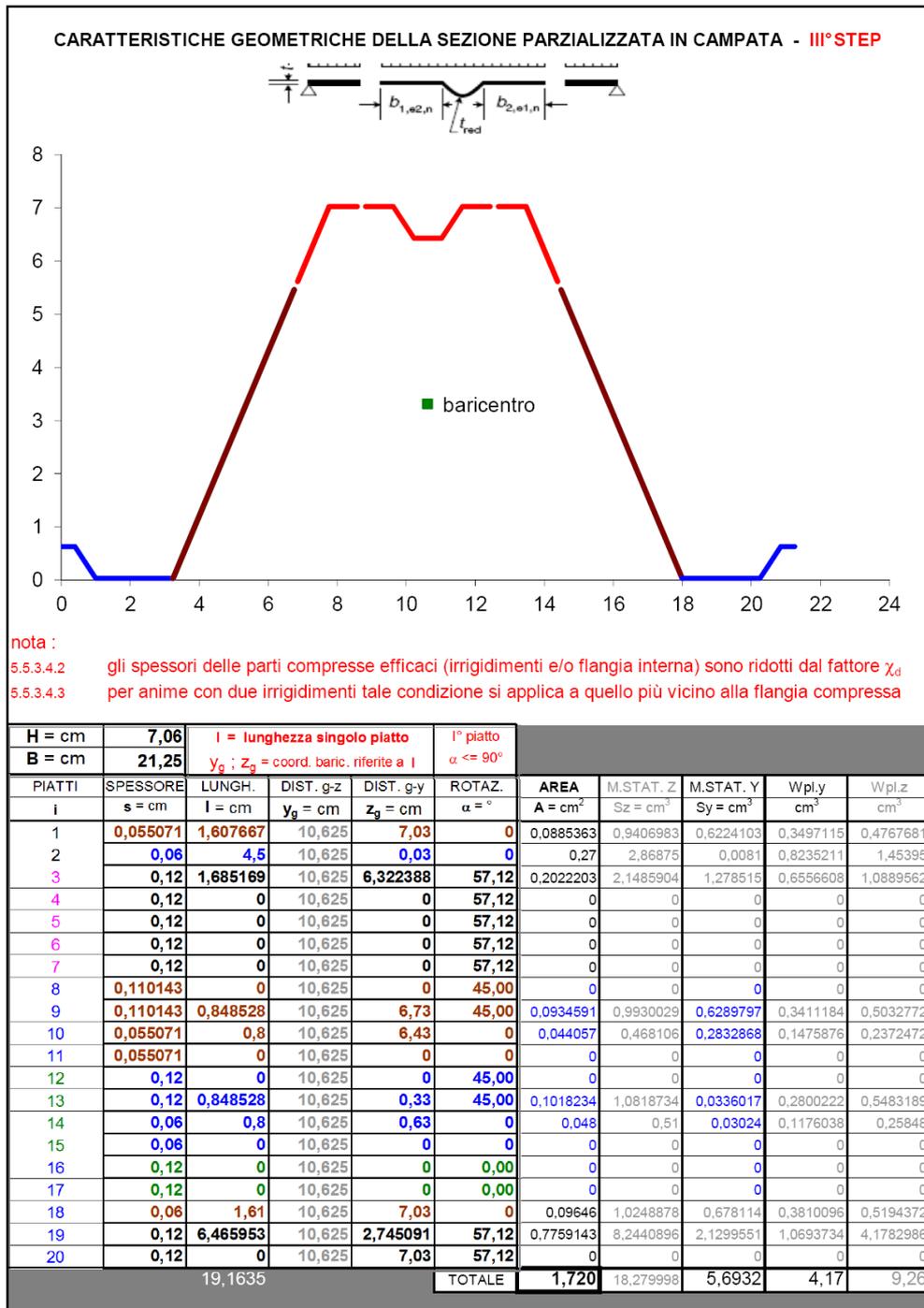


Foglio di riepilogo del calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione

COORDINATE DEL BARICENTRO : $y_G = 10,63$ cm $z_G = 3,44$ cm		COORDINATE CENTRO DI TAGLIO : $y_c =$ <input type="text"/> cm $z_c =$ <input type="text"/> cm								
MOMENTI DI INERZIA DELLA SEZIONE : $J_y = 12,99$ cm ⁴ $J_z = 2$ cm ⁴ $J_t = 0$ cm ⁴										
LIVELLI DI CALCOLO CARATTERISTICHE DI RESISTENZA : LIV. 0 = BORDI DEL PROFILO SUGLI ASSI DI RIFERIMENTO LIV. 1 : 5 = LIVELLI DEFINITI DA INPUT LUNGO GLI ASSI Y E Z LIV. 6 = LIVELLO BARICENTRICO LIV. 7 = DIMENSIONI MASSIME DEL PROFILO LIV. 8 = LIVELLO ASSE NEUTRO PLASTICO										
										
MODULI DI RESISTENZA E COEFFICIENTI DI TAGLIO :										
LIV.	hy cm	bz cm	Wy cm ³	Wpl.y cm ³	kTz cm ⁻²	hz cm	by cm	Wz cm ³	Wpl.z cm ³	kTy cm ⁻²
0	0	0	3,78		0,00E+00	0	0	0		0,00E+00
1	0,06	0,12	4		5,90E-01	0,762	1,02	0		0,00E+00
2	0	0	4		0,00E+00	13,08	1,02	1		1,29E-15
3	0	0	4		0,00E+00	0	0	0		0,00E+00
4	0	0	4		0,00E+00	0	0	0		0,00E+00
5	0	0	4		0,00E+00	0	0	0		0,00E+00
6	3,44	0,12	=====		8,79E-01	10,63	1,02	=====		1,07E-01
7	7,06	0	3,59		0,00E+00	21,25	0	0		0,00E+00
	Zn	Ac	At	Wpl.y		Zn	Ac	At	Wpl.z	
8	3,33	0,90 =	0,89	4,40	OK	5,24	1,79 =	0,00	10	

MOMENTI STATICI BARICENTRICI :							
		LIV. 1	LIV. 2	LIV. 3	LIV. 4	LIV. 5	LIV. 6
M. STAT. Y	Sy = cm ³	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37
M. STAT. Z	Sz = cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28

Foglio di rappresentazione grafica della sezione efficace del profilo in campata



Foglio di rappresentazione grafica della sezione efficace del profilo all'appoggio

