



WP N°: 3

WP Title: eLectures: Interactive electronic lectures

Deliverable N°: D3.1

Deliverable Title: Profili con fori
--

Deliverable Date: 31st of March 2018
--

<p>The GRISPE PLUS project has received financial support from the European Community's Research Fund for Coal and Steel (RFCS) under grant agreement N° 754092"</p>

Author(s)

<i>Sokol Palisson Consultants, Anna Palisson</i>
--

Drafting history

<i>DRAFT N° 1 -DATE:</i>

<i>DRAFT N° 2- DATE:</i>

<i>FINAL- DATE: 31st of March</i>
--

Dissemination Level

<i>PU</i>	<i>Public-Open</i>	
-----------	--------------------	--

<i>PP</i>	<i>Restricted to the Commission Services, the Coal and Steel Technical Groups and the European Committee for Standardisation (CEN)</i>	
-----------	--	--

<i>RE</i>	<i>Restricted to a group specified by the Beneficiaries</i>	
-----------	---	--

<i>CO</i>	<i>Confidential, only for Beneficiaries (including the Commission services)</i>	
-----------	---	--

D3.1 HOLED PROFILES

RFCS funded – agreement N° 754092

Disclaimer notice and EU acknowledgement of support

Disclaimer notice

By making use of any information or content in this manual you agree to the following:

No warranties

All the information or content provided in this manual is provided “as is” and with no warranties. No express or implies warranties of any type, including for example implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, are made with respect to the information or content, or any use of the information or content in this manual.

The authors make no representations or extend no warranties of any type as to the completeness, accuracy, reliability, suitability or timeliness of any information or content in this manual.

Disclaimer of liability

This manual is for informational purposes only. It is your responsibility to independently determine whether to perform, use or adopt any of the information or content in this manual.

The authors specifically disclaim liability for incidental or consequential damages and assume no responsibility or liability for any loss or damage suffered by any person as a result of the use or misuse of any of the information or content in this manual.

The authors will not be liable to you for any loss or damage including without limitation direct, indirect, special or consequential loss or damage, or any loss or damage whatsoever arising from loss of data or loss of business, production, revenue, income, profits, commercial opportunities, reputation or goodwill, arising out of, or in connection with, the use of the information or content in this manual.

The authors do not represent, warrant, undertake or guarantee that the use of the information or content in this manual will lead to any particular outcome or results.

Reasonableness

By using this manual, you agree that the exclusions and limitations of liability set out in this disclaimer are reasonable. If you do not think they are reasonable, you must not use this manual.

Severability

If any part of this disclaimer is declared unenforceable or invalid, the remainder will continue to be valid and enforceable.

“The information and views set out in this manual are those of the authors and do not necessarily reflect the official opinion of the European Union. Neither the European Union and bodies nor any person acting on their behalf may be held responsible for the use which may be made of the information or views contained therein”

EU acknowledgement of support

The GRISPE project has received financial support from the European Community's Research Fund for Coal and Steel (RFCS) under grant agreement No. **754092**.

SOMMARIO

Lo scopo di questo manuale di progettazione è di presentare un nuovo metodo di calcolo per gli impalcati in acciaio con fori, così come sviluppato all'interno del progetto europeo GRISPE PLUS.

Il manuale si basa in generale sui principi contenuti nell'Eurocodice e, in particolare, negli Eurocodici EN 1993-1-3 e EN 1993-1-5.

Questo nuovo metodo di progettazione per impalcati in acciaio con fori è basato sugli esperimenti condotti all'interno del progetto europeo GRISPE (2013- 2016).

Il quadro generale di questo metodo è descritto nell'allegato 1.

Il capitolo 1 descrive il tipo di profili interessati, lo stato dell'arte, i principali risultati di ricerca del progetto GRISPE e i requisiti e le regole generali di progettazione;

Il capitolo 2 delinea le considerazioni preliminari che devono essere prese in considerazione durante le fasi di progettazione preliminare, compresa, in particolare, la verifica del campo di applicazione del nuovo metodo di progettazione;

Il capitolo 3 stabilisce i requisiti tecnologici che devono essere rispettati, compresi il telaio di supporto, le caratteristiche dei profili e gli assemblaggi;

Il capitolo 4 elenca le proprietà dei materiali dei profili;

Il capitolo 5 specifica la determinazione di azioni e combinazioni;

Il capitolo 6 fornisce le basi della progettazione;

Il capitolo 7 elenca aspetti specifici di progettazione che non sono coperti dal presente manuale;

Il capitolo 8 spiega nel dettaglio il software sviluppato per i profili con fori.

Il capitolo 9 fornisce un'applicazione del nuovo metodo di progettazione;

Il capitolo 10 fornisce il controllo automatico del software.

Sono inclusi inoltre una bibliografia e un allegato.

Prefazione

Questo manuale di progettazione è stato realizzato con il supporto del finanziamento RFCS n° 754092.

Questo nuovo metodo di progettazione è stato presentato al gruppo incaricato allo sviluppo di EN 1993-1-3 nel 2016-2017 ed è stato preso in considerazione per l'inclusione negli Eurocodici.

Questo manuale di progettazione è stato scritto da PALISSON Anna ed è stato discusso in un gruppo di lavoro GRISPE PLUS composto dai seguenti membri:

Mickael BLANC	Francia
Silvia CAPRILI	Italia
David IZABEL	Francia
Markus KUHNENNE	Germania
Anna PALISSON	Francia
Valérie PRUDOR	Francia
Irene PUNCELLO	Italia
Dominik PYSCHNY	Germania
Thibaut RENAUX	Francia
Walter SALVATORE	Italy
Daniel SPAGNI	Francia

I soci corrispondenti hanno incluso:

SOKOL	Léopold	France
-------	---------	--------

Figure

Le figure sono state fornite dalle seguenti fonti

Figura 1.1.1 – JORIS IDE and Sokol Palisson Consultants

Figura 1.1.2 – JORIS IDE and Sokol Palisson Consultants

Figura 1.3.1 – KIT

Figura 1.3.2 – KIT

Figura 1.3.3 – KIT

Figura 2.2.1.1 – Copia di EN 1993-1-3

Figura 2.2.2.1 – Copia di EN 1993-1-3

Figura 6.2.1 - Sokol Palisson Consultants

Figura 8.1 – Sokol Palisson Consultants

Figura 8.1.1 - Sokol Palisson Consultants

Figura 8.1.2 - Sokol Palisson Consultants

Figura 8.1.3 – Copia of EN 1993-1-3

Figura 9.1- Sokol Palisson Consultants

D3.1 PROFILI CON FORI

Figura 9.1.1- Sokol Palisson Consultants

Figura 9.1.2- Sokol Palisson Consultants

Figura 9.1.3- Sokol Palisson Consultants

Figura 9.2.1 – Copia di EN 1993-1-3

Figura 9.3.1.1 – Copia di EN 1993-1-3

Figura 9.3.1.2 – Copia di EN 1993-1-3

Figura 9.3.1.3 - Sokol Palisson Consultants

INDICE

1.	INTRODUZIONE	10
1.1.	Tipi di lamiera sagomate	10
1.2.	Stato dell'arte ante GRISPE	10
1.3.	Risultati principali di GRISPE.....	11
1.4.	Regole e requisiti di progettazione generale.....	12
2.	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI: FASE PRE-PROGETTUALE	12
2.1.	Campo di applicazione del nuovo metodo di progettazione	12
2.2.	Disposizioni tecnologiche delle lamiere sagomate.....	12
3.	REQUISITI TECNOLOGICI DI BASE	14
3.1.	Lamiere sagomate e marcatura CE.....	14
4.	PROPRIETÀ DEI MATERIALI.....	14
4.1.	Lamiere in acciaio	14
5.	AZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	14
6.	REGOLE BASE DI PROGETTAZIONE	14
6.1.	Principi.....	14
6.2.	Campo di applicazione del Nuovo metodo di progettazione	14
6.3.	Procedura di progettazione	15
7.	CONSIDERAZIONI SPECIFICHE SULLA PROGETTAZIONE	15
8.	SPIEGAZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO	16
8.1.	DATI	16
8.2.	Controllo delle proporzioni geometriche.....	18
8.3.	RISULTATI.....	18
9.	ESEMPIO DI PROGETTAZIONE.....	19
9.1.	Sezione trasversale della lamiera	19
9.2.	Calcolo di A_g , area lorda della sezione trasversale	21
9.3.	Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione allo Step1 di iterazione.....	23
9.4.	Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione agli step successivi di iterazione.....	31
9.5.	Calcolo del momento resistente in campata	32
10.	CONTROLLO AUTOMATICO DEL SOFTWARE	34
11.	BIBLIOGRAFIA	35
	Allegato 1	35

SCOPO DELLA PUBBLICAZIONE

Lo scopo di questa pubblicazione è di presentare il nuovo metodo di progettazione per lamiere perforate; questo metodo è stato proposto per essere incluso all'interno dell'Eurocodice EN 1993-1-3.

Questo manuale di progettazione tratta situazioni che si verificano attualmente.

Per questioni specifiche (ad es. aperture) o per situazioni eccezionali (sisma, incendio, ecc.) È necessario seguire le clausole pertinenti degli Eurocodici e/o EN 1090-4.

NOTAZIONI

Sono stati utilizzati i simboli seguenti:

t : spessore di progetto

t_{nom} : spessore nominale

t_{eff} : spessore efficace

h_w : altezza del profilo

h_a : altezza della parte dell'anima sopra l'irrigidimento

h_{sa} : altezza dell'irrigidimento dell'anima

d_s : altezza dell'irrigidimento della flangia

d : diametro del foro

f_{yb} : tensione di snervamento

E : modulo di Young

t_{red} : spessore ridotto

b_{pi} : larghezze delle parti della sezione trasversale piana

$b_{i,eff}$: larghezza effettiva

A_g : area della sezione lorda

A_{eff} : area efficace

z_G : posizione dell'asse neutro

σ_{xx} : tensione

χ_d : fattore di riduzione per la resistenza ad instabilità (distortional buckling)

$M_{c,Rd}$: momento resistente

M_{span} : momento resistente in campata

e_c : distanza tra la flangia compressa e la posizione dell'asse neutro

s_n : larghezza della parte dell'anima tra la flangia compressa e la posizione dell'asse neutro

s_{eff} : sezione efficace dell'anima

W_{eff} : modulo efficace della sezione

1. INTRODUZIONE

1.1. Tipi di lamiera sagomate

Questo manual di progettazione tratta di lamiera sagomate in acciaio aventi un foro circolare (Figura 1.1.1) o quadrato (Figura 1.1.2) nella flangia.

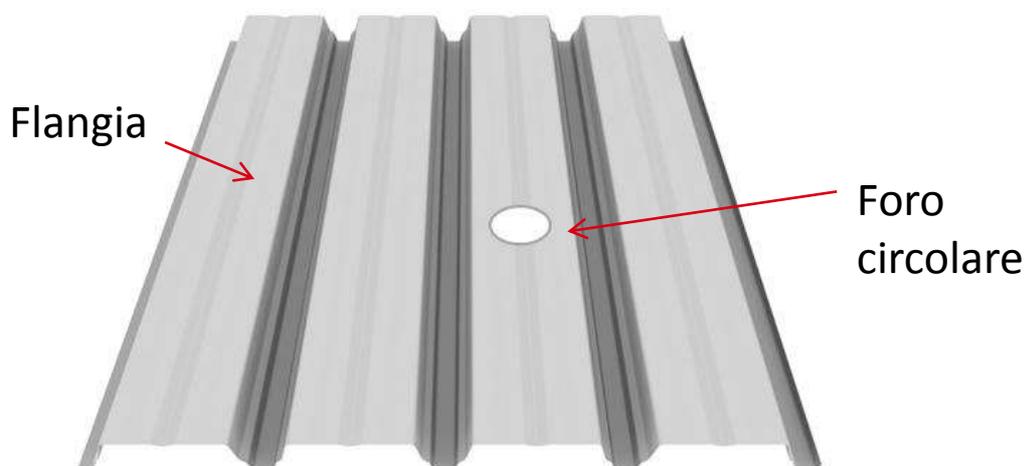


Figura 1.1.1 – Lamiera sagomata in acciaio con foro circolare

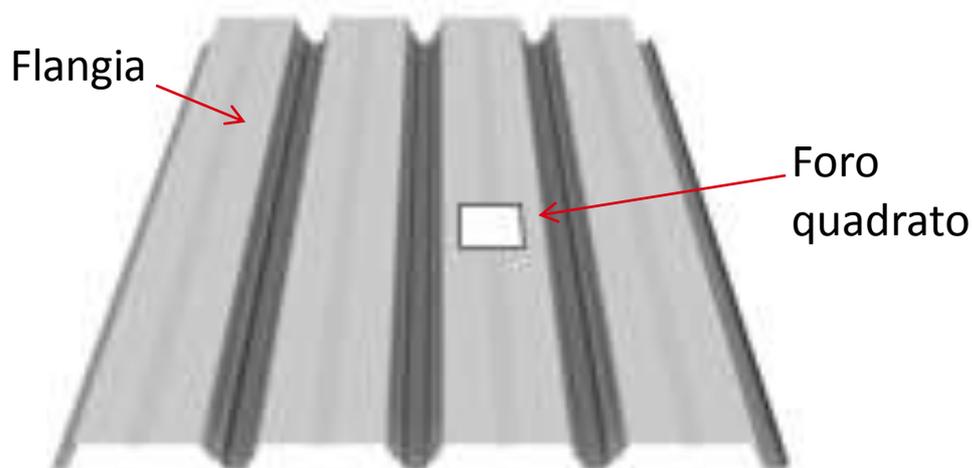


Figura 1.1.2 – Lamiera sagomata in acciaio con foro quadrato

1.2. Stato dell'arte ante GRISPE

Nel contesto delle condizioni di lavoro del cantiere è spesso necessario praticare fori nella flangia della lamiera per consentire il passaggio degli impianti.

Vi è quindi il rischio di metodi improvvisati sul luogo di lavoro che portano ad una riduzione della sicurezza strutturale e della robustezza. I fori riducono la capacità di resistenza delle lamiera a livello globale e locale e hanno un impatto sulla resistenza a flessione e, di conseguenza, sulla sicurezza. In letteratura è disponibile una formula per l'instabilità di piastre con aperture [1] mentre la norma tedesca DIN 18807-3 fornisce soluzioni per una distribuzione e posizione dei fori specifiche [2] per le quali l'IFBS ha anche fornito alcune applicazioni pratiche [3], tuttavia per i soli fori con rinforzo. Il Consiglio degli Stati Uniti sul "Tall Buildings and Urban Habitat" [4] ha esaminato l'approccio olandese (SIS 1991), americano (Heagler 1987) e canadese. Fori sotto forma

di piccole aperture quadrate o rotonde per il passaggio di servizi come l'allontanamento delle acque piovane sono sempre realizzati nei tetti [5]. Numerosi studi su lamiera di acciaio con fori [3], [4], [6], [7], [8] riguardano solo l'effetto di fori sull'instabilità locale e la condizione post-buckling delle piastre sottoposte a compressione o taglio. Pertanto, non ci sono studi che stabiliscano, per le lamiera con fori soggette a flessione, il valore del momento resistente. Inoltre, la norma Europea 1993-1-3 non fornisce alcuna informazione sul calcolo del momento resistente.

L'unica opzione per i produttori di progettare una lamiera con un foro è quella di eseguire test costosi e dispendiosi in termini di tempo.

1.3. Risultati principali di GRISPE

Al fine di determinare e confrontare i valori di resistenza delle lamiera in acciaio aventi o meno un foro, è stato eseguito un programma di 48 test secondo l'allegato A di EN 1993-1-3 su elementi in acciaio a sezione trapezia (da Figura 1.3.1 a Figura 1.3.4):

- con un foro circolare sulla flangia
- con un foro quadrato sulla flangia
- senza foro

È stato sviluppato, controllato e validato, un metodo di calcolo per determinare il momento resistente in campata di una lamiera avente un foro circolare o quadrato sulla flangia superiore.



Figura 1.3.1 – Test su una singola campata su una lamiera senza foro



Figura 1.3.2 – Test su una singola campata su una lamiera con un foro circolare

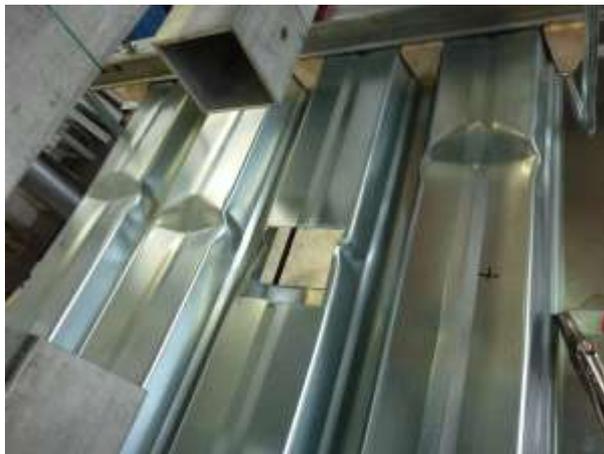


Figura 1.3.3 – Test su una singola campata su una lamiera con un foro quadrato

1.4. Regole e requisiti di progettazione generale

- (1) La progettazione di lamiere con fori deve seguire le regole generali contenute in EN 1993-1-1.
- (2) Devono essere adottati opportuni coefficienti parziali per gli stati limite ultimi e stati limite di esercizio secondo EN 1993-1-3.

2. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI: FASE PRE-PROGETTUALE

2.1. Campo di applicazione del nuovo metodo di progettazione

Questo manuale fornisce i requisiti di progettazione per lamiere in acciaio con un foro circolare o quadrato sulla flangia superiore. L'esecuzione di strutture in acciaio composte da lastre è compresa all'interno di EN 1090.

Questo manuale fornisce metodi per la progettazione mediante calcolo. Questo metodo si applica all'interno di determinati intervalli di proprietà del materiale e proporzioni geometriche.

Questo manuale non copre la disposizione dei carichi durante la messa in opera e la manutenzione.

Le regole di calcolo riportate in questo manuale sono valide solo se le tolleranze degli elementi laminati a freddo sono conformi a EN 1993-1-3.

2.2. Disposizioni tecnologiche delle lamiere sagomate

2.2.1 Forma delle sezioni

- (1) Le lamiere sagomate hanno all'interno delle tolleranze ammesse uno spessore nominale costante su tutta la loro lunghezza e possono avere una sezione trasversale uniforme o una sezione trasversale rastremata lungo la loro lunghezza.
- (2) Le sezioni trasversali delle lamiere sagomate consistono essenzialmente in un numero di elementi piani uniti da elementi curvi.
- (3) Alcuni esempi di sezioni trasversali di lamiere sagomate sono illustrati in figura 2.2.1.1.

NOTA: Tutte le regole in questo manuale si riferiscono alle proprietà degli assi principali, che sono definite dagli assi principali $y - y$ e $z - z$ per le sezioni simmetriche e $u - u$ e $v - v$ per le sezioni non simmetriche come ad es. angoli e sezioni a Z. In alcuni casi l'asse di

flessione è imposto da elementi strutturali connessi, sia che la sezione trasversale sia simmetrica o meno.

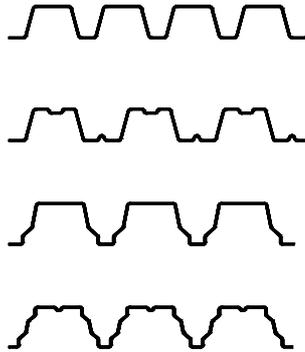


Figura 2.2.1.1 – Esempi di lamiere sagomate

(4) Le sezioni possono essere non irrigidite o possono prevedere irrigidimenti longitudinali in corrispondenza delle anime, delle flange o in entrambe.

2.2.2 Dimensioni della sezione trasversale

Le dimensioni della sezione trasversale devono soddisfare i requisiti generali indicati in EN 1993-1-3, sezione 1.5.3.

(1) Lo spessore t è uno spessore di progetto dell'acciaio (lo spessore del nucleo in acciaio meno la tolleranza, se necessario, come specificato al punto 3.2.4 di EN 1993-1-3), se non diversamente indicato.

(2) Le disposizioni per la progettazione riportate in questo manuale non dovrebbero essere applicate a sezioni trasversali al di fuori dell'intervallo avente come rapporti tra la larghezza e lo spessore b/t , h/t , c/t e d/t quelli indicati in Tabella (Tabella 5.1 di EN 1993-1-3).

		$b/t \leq 500$
		$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $h/t \leq 500 \sin \phi$

Tabella 2.2.2.1 – Controlli delle proporzioni geometriche

3. REQUISITI TECNOLOGICI DI BASE

3.1. Lamiere sagomate e marcatura CE

Gli impalcati in acciaio sono marcati CE secondo la norma EN 1090-1.

4. PROPRIETÀ DEI MATERIALI

4.1. Lamiere in acciaio

Le proprietà del materiale devono soddisfare i requisiti forniti in EN 1993-1-3, sezione 3.

Gli acciai comunemente usati sono del tipo S320GD + ZA e S350GD + ZA

Le tolleranze sullo spessore devono soddisfare i requisiti indicati in EN 1993-1-3, sezione 3.2.4.

5. AZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni e le combinazioni da prendere in considerazione devono essere determinate in accordo con EN 1991-1-6 Eurocodice 1: Azioni sulle strutture, Parti 1-6: Azioni generali – Azioni durante l'esecuzione, 2005.

6. REGOLE BASE DI PROGETTAZIONE

6.1. Principi

Questo nuovo metodo di progettazione è fornito per calcolare la resistenza a flessione per lamiere con un foro circolare o quadrato sulla flangia compressa.

6.2. Campo di applicazione del Nuovo metodo di progettazione

Questo nuovo metodo di progettazione si riferisce a lamiere con un foro circolare (Figura 6.2.1) o quadrato (Figura 6.2.2) sulla flangia.

Campo di validità:

- lamiere sagomate a forma trapezoidale;
- non più di due fori sulla flangia a campata, con distanze minime in accordo alla Figura 6.2.1;
- sono ammessi soltanto carichi uniformemente distribuiti.

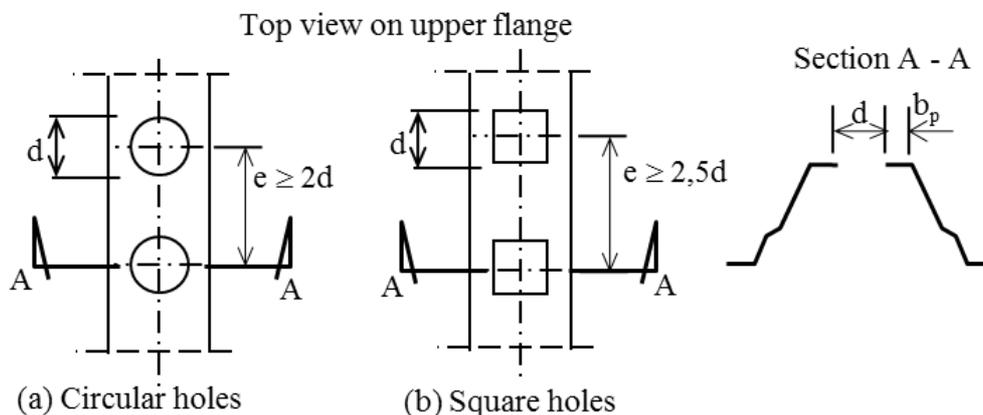


Figura 6.2.1 – Fori approssimati a forma quadrata o circolare.

6.3. Procedura di progettazione

6.3.1 Sezione efficace di una lamiera con un foro sulla flangia

Nel caso di foro circolare o quadrato sulla flangia superiore compressa, la larghezza efficace delle parti di flangia adiacenti le anime può essere determinata considerendole come elementi esterni di larghezza b_p .

6.3.2 Momento resistente della lamiera fori quadrati

Il momento resistente di progetto di una sezione trasversale soggetta a flessione attorno ad un asse principale $M_{c,Rd}$ è determinato in accordo con EN 1993-1-3 "6.1.4 Momento flettente", come segue:

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

Il modulo della sezione efficace dovrebbe essere basato su una sezione efficace che è soggetta solo al momento flettente attorno all'asse principale, con una sollecitazione massima $\sigma_{max,Ed}$ pari a f_{yb} / γ_{M0} , tenendo conto degli effetti locali e dell'instabilità distorsionale come specificato nelle Sezioni 5.5. e 7.1

7. CONSIDERAZIONI SPECIFICHE SULLA PROGETTAZIONE

Le seguenti questioni non sono trattate nel presente manuale:

- Progettazione antincendio
- Progettazione sismica
- Aspetti ambientali
- Aspetti termici
- Aspetti acustici
- Tutti gli altri temi non chiaramente identificati più in alto o più in basso

8. SPIEGAZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO

Questo software consente di calcolare il momento resistente in campata per una lamiera con un foro sulla flangia superiore, con un irrigidimento nelle altre flange superiori e con un irrigidimento nelle anime.

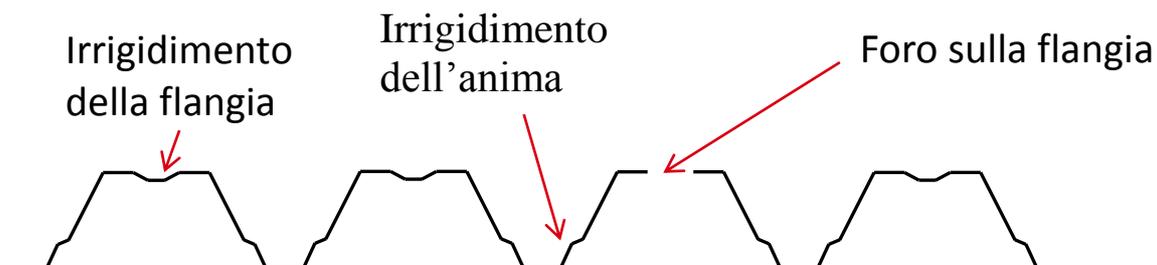


Figura 8.1. – Lamiera in acciaio con un foro sulla flangia e con un irrigidimento sulle altre flange superiori e sulle anime

8.1. DATI

In tutte le celle evidenziate in rosso devono essere inserite le dimensioni del profilo (Figure 8.1.1 e 8.1.2): raggio di piegatura interno R , angoli θ , spessore di progetto t , spessore nominale t_{nom} , passo, altezza dell'anima h_w , altezza della parte dell'anima sopra l'irrigidimento h_a , altezza dell'irrigidimento dell'anima h_{sa} , altezza dell'irrigidimento della flangia d_s , tensione di snervamento f_{yb} , modulo di Young E , dimensione della flangia superiore b_0 , dimensione del foro d :

$R1$ (mm)	θ_1 (rad)	$R2_{sup}$ (mm)	$R2_{inf}$ (mm)	θ_2 (rad)	$R3$ (mm)	θ_3 (rad)
t (mm)	t_{nom} (mm)	Pitch (mm)	h_w (mm)	h_a (mm)	h_{sa} (mm)	d_s (mm)
f_{yb} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	γ_{M0}	b_0 (mm)	d (mm)		

Tabella 8.1.1 – Celle Excel da compilare con le dimensioni del profilo

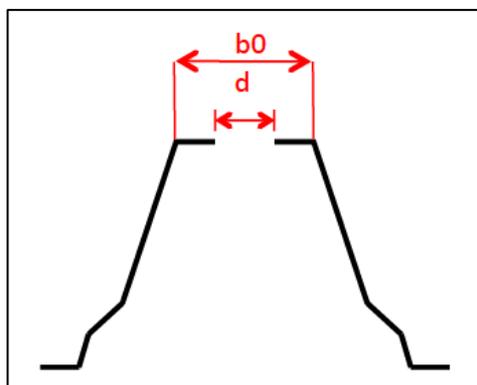


Figura 8.1.1 – Dimensione del foro

Le celle evidenziate in rosso della seguente tabella devono essere riempite con le dimensioni (b_{pi}) di tutti gli elementi di metà del passo. La numerazione degli elementi è riportata in Figura 8.1.2. La lunghezza degli elementi è misurata dai punti medi «P» degli elementi d'angolo adiacenti, come indicato nella figura 8.1.3.

Element	b_{pi} (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Tabella 8.1.2 – Celle Excel da compilare con le dimensioni degli elementi

Nella cella evidenziata in rosso della tabella seguente deve essere inserito il numero delle flange superiori che non presentano fori.

Number of upper flanges without a hole	
--	--

Tabella 8.1.3 – Cella Excel in cui inserire il numero delle flange superiori senza fori

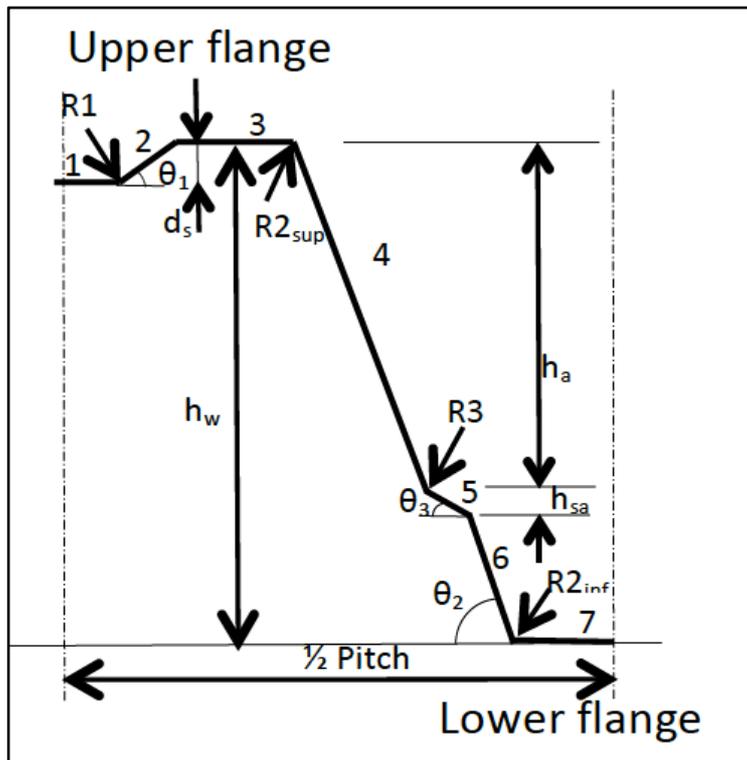


Figura 8.1.2 – Dati e numerazione degli elementi (1/2 nervatura senza fori)

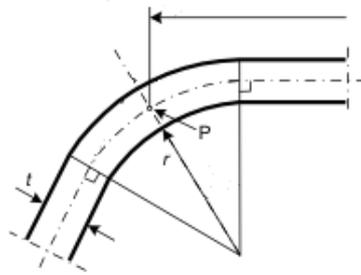


Figura 8.1.3 – Lunghezza degli elementi misurata dai punti medi « P »

8.2. Controllo delle proporzioni geometriche

La cella evidenziata in rosso della tabella seguente deve essere compilata con le dimensioni (b). Il software visualizza automaticamente il controllo delle proporzioni geometriche.

	b=			$b/t \leq 500$
	b/t=			
	θ_2 =			$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$
	h/t=			$h/t \leq 500 \sin \phi$
	500sin(θ_2)=			
r <	0,04 t E / f _y			

Tabella 8.2.1 - Controllo automatico delle proporzioni geometriche

8.3. RISULTATI

Il software visualizza automaticamente i risultati:

⇒ Momento resistente in campata $M_{span} = \text{xxx} \text{ kNm/m}$

9. ESEMPIO DI PROGETTAZIONE

Questo esempio mostra come trattare i profili in acciaio con un foro quadrato o circolare su una flangia, quando si vuole determinare la capacità a flessione di una lamiera avente un irrigidimento sulle altre flange superiori e sulle anime.

Irrigidimento
della flangia

Irrigidimento
dell'anima

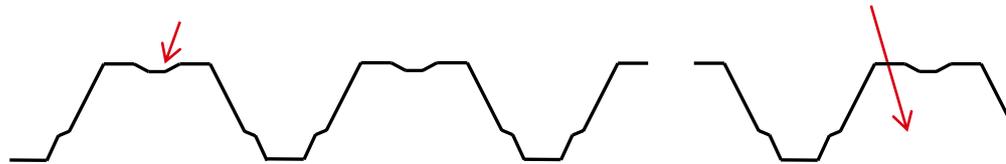


Figura 9.1 – Lamiera in acciaio con un foro su una flangia, un irrigidimento sulle altre flange e sulle anime.

9.1. Sezione trasversale della lamiera

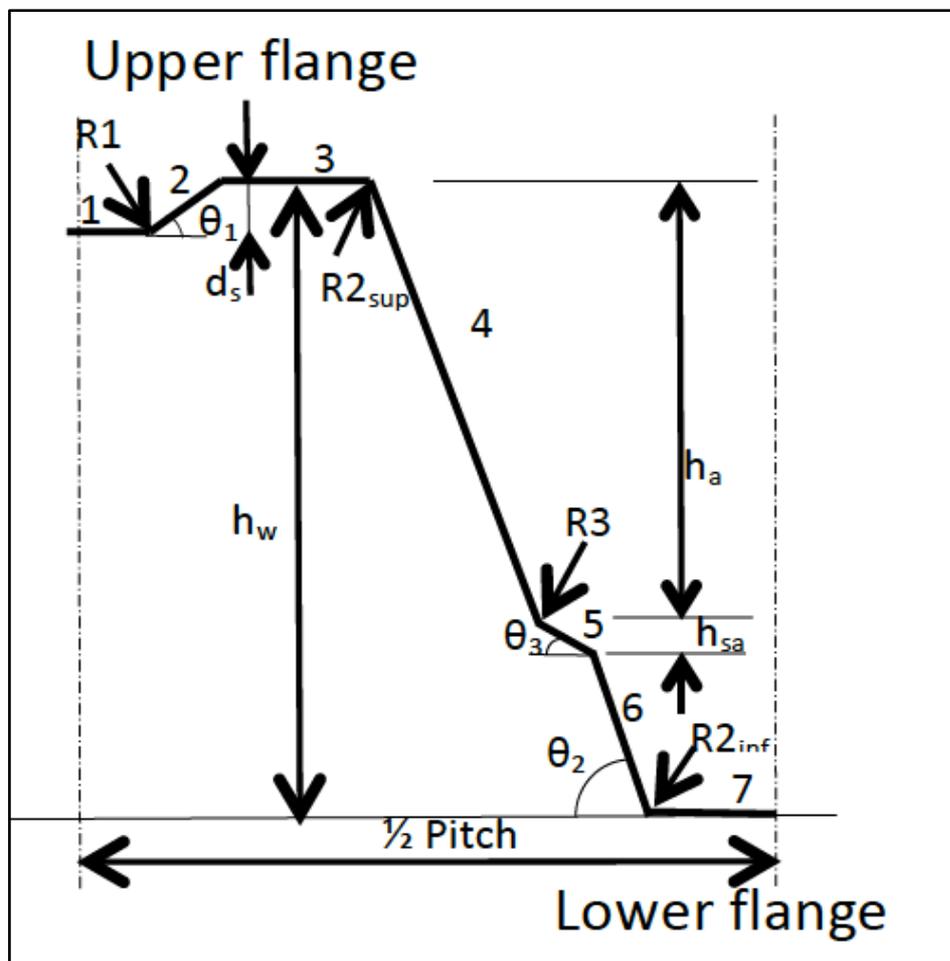


Figura 9.1.1 – Sezione trasversale della lamiera (1/2 nervatura senza fori)

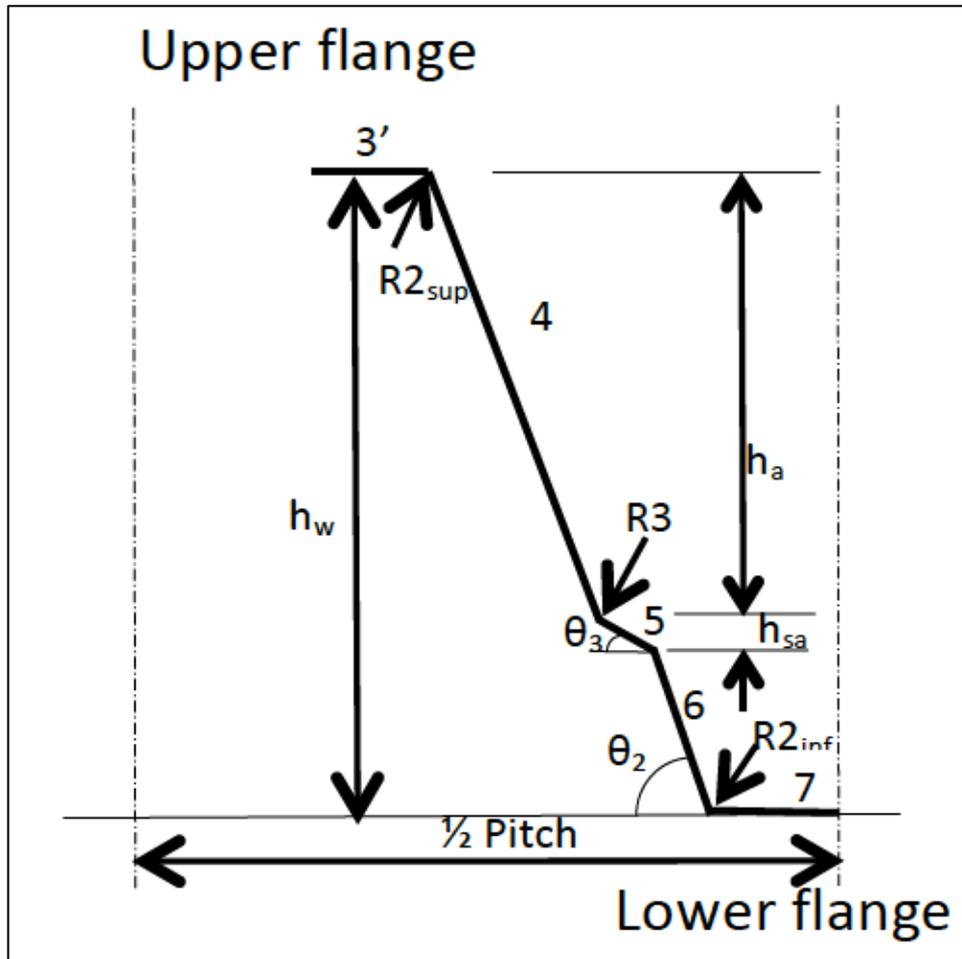


Figura 9.1.2 – Sezione trasversale della lamiera (1/2 nervatura con un foro)

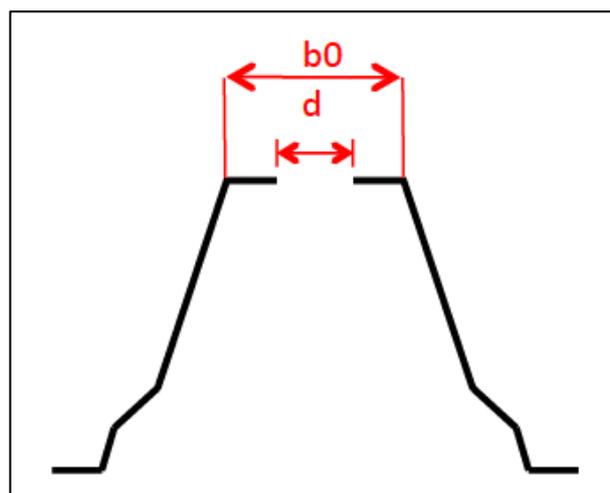


Figura 9.1.3 – Dimensioni del foro (nervatura con un foro)

9.1.1 Valori caratteristici della lamiera

L'esempio del calcolo del momento resistente in campata è effettuato con i dati seguenti:

R1 (mm)	θ_1 (rad)	R2 _{sup} (mm)	R2 _{inf} (mm)	θ_2 (rad)	R3 (mm)	θ_3 (rad)
0	0.22	6	6	1.31	3	0.99

t _{nom} (mm)	t (mm)	Pitch (mm)	h _w (mm)	h _a (mm)	h _{sa} (mm)	d _s (mm)
0.75	0.71	195	73	45	9	3

f _{yb} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	γ_{M0}	b0 (mm)	d (mm)
320.00	210000.00	1.00	125	90.00

Tabella 9.1.1.1 – Dati della lamiera

Element	b _{pi} (mm)
1	0.00
2	15.30
3	47.50
4	45.44
5	10.38
6	18.52
7	12.00

Tabella 9.1.1.2 – Dimensioni degli elementi

9.1.2 Controllo delle proporzioni geometriche

b = 125; t = 0.71; h = 73; f_y = 320 N/mm²

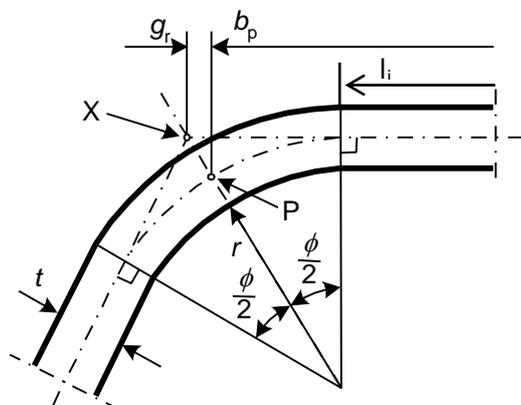
	b=	125.00		b/t ≤ 500	
	b/t=	176.06			
	θ_2 =	75.00			45° ≤ φ ≤ 90°
	h/t=	102.82			
	500sin(θ2)=	482.96			h/t ≤ 500 sinφ
r <	0,04 t E / f _y	18.64			

Tabella 9.1.2.1 – Controllo delle proporzioni geometriche

9.2. Calcolo di A_g, area lorda della sezione trasversale

A_g è la somma delle aree di ogni elemento (lunghezza x t)

lunghezza = l_i = b_p - r_m x sinπ/4



(a) punto medio dell'angolo o della piegatura

X è l'intersezione delle linee medie

P è il punto medio dell'angolo

$$r_m = r + t/2$$

Figura 9.2.1 - Simbologia per l'ampiezza delle parti della sezione trasversale b_p considerando i raggi di curvatura

9.2.1 Calcolo di A_g , area lorda della sezione senza fori

Element	l_i (mm)	A_i (mm ²)	z (mm)	S_i (mm ³)	z_0 (mm)
1	0.0	0.0	70.0	0.00	-21.2
Corner 1 _{inf}	0.0	0.0	70.0	0.00	-21.2
2	15.3	10.9	71.5	776.56	-22.7
Corner 1 _{sup}	0.0	0.0	73.0	0.00	-24.2
3	43.8	31.1	73.0	2272.61	-24.2
Corner 2 _{sup}	7.9	5.6	71.4	398.30	-22.6
4	40.4	28.7	50.5	1447.25	-1.7
Corner 3 _{sup}	3.0	2.1	28.0	59.04	20.8
5	7.5	5.3	23.5	125.58	25.3
Corner 3 _{inf}	3.0	2.1	19.0	40.07	29.8
6	13.4	9.5	9.5	90.70	39.3
Corner 2 _{inf}	7.9	5.6	1.6	8.77	47.3
7	8.3	5.9	0.0	0.00	48.8
TOTAL		106.8		5218.9	48.8

Tabella 9.2.1.1 - Dimensioni degli elementi

$$A_g = 106.8 \text{ mm}^2$$

Posizione dell'asse neutro: $z_G = S / A_g = 48.8 \text{ mm}$

9.2.2 Calcolo di A_g , area lorda della sezione con un foro

Element	l_i (mm)	A_i (mm ²)	z (mm)	S_i (mm ³)	z_0 (mm)
3'	13.8	9.8	73.0	717.71	-24.2
Corner 2 _{sup}	7.9	5.6	71.4	398.30	-22.6
4	40.4	28.7	50.5	1447.25	-1.7
Corner 3 _{sup}	3.0	2.1	28.0	59.04	20.8
5	7.5	5.3	23.5	125.58	25.3
Corner 3 _{inf}	3.0	2.1	19.0	40.07	29.8
6	13.4	9.5	9.5	90.70	39.3
Corner 2 _{inf}	7.9	5.6	1.6	8.77	47.3
7	8.3	5.9	0.0	0.00	48.8
TOTAL		74.7		2887.4	38.7

Tabella 9.2.2.1 - Dimensioni degli elementi

$A_g = 74.7 \text{ mm}^2$

Posizione dell'asse neutro: $z_G = S / A_g = 38.7 \text{ mm}$

9.3. Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione allo Step1 di iterazione

A_{eff} è la somma delle aree efficaci di ogni elemento della sezione.

9.3.1 Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione senza fori

La flangia superiore presenta un irrigidimento. La sezione trasversale efficace della flangia si calcola in accordo a EN 1993-1-3 § "5.5.3.4.2 Flange con irrigidimenti intermedi".

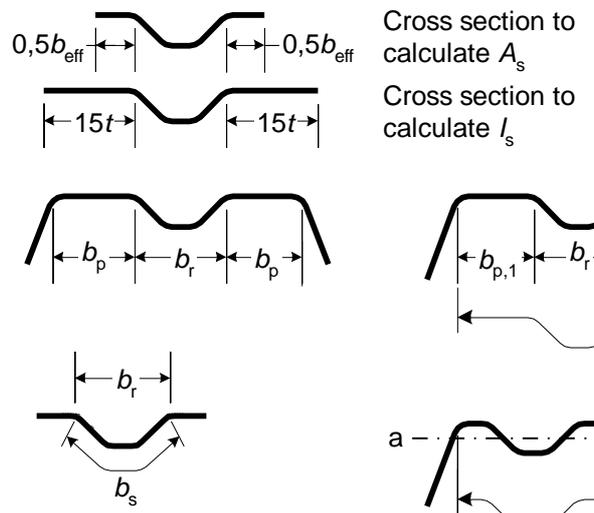


Figura 9.3.1.1 - Flangia con due irrigidimenti

La tensione nella flangia superiore è $\sigma_{com} = f_{yb} \times (h_w - z_G) / z_G = 158 \text{ N} / \text{mm}^2$

$b_p = 47.5 \text{ mm}$

$$\lambda_p = b_p / t / (28.4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) \text{ with } \epsilon = (235 / f_{yb})^{1/2}$$

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = 1 \rightarrow \text{Coefficient } k_\sigma = 4$$

$$\lambda_p = 1.374$$

$$\lambda_{pred} = \lambda_p \times \sqrt{\frac{\sigma_{com}}{f_y / \gamma_{M0}}} \rightarrow \lambda_{pred1} = 0.966$$

$$\lambda_{pred} > 0.673 \rightarrow \rho = \frac{1 - 0,055(3+\psi) \bar{\lambda}_{p,red}}{\bar{\lambda}_{p,red}} + 0,18 \frac{(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,red})}{(\bar{\lambda}_p - 0,6)} \rightarrow \rho = 0.894$$

$$b_{eff} = \rho * b_p = 42.5 \rightarrow \boxed{0,5 b_{eff} = 21.2 \text{ m}}$$

Irrigidimento della flangia superiore:

La sezione trasversale dell'irrigidimento è calcolata in accordo con EN 1993-1-3 § "5.5.3.3 Elementi piani con irrigidimenti intermedi"

Calcolo della tensione critica di instabilità $\sigma_{cr,s}$

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2 k_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{4 b_p^2 (2 b_p + 3 b_s)}}$$

$b_s = 30.6 \text{ mm}, b_p = 47.5 \text{ mm}$

Calcolo di A_s

Element	l_i (mm)	A_i (mm ²)
plane part	21.23	15.08
Corner 1 _{sup}	0.00	0.00
2	15.30	10.86
Corner 1 _{inf}	0.00	0.00
2	0.00	0.00
Corner 1 _{inf}	0.00	0.00
2	15.30	10.86
Corner 1 _{sup}	0.00	0.00
plane part	21.23	15.08
TOTAL		51.9

Tabella 9.3.1.1 - Lunghezza ed area degli elementi

$A_s = 51.9 \text{ mm}^2$

Calcolo di I_s

Element	l_i (mm)	A_i (mm ²)	z (mm)	S_i (mm ³)	z_0 (mm)	h	I_i (mm ⁴)
plane part	10.65	7.56	0.00	0.00	0.88	0.71	6.23
Corner l_{sup}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00
2	15.30	10.86	1.50	16.29	-0.62	3.30	13.95
Corner l_{inf}	0.00	0.00	3.00	0.00	-2.12	0.00	0.00
1	0.00	0.00	3.00	0.00	-2.12	0.71	0.00
Corner l_{inf}	0.00	0.00	3.00	0.00	-2.12	0.00	0.00
2	15.30	10.86	1.50	16.29	-0.62	3.30	13.95
Corner l_{sup}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00
plane part	10.65	7.56	0.00	0.00	0.88	0.71	6.23
TOTAL		36.8		32.6	0.88		40.4

Tabella 9.3.1.2 - Lunghezze degli elemnti e momenti di inerzia

$$I_s = 40.4 \text{ mm}^4$$

$$I_b = 3,07 \sqrt[4]{\frac{I_s b_p^2 (2 b_p + 3 b_s)}{t^3}}$$

$$I_b = 254.9$$

$$s_w = 73.7$$

$$I_b / s_w = 3.5 \geq 2 \rightarrow k_w = k_{wo}$$

$$k_{wo} = \sqrt{\frac{s_w + 2 b_d}{s_w + 0,5 b_d}}$$

$$k_{wo} = 1.54$$

$$\text{Tensione critica di instabilità } \sigma_{cr,s} = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{f_{yb} / \sigma_{cr,s}}$$

$$\bar{\lambda}_d = 2.04$$

$$\bar{\lambda}_d \geq 1,38 \rightarrow \chi_d = \frac{0,66}{\bar{\lambda}_d}$$

$$\text{Fattore di riduzione per la resistenza ad instabilità distorsionale } \chi_d = 0,323$$

$$\text{Spessore ridotto } t_{red} = C_d t \frac{f_{yb} / g_{M0}}{S_{com,Ed}}$$

$$\text{Spessore ridotto } t_{red} = 0.46 \text{ mm}$$

Area efficace dell'anima

L'area efficace dell'anima è calcolata in accordo con "5.5.3.4.3 Anime con un massimo di due irrigidimenti intermedi" di EN 1993-1-

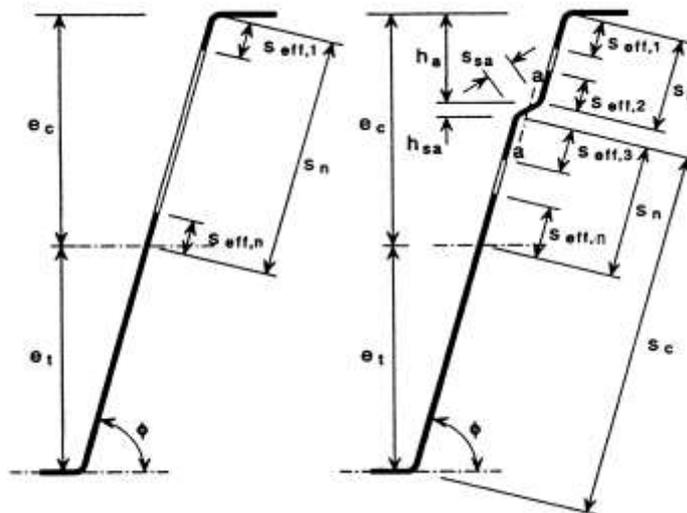


Figura 9.3.1.2 – Area efficace dell'anima

Poiché $z_g = 48.8$ mm e $h_a = 45$ mm, l'irrigidimento dell'anima è al di sotto dell'asse neutro, quindi l'irrigidimento stesso non è soggetto a compressione e la larghezza effettiva dell'anima viene calcolata come quella di un'anima senza irrigidimenti.

$$e_c = h_w - z_G = 24,2 \text{ mm} \rightarrow s_n = 24,1 \text{ mm}$$

$$\sigma_{com} = f_{yb} \times (h_w - z_G) / z_G = 158 \text{ N / mm}^2$$

Proprietà della sezione efficace definite in modo iterativo →

$$s_{eff,0} = 0,95t \sqrt{\frac{E}{\gamma_{M0} \sigma_{com,Ed}}}$$

$$\rightarrow s_{eff,0} = 24,6 \text{ mm}$$

$$s_{eff,1} = s_{eff,0} \rightarrow s_{eff,1} = 24,6 \text{ mm}$$

$$s_{eff,n} = 1,5 s_{eff,0} \rightarrow s_{eff,n} = 36,9 \text{ mm} \rightarrow s_{eff,1} + s_{eff,n} \geq s_n \text{ l'intera anima è efficace}$$

$$s_{eff,1} = 0,4s_n$$

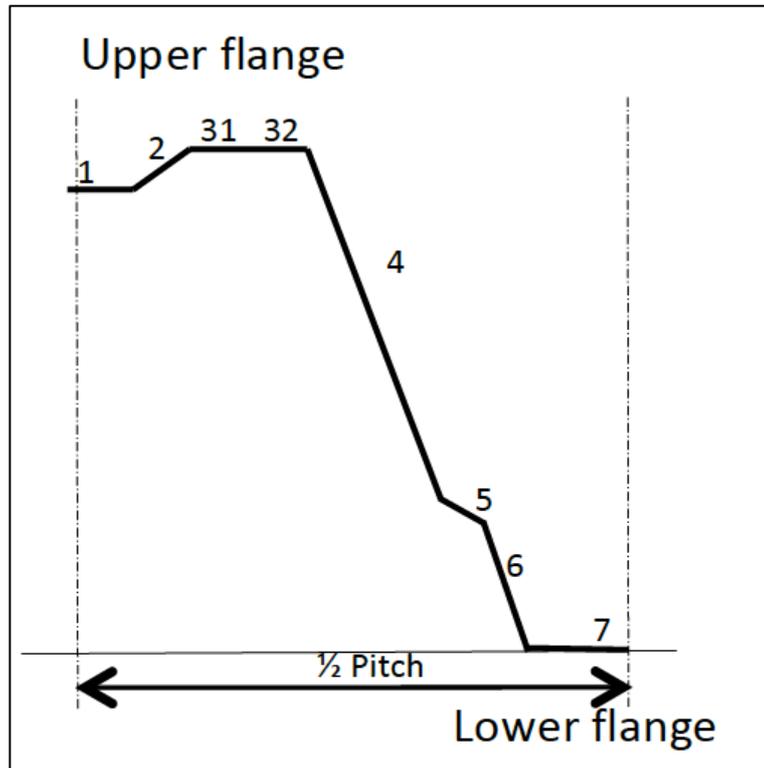
$$s_{eff,n} = 0,6s_n$$

Area efficace della flangia inferiore

In questo caso la flangia inferiore è soggetta a trazione → tutta la larghezza è efficace

Area efficace totale

Calcolo di A_{eff}


Figura 9.3.1.3 – Numerazione degli elementi

Element	l_i (mm)	t_{eff} (mm)	A_i (mm ²)	z (mm)	S_i (mm ³)	$z0$ (mm)
1	0.0	0.46	0.0	70.00	0.00	-23.97
Corner 1 _{inf}	0.0	0.46	0.0	70.00	0.00	-23.97
2	15.3	0.46	7.1	71.50	507.80	-25.47
Corner 1 _{sup}	0.0	0.46	0.0	73.00	0.00	-26.97
31	23.8	0.46	11.0	73.00	804.94	-26.97
32	17.6	0.71	12.5	73.00	911.17	-26.97
Corner 2 _{sup}	7.9	0.71	5.6	71.43	398.30	-25.40
4	40.4	0.71	28.7	50.50	1447.25	-4.47
Corner 3 _{sup}	3.0	0.71	2.1	28.00	59.04	18.03
5	7.5	0.71	5.3	23.50	125.58	22.53
Corner 3 _{inf}	3.0	0.71	2.1	19.00	40.07	27.03
6	13.4	0.71	9.5	9.50	90.70	36.53
Corner 2 _{inf}	7.9	0.71	5.6	1.57	8.77	44.45
7	8.3	0.71	5.9	0.00	0.00	46.03
TOTAL			95.5		4393.6	46.0

Tabella 9.3.1.3 – Lunghezze e aree degli elementi

$$A_{\text{eff}} = 95.5 \text{ mm}^2$$

Posizione dell'asse neutro della sezione efficace: $z_G = 46.0 \text{ mm}$

9.3.2 Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione con un foro

Area efficace della flangia superior con un foro

L'area efficace della flangia viene calcolata secondo EN 1993-1-5 con l'area della sezione trasversale lorda A_c : $A_{c,eff} = \rho A_c$ dove ρ è il fattore di riduzione per l'instabilità della piastra.

Considerando entrambe le parti della flangia della nervatura con un foro come elementi esterni compressi, il fattore di riduzione ρ è:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$$

La larghezza efficace b è determinata in accordo con la Tabella 4.2: Outstand compression elements di EN 1993-1-5

La tensione nella flangia superiore è $\sigma_{com} = f_{yb} \times (h_w - z_G) / z_G = 284 \text{ N / mm}^2$

$b_p = 17.5 \text{ mm}$

$$\lambda_p = b_p / t / (28.4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) \text{ with } \epsilon = (235 / f_{yb})^{1/2}$$

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = 1 \rightarrow \text{Coefficiente } k_\sigma = 0.43$$

$$\lambda_p = 1.544$$

$$\lambda_{pred} = \lambda_p \times \sqrt{\frac{\sigma_{com}}{f_y / \gamma_{M0}}} \rightarrow \lambda_{pred1} = 1.455$$

$\lambda_{pred} > 0.748$ e poiché $\sigma_{com} = 284 \text{ N / mm}^2 < 320 \text{ N / mm}^2 < 320$

$$\rightarrow \rho = \frac{1 - 0,188 / \bar{\lambda}_{p,red}}{\bar{\lambda}_{p,red}} + 0,18 \frac{(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,red})}{(\bar{\lambda}_p - 0,6)} \rightarrow \rho = 0.615$$

$$b_{eff} = \rho * b_p = 10.8 \rightarrow \boxed{0,5 b_{eff} = 5.4 \text{ m}}$$

Area efficace dell'anima

L'area efficace dell'anima viene calcolata secondo "5.5.3.4.3 Anime con un massimo di due irrigidimenti intermedi" di EN 1993-1-

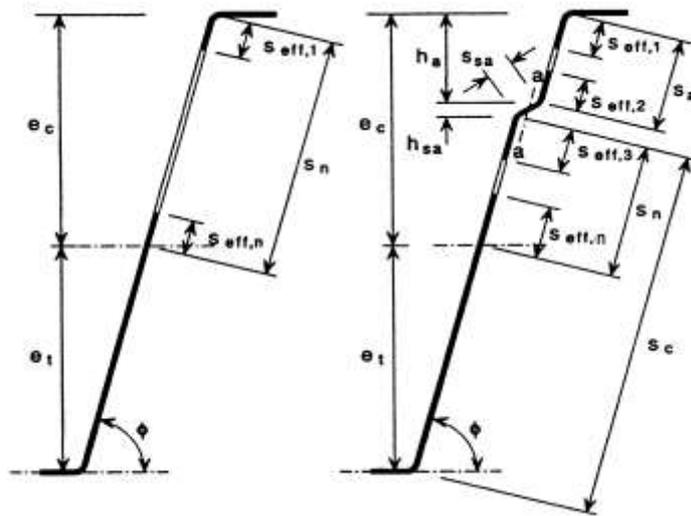


Figura 9.3.2.1 – Area efficace dell'anima

Poiché $z_g = 38.7$ mm e $h_a = 45$ mm, l'irrigidimento dell'anima è sotto l'asse neutro quindi l'irrigidimento stesso non è soggetto a compressione e la larghezza effettiva dell'anima viene calcolata come quella di un'anima senza irrigidimenti.

$$e_c = h_w - z_G = 34,3 \text{ mm} \rightarrow s_n = 34,6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{com} = f_{yb} \times (h_w - z_G) / z_G = 284 \text{ N / mm}^2$$

Proprietà della sezione efficace definite in modo iterativo →

$$s_{eff,0} = 0,95t \sqrt{\frac{E}{\gamma_{M0} \sigma_{com,Ed}}}$$

$$\rightarrow s_{eff,0} = 18,3 \text{ mm}$$

$$s_{eff,1} = s_{eff,0} \rightarrow s_{eff,1} = 18,3 \text{ mm}$$

$$s_{eff,n} = 1,5 s_{eff,0} \rightarrow s_{eff,n} = 27,5 \text{ mm} \rightarrow s_{eff,1} + s_{eff,n} \geq s_n \text{ l'intera anima è efficace}$$

$$s_{eff,1} = 0,4s_n$$

$$s_{eff,n} = 0,6s_n$$

Area efficace della flangia inferiore

La flangia inferiore è soggetta a trazione → tutta la lunghezza è efficace

Area efficace totale

Calcolo di A_{eff}

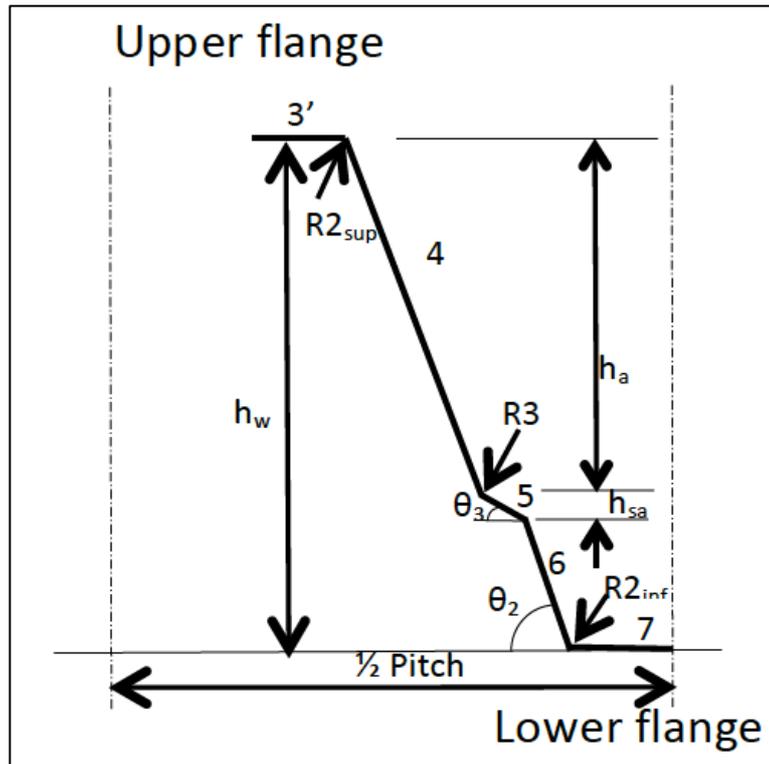


Figura 9.3.2.2 – Numerazione degli elementi

Element	l_i (mm)	t_{eff} (mm)	A_i (mm ²)	z (mm)	S_i (mm ³)	$z0$ (mm)
3'	1.7	0.7	1.2	73.0	89.7	-38.8
Corner 2 _{sup}	7.9	0.7	5.6	71.4	398.3	-37.2
4	40.4	0.7	28.7	50.5	1447.3	-16.3
Corner 3 _{sup}	3.0	0.7	2.1	28.0	59.0	6.2
5	7.5	0.7	5.3	23.5	125.6	10.7
Corner 3 _{inf}	3.0	0.7	2.1	19.0	40.1	15.2
6	13.4	0.7	9.5	9.5	90.7	24.7
Corner 2 _{inf}	7.9	0.7	5.6	1.6	8.8	32.6
7	8.3	0.7	5.9	0.0	0.0	34.2
TOTAL			66.1		2259.4	34.2

Tabella 9.3.2.1 – Lunghezze e aree degli elementi

$$A_{eff} = 66.1 \text{ mm}^2$$

Posizione dell'asse neutro della sezione efficace: $z_G = 34.2 \text{ mm}$

9.4. Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione agli step successivi di iterazione

9.4.1 Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione senza fori

Negli step successivi la nuova posizione dell'asse neutro della sezione efficace è stata assunta per calcolare la nuova σ_{com} .

L'area efficace della flangia superiore è calcolata come nello step 1 prendendo σ_{com} calcolata con la nuova posizione dell'asse neutro z_c

L'area efficace dell'anima è calcolata come nello step 1 ma nello step successivo è assunta la nuova posizione dell'asse neutro della sezione efficace per calcolare la nuova σ_{com} .

Area efficace della flangia inferiore

In questo caso la flangia inferiore è soggetta a trazione → tutta la larghezza è efficace

Tutti i valori degli step 2, 3 e 4 sono indicati nella seguente tabella. La convergenza è considerata soddisfacente allo step 4, l'iterazione si ferma quindi al quarto step.

		2nd step	3rd step	4th step
Upper flange	σ_{com}	188	195	197
	ρ	0.827	0.810	0.806
	$0,5 b_{1,eff}$	19.63	19.24	19.15
Upper flange stiffener	$\sigma_{cr,s}$	80.31	81.22	81.43
	χ_d	0.33	0.33	0.33
	t_{red}	0.40	0.39	0.38
Web	e_c	27.0	27.7	27.8
	S_n	27.0	27.7	27.9
	$S_{eff,0}$	22.6	22.1	22.0
	$S_{eff,1}$	22.6	22.1	22.0
	$S_{eff,n}$	33.9	33.2	33.0
	$S_{eff,1} + S_{eff,n}$	56.4	55.3	55.0
		entire web is effective	entire web is effective	entire web is effective
	$S_{eff,1}$	0,4sn	0,4sn	0,4sn
	$S_{eff,n}$	0,6sn	0,6sn	0,6sn
Total effective Area	A_{eff}	93.0	92.4	92.3
Position of neutral axis	z_c	45.3	45.2	45.1

Tabella 9.4.1.1 – Valori agli step 2, 3 e 4

9.4.2 Calcolo dell'area efficace A_{eff} della sezione con un foro

Negli step successivi la nuova posizione dell'asse neutro della sezione efficace è stata assunta per calcolare la nuova σ_{com} .

L'area efficace della flangia superiore è calcolata come nello step 1 prendendo σ_{com} calcolata con la nuova posizione dell'asse neutro z_c

L'area efficace dell'anima è calcolata come nello step 1 ma nello step successivo è assunta la nuova posizione dell'asse neutro della sezione efficace per calcolare la nuova σ_{com} .

Area efficace della flangia inferiore

In questo caso la flangia inferiore è soggetta a trazione → tutta la larghezza è efficace

Tutti i valori degli step 2 e 3 sono indicati nella seguente tabella. La convergenza è considerata soddisfacente allo step 3, l'iterazione si ferma quindi al terzo step.

		2nd step	3rd step
Upper flange	σ_{com}	320	320
	ρ	0.569	0.569
	$0,5 b_{1,eff}$	4.98	4.98
Web	e_c	38.8	39.0
	s_n	39.2	39.4
	$S_{eff,0}$	17.3	17.3
	$S_{eff,1}$	17.3	17.3
	$S_{eff,n}$	25.9	25.9
	$S_{eff,1} + S_{eff,n}$	43.2	43.2
		entire web is effective	entire web is effective
	$S_{eff,1}$	0,4sn	0,4sn
	$S_{eff,n}$	0,6sn	0,6sn
Total effective Area	A_{eff}	65.8	65.8
Position of neutral axis	Z_c	34.0	34.0

Tabella 9.4.2.1 – Valori agli step 2 e 3

9.5. Calcolo del momento resistente in campata

9.5.1 Calcolo del momento resistente della sezione senza fori

Il momento resistente è calcolato con i dati allo step 4

Element	I_1 (mm)	t_{eff} (mm)	A_1 (mm ²)	z (mm)	S_1 (mm ³)	$z0$ (mm)	h	I_1 (mm ⁴)
1	0.0	0.38	0.0	70.00	0.00	-24.87	0.71	0.00
Corner 1 _{inf}	0.0	0.38	0.0	70.00	0.00	-24.87	0.00	0.00
2	15.3	0.38	5.9	71.50	419.41	-26.37	3.30	4085.73
Corner 1 _{sup}	0.0	0.38	0.0	73.00	0.00	-27.87	0.00	0.00
31	23.8	0.38	9.1	73.00	664.83	-27.87	0.71	7076.68
32	17.6	0.71	12.5	73.00	911.17	-27.87	0.71	9698.82
Corner 2 _{sup}	7.9	0.71	5.6	71.43	398.30	-26.30	0.00	3867.93
4	40.4	0.71	28.7	50.50	1447.25	-5.37	38.99	4458.17
Corner 3 _{sup}	3.0	0.71	2.1	28.00	59.04	17.13	0.00	618.79
5	7.5	0.71	5.3	23.50	125.58	21.63	6.29	2516.63
Corner 3 _{inf}	3.0	0.71	2.1	19.00	40.07	26.13	0.00	1439.62
6	13.4	0.71	9.5	9.50	90.70	35.63	12.99	12251.28
Corner 2 _{inf}	7.9	0.71	5.6	1.57	8.77	43.55	0.00	10587.71
7	8.3	0.71	5.9	0.00	0.00	45.13	0.71	12068.76
TOTAL			92.3		4165.1	45.1		68670.1

Tabella 9.5.1.1– Dati allo step 4

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

Per ½ passo $I_{eff} = 68670 \text{ mm}^4$

Per 1 m $I_{eff} = 704 \text{ mm}^3$

$v = \max(45.1; 27.9) = 45.1 \text{ mm}$

$W_{eff} = I_{eff} / v = 15.6 \text{ mm}^3$

Momento resistente senza fori

$M = 4,99 \text{ kNm/m}$

9.5.2 Calcolo del momento resistente della sezione con un foro

Il momento resistente è calcolato con i dati allo step precedente.

Element	I_i (mm)	t_{eff} (mm)	A_i (mm ²)	z (mm)	S_i (mm ³)	$z0$ (mm)	h	I_i (mm ⁴)
3	1,3	0,7	0,9	73,0	68,6	-39,0	0,7	1427,3
Corner 2 _{sup}	7,9	0,7	5,6	71,4	398,3	-37,4	0,0	7811,6
4	40,4	0,7	28,7	50,5	1447,3	-16,5	39,0	11409,9
Corner 3 _{sup}	3,0	0,7	2,1	28,0	59,0	6,0	0,0	76,9
5	7,5	0,7	5,3	23,5	125,6	10,5	6,3	609,5
Corner 3 _{inf}	3,0	0,7	2,1	19,0	40,1	15,0	0,0	476,3
6	13,4	0,7	9,5	9,5	90,7	24,5	13,0	5876,2
Corner 2 _{inf}	7,9	0,7	5,6	1,6	8,8	32,5	0,0	5882,7
7	8,3	0,7	5,9	0,0	0,0	34,0	0,7	6861,2
TOTAL			65,8		2238,3	34,0		40431,5

Tabella 9.5.2.1 – Dati allo step precedente.

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

Per ½ passo $I_{eff} = 40431.5 \text{ mm}^4$

Per 1 m $I_{eff} = 415 \text{ mm}^3$

$v = \max(34.0; 39.0) = 39 \text{ mm}$

$W_{eff} = I_{eff} / v = 10.6 \text{ mm}^3$

Momento resistente con un foro:

$M_{hole} = 3.4 \text{ kNm/m}$

9.5.3 Calcolo del momento resistente in campata

Il momento resistente è il valore medio del momento resistente delle nervature senza fori e del momento resistente della nervatura con il foro. L'elemento è caratterizzato da 3 nervature senza fori e da una nervatura con un foro; in totale $n_{ribs} = 4$

Il momento resistente in campata risulta pertanto:

$$M_{span} = (3 * M + M_{hole}) / n_{ribs} = (3 * 4,99 + 3.4) / 4$$

$M_{span} = 4.6 \text{ kNm/m}$

10. CONTROLLO AUTOMATICO DEL SOFTWARE

L'auto controllo è basato sull'esempio precedente.

Calcolo del momento resistente in campata:

Il momento resistente in campata calcolato nell'esempio precedente è:

$$M_{span} = 4.6 \text{ kNm/m}$$

The result of the software is.

$$M_{span} = 4.6 \text{ kNm/m}$$

I risultati coincidono

11. BIBLIOGRAFIA

- [1] Aurubis, Nordic Systems Copper Facade, Roof and Rainwater Structures Luvata, 2007.
- [2] DIN 18807-3 Trapezoidal sheeting in building; trapezoidal steel sheeting; structural analysis and design.
- [3] Chow F.Y, Narayan R. Buckling of plates containing openings, 1984.
- [4] Azhari M., Shahidi A.R, Saadatpour M. M, Local and post buckling of stepped and perforated thin plates 2005.
- [5] Buckling of plates containing opening, 7th International speciality conference on cold formed steel structure St Louis, USA G.
- [6] Narayan R., Chow F.Y, Strength of biaxially compressed perforated plates, 1984.
- [7] Paik J.K, Ultimate strength of perforated steel plates under edge shear loading, Thin-Walled Structures 45, 2007.
- [8] Shanmugan N.E, Design formula for axially compressed perforated plates, Thin-Walled Structures, 34, 1999.

Allegato 1

Background del nuovo metodo di progettazione per impalcati in acciaio con rilievi

D3.1	GRISPE WP3 Background document	Anna PALISSON (Sokol Palisson Consultants)
D3.2	GRISPE WP3 Test programme definition	Anna PALISSON (Sokol Palisson Consultants)
D3.3	GRISPE Test report	Christian FAUTH (KIT)
D3.4	GRISPE WP3 Test analysis and interpretation	Anna PALISSON (Sokol Palisson Consultants)
D3.5	GRISPE WP3 Background guidance for EN 1993-1-3 to design of sheeting with perforations or with a hole	Anna PALISSON (Sokol Palisson Consultants)