



PANNELLI MONOLITICI COIBENTATI

Domenico Leone



PANNELLI MONOLITICI COIBENTATI

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	Pannelli monolitici coibentati	6
Parte II	Un programma per il calcolo automatico dei pannelli sandwich	8

1 Pannelli monolitici coibentati

Il programma “Sandwich” per il calcolo automatico in accordo con la norma UNI-EN 14509.

Premessa

Il primo dubbio che può nascere ad un progettista di pannelli di rivestimento per costruzioni civili e industriali è se considerare tale componente come parte “strutturale” propriamente detta oppure come elemento complementare “non strutturale”.

E' certo che i pannelli coibentati (di copertura o parete) possono non partecipare alla stabilità globale della costruzione affidando quest'ultima al comportamento a telaio o a controventi opportunamente disposti.

Ciò significa che i pannelli non sono (o non devono essere) sollecitati nel loro piano ma devono trasmettere le azioni (neve, vento o altro) agenti perpendicolarmente al loro piano, alla struttura (secondaria o primaria) cui sono collegati.

Questa funzione è propria degli “elementi strutturali” e pertanto i pannelli stessi devono essere considerati tali venendo così assoggettati a tutte le norme di pertinenza sia agli effetti della qualifica dei materiali e dei produttori che agli effetti della loro progettazione.

Il parere richiesto al Prof. Luca Sanpaolesi, di seguito riportato, ribadisce il concetto sopra esposto:

La distinzione tra struttura semplice (cioè uso come semplice elemento di copertura soggetto al peso proprio + neve + vento + temperatura o come pannello di facciata soggetto al peso proprio + vento + + temperatura) e struttura che partecipa alla stabilità dell'opera (ad esempio contribuendo a controventare il capannone) è irrilevante ai fini strutturali.

Infatti in ogni caso la lamiera grecata o i pannelli esplicano una funzione strutturale più o meno importante (ma sempre strutturale) contribuendo a sostenere i carichi.

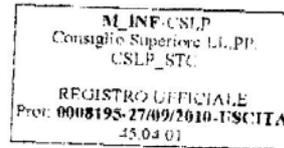
A rigore anche la funzione “autoportante” che il S.T.T dichiara esercitate dalle lamiere grecate o pannelli che sostengono il solo materiale isolante (ad esempio come pannellatura interna al capannone) si dovrebbe considerare portante, ma è chiaramente condivisibile l'indicazione del S.T.C di escludere questo caso, data la modesta funzione portante in gioco.

Su questo pertanto non credo necessario precisare altro, e ritengo la questione assolutamente definita.

Si riporta di seguito il parere dato dal Ministero dei Lavori Pubblici sulla base del quesito posto dall'AIPPEG relativamente alla qualifica degli acciai che costituiscono il supporto dei pannelli sandwich.



**Presidenza del Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale**



Alla AIPPEG
Via Paracelso, 16
20041 Agrate Brianza (MI)

OGGETTO: D.M. 14.01.2008 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni” - Quesito su acciai
qualificati

Si fa riferimento a quanto rappresentato da codesta Associazione con lettera del 26.07.2010, in ordine all'utilizzo di acciai qualificati per lamiere profilate e pannelli metallici coibentati per l'involucro edilizio.

Al riguardo, come già rappresentato da questo Servizio, ed in sostanziale consonanza con le affermazioni contenute nella sopra citata nota, si ribadisce che, ove i pannelli in questione non svolgano funzioni strutturali (oltre al semplice “autosostentamento”), come ad esempio nel caso di utilizzo di tali lastre solo per scopi di coibentazione, è chiaro che per tali componenti (non strutturali) non v'è l'obbligo della qualificazione dell'acciaio (di rivestimento) ai sensi delle vigenti Norme tecniche per le costruzioni (DM 14.1.2008).

Ma, ove le lastre in argomento siano chiamate a svolgere distinte funzioni statiche (come, ad esempio, nel caso vengano utilizzate come tamponature, svolgendo quindi in tal caso anche un ruolo strutturale come “distributori” dell'azione del vento) è necessario che l'acciaio di tali pannelli sia qualificato, proprio per la relativa destinazione d'uso che ricade nell'ambito dei “materiali e prodotti per uso strutturale” e, quindi, rientrante in uno dei casi A), B) o C) del paragrafo 11.1 delle suddette Norme tecniche per le costruzioni.

Con l'auspicio di aver fornito i chiarimenti richiesti si porgono cordiali saluti.



IL DIRIGENTE DELLA DIV. III
(Dot. Ing. Bruno SANFORO)

In conclusione, la classificazione degli elementi di tamponatura degli edifici (lamiere grecate o pannelli sandwich) come “parte strutturale” implica non solo la qualificazione dei prodotti e dei produttori ma anche l'obbligo di redigere relazioni di calcolo statico al pari delle strutture portanti (secondarie e principali) che ne giustificano l'impiego sotto le azioni di progetto non ultima la resistenza al fuoco.

2 Un programma per il calcolo automatico dei pannelli sandwich

Vengono di seguito presentate le peculiarità del programma di calcolo automatico di pannelli monolitici coibentati denominato "Sandwich" realizzato dall'ing. Domenico Leone, in accordo con le prescrizioni della norma UNI-EN 14509 – Allegato E

Entrando nel merito della norma si segnala che ad oggi presenta ancora limitazioni ed errori ormai noti. Il testo ufficiale sarà "quanto prima" corretto e implementato come comunicato dalla commissione europea preposta alla sua stesura. Di seguito si riporta una nota pubblicata dal sottoscritto che denuncia un errore fondamentale contenuto nel testo ufficiale della norma e le soluzioni proposte e implementate nel programma automatico "Sandwich".

Interpretazione logica della norma UNI-EN 14509 / 2006 – Allegato E

Premessa :

Il programma è stato realizzato in base ad una **interpretazione logica e non letterale** della norma relativamente alla definizione delle rigidezze flessionali **B_s** e dei relativi parametri **k** e **β**.

.....omissis.....

Il punto controverso della norma è quindi la definizione della rigidezza flessionale **B_s** del pannello Sandwich che, sia nel testo ufficiale della UNI-EN 14509 / 2006 – Allegato E, sia nella proposta di modifica della norma stessa datata **Febbraio-2010**, viene riferita all'unità di larghezza **B** del pannello stesso **come chiaramente riportato in calce alla tab. E.10.1**.

$$B_s = \frac{E_{F1} A_{F1} E_{F2} A_{F2} e^2}{(E_{F1} A_{F1} + E_{F2} A_{F2}) B}$$

Tale errata definizione di **B_s** porta ad una errata interpretazione dei fattori di rigidezza **k** e del fattore di distribuzione **β**, il primo dipendente direttamente da **B_s** oltre che da **A_c** (area della sezione dell'anima) ed il secondo da **k** e da **B_s**

$$k = \frac{3B_s}{L^2 G_C A_C} \quad \beta = \frac{B_{F1}}{B_{F1} + \frac{B_s}{1 + 3.2k}}$$

Nella proposta di modifica della norma **k** è incrementato del **25%** per gli appoggi interni di elementi continui (item E.7.7.2) ma tale variante **non compare nelle tabelle E.10.1 ed E.10.2**.

.....omissis.....

Nella definizione del fattore **k**, **A_c** sarà l'area della sezione effettiva dell'anima del pannello (mm²) e nella definizione del fattore **β**, **B_{F1}** e **B_{F2}** saranno le rigidezze flessionali delle lamiere di supporto esterna e interna (N.mm²).

Questa sembra essere l'impostazione data nel testo della bozza di revisione della norma e con queste basi è stato realizzato il programma "Sandwich".

Le condizioni operative del programma "Sandwich" sono ad oggi le seguenti:

1 - rigidezza flessionale **B_s** riferita alle aree effettive **A_{F1}** e **A_{F2}** delle lamiere di supporto e non all'unità di larghezza del pannello **B**

2 - rigidzze flessionali BF1 e BF2 delle lamiere riferite alla sezione effettiva

3 - fattore di rigidzza k adimensionale e calcolato con riferimento all'area effettiva del core (A_c) ; il fattore k è in realtà calcolato sia in campata che all'appoggio intermedio mediante le due espressioni date nell'item E.7.7.2 della bozza di modifica della norma nonché tenendo conto della variazione del modulo di taglio a scorrimento G_c sia per i carichi permanenti che per il carico da neve in base ai rispettivi fattori di scorrimento. In sostanza vengono calcolati 2 fattori k per la condizione normale (appoggio e campata) e 4 fattori k per la condizione di scorrimento (2 in campata e 2 all'appoggio intermedio sia per carico permanente che per carico da neve) .

4 - fattore del gradiente termico q con dimensione pari all'inverso di una lunghezza (cm-1)

5 - fattore di distribuzione del momento b calcolato sia in campata che all'appoggio intermedio e per 4 situazioni di carico : carico uniforme , gradiente termico, carico permanente in cond. di scorrimento e carico da neve in cond. di scorrimento.

6 - individuazione automatica delle sollecitazioni dimensionanti tra la condizione normale e la condizione di scorrimento dopo il ricalcolo delle sollecitazioni e deformazioni anche per la condizione di scorrimento.

7 - limitazione della deformazione massima per effetto dello scorrimento ad 1/100 della luce

8 - possibilità di inserimento da input delle tensioni di raggrinzamento determinate sperimentalmente

9 – tensioni di raggrinzamento calcolate solo per pannelli la cui faccia compressa è piana o debolmente profilata (item 3.22).

10 - inserimento da input del parametro di distribuzione k per la verifica a schiacciamento sugli appoggi.

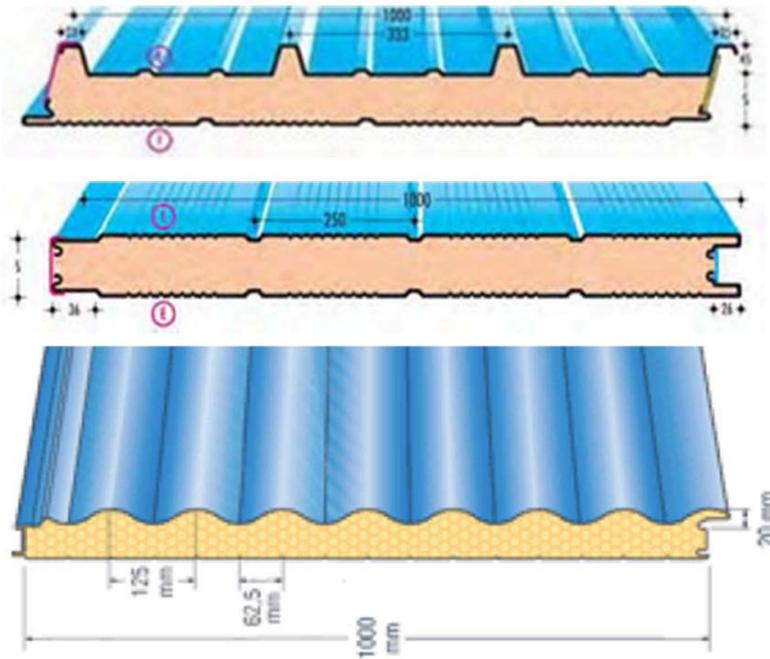
11 - verifica locale della greca inferiore di pannelli deck per compressione sugli appoggi (in accordo con EN 1993-1-3) opzionale.

12 – precisazione del tipo di carico (se da neve o di esercizio) poiché tale scelta condiziona la verifica a scorrimento per taglio dell'anima (creep)

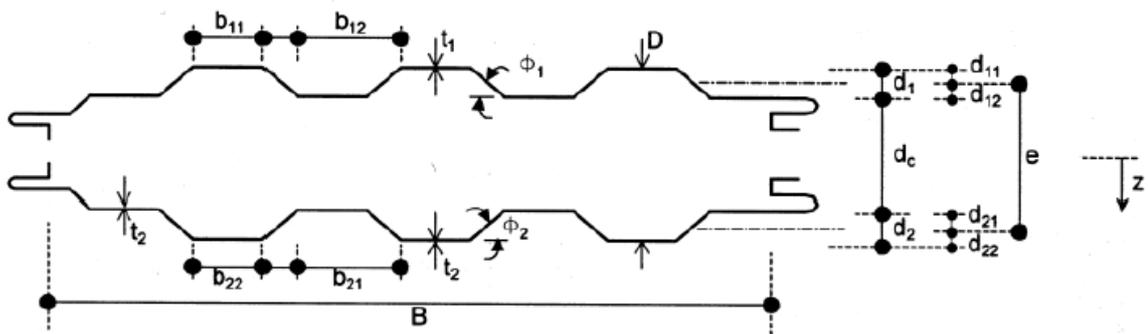
Le limitazioni del programma sono le seguenti :

1- elementi con una faccia profilata ed una piana o leggermente profilata calcolati come serie di elementi semplicemente appoggiati.

Il programma "Sandwich" è strutturato in due versioni "Industry" e "Professional" ; la prima versione è dedicata principalmente ai produttori di pannelli poiché, attraverso un input agevolato e limitato, consente l'elaborazione automatica di tabelle standard di portata come quella di seguito rappresentata.

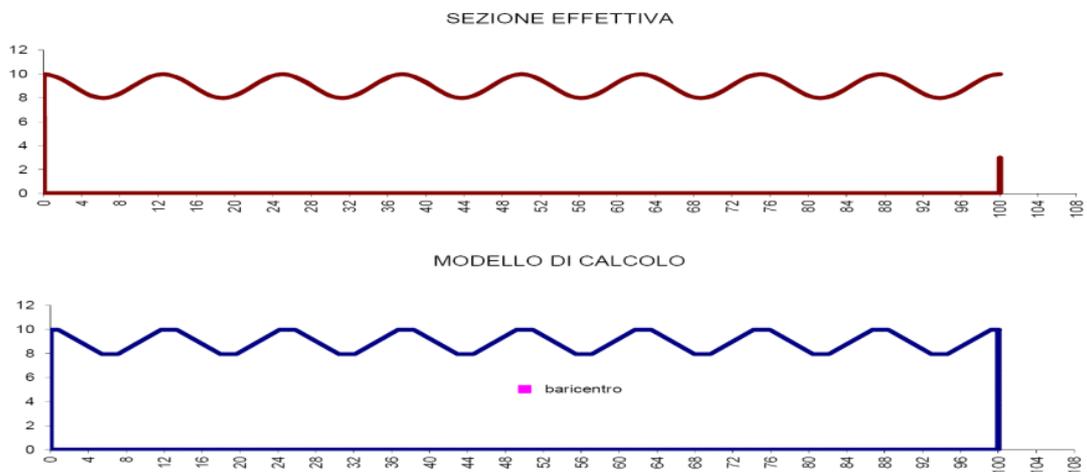


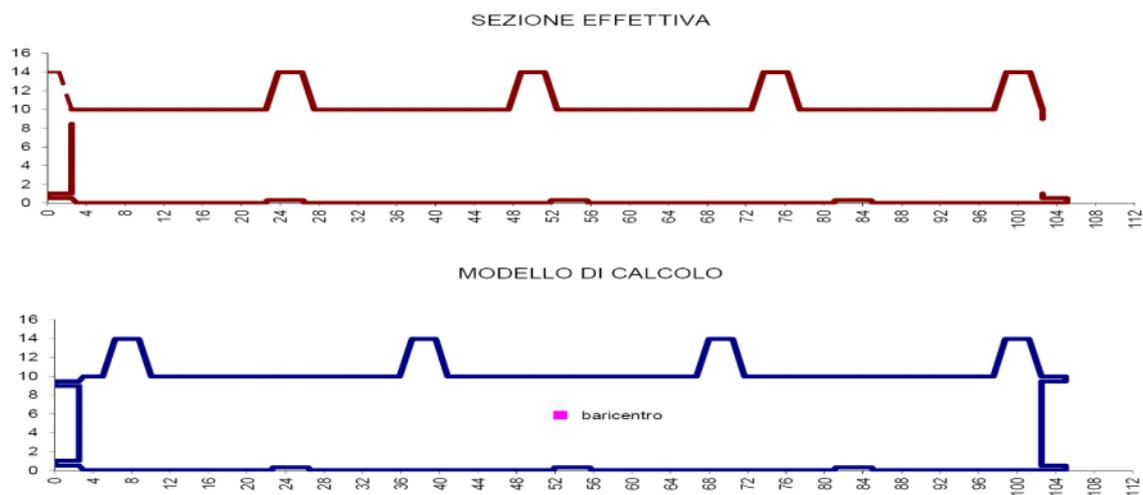
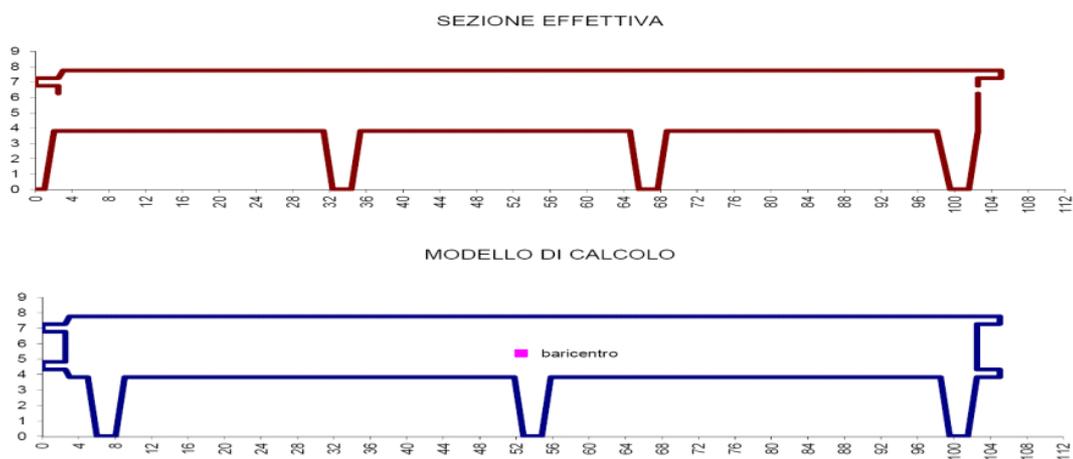
Il modello di calcolo base fornito dalla norma è il seguente :



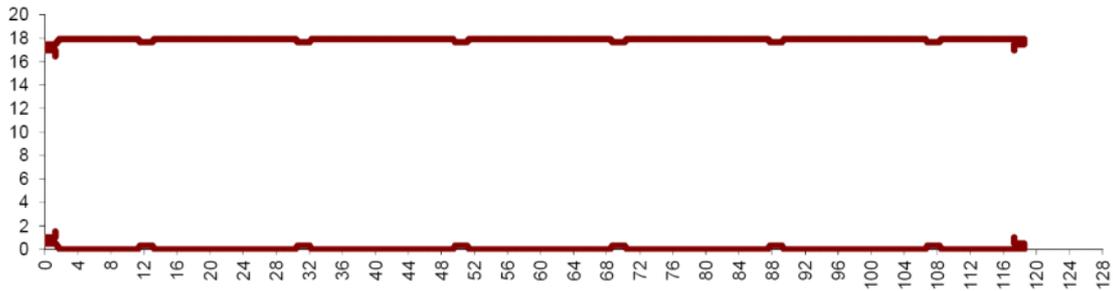
Le seguenti figure illustrano la modellazione automatica eseguita dal programma per vari tipi di pannelli:

PANNELLO CON LAMIERA ESTERNA ONDULATA

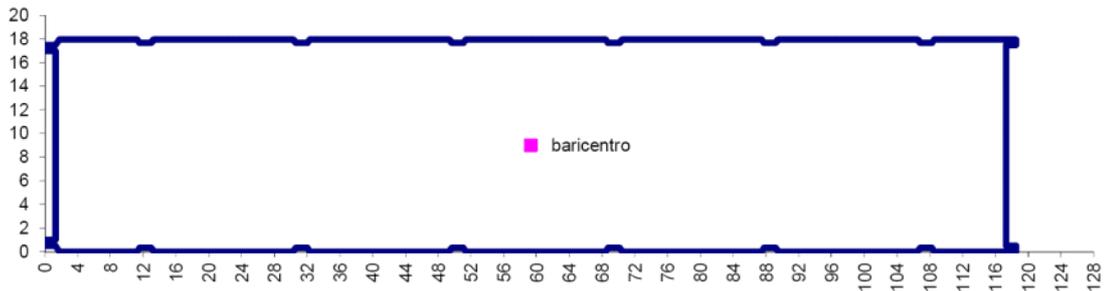


PANNELLO CON LAMIERA ESTERNA PROFILATA**PANNELLO DECK CON LAMIERA INTERNA PROFILATA (DECK)****PANNELLO A FACCE PIANE O POCO PROFILATE**

SEZIONE EFFETTIVA



MODELLO DI CALCOLO

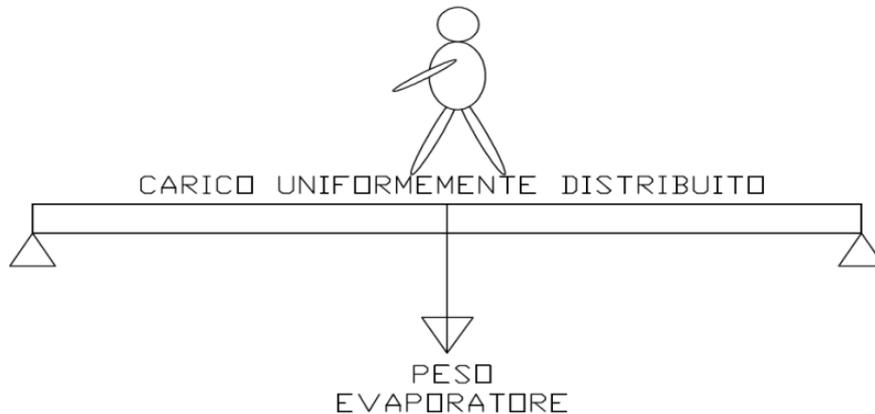


La sezione può essere esaminata per diverse combinazioni dei carichi sia allo S.L.U. che allo S.L.S.

Il calcolo delle sollecitazioni è eseguito automaticamente per le varie combinazioni e vengono evidenziate le sollecitazioni dimensionanti sia per le azioni gravitazionali (massime) che per le azioni inverse (minime)

SOLLECITAZIONI MASSIME PER LO STATO LIMITE ULTIMO							
REAZIONI - MOMENTI - TAGLI		C.C. CON AZIONI MASSIME		u.m.	C.C. CON AZIONI MINIME		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	$R_A =$	4,85		kN	0,55		kN
REAZIONE APPOGGIO B	$R_B =$	4,85		kN	0,55		kN
SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X	$M_y =$	909,46	0,00	kNcm	103,36	0,00	kNcm
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	$T_{sx} =$	0,00	4,85	kN	0,00	0,55	kN
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X	$T_{dx} =$	0,00	4,85	kN	0,00	0,55	kN
SOLLECITAZIONI MASSIME E DEFORMAZIONE PER LO STATO LIMITE DI SERVIZIO							
REAZIONI - MOMENTI - TAGLI - FRECCI		C.C. CON AZIONI MASSIME		u.m.	C.C. CON AZIONI MINIME		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	$R_A =$	3,29		kN	0,55		kN
REAZIONE APPOGGIO B	$R_B =$	3,29		kN	0,55		kN
SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X	$M_y =$	616,64	0,00	kNcm	103,36	0,00	kNcm
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	$T_{sx} =$	0,00	3,29	kN	0,00	0,55	kN
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X	$T_{dx} =$	0,00	3,29	kN	0,00	0,55	kN
FRECCIA MAX IN CAMPATA	$f_{max} =$	47,78		mm	8,01		mm
SOLLECITAZIONI E DEFORMAZIONE PER EFFETTO DEL GRADIENTE DI TEMPERATURA							
REAZIONI - MOMENTI - TAGLI - FRECCI		C.C. CON AZIONI MASSIME		u.m.	C.C. CON AZIONI MINIME		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	$R_A =$	0,000		kN	0,00		kN
REAZIONE APPOGGIO B	$R_B =$	0,000		kN	0,00		kN
SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X	$M_y =$	0,000	0,000	kNcm	0,00	0,00	kNcm
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	$T_{sx} =$	0,000	0,000	kN	0,00	0,00	kN
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X	$T_{dx} =$	0,000	0,000	kN	0,00	0,00	kN
FRECCIA MAX IN CAMPATA	$f_{max} =$	-17,15		mm	-17,15		mm

Una versione "Professional" del programma consente di verificare pannelli con entrambe le facce piane o poco profilate, semplicemente appoggiati, soggetti ad un carico concentrato permanente ed uno variabile applicati in mezzaria oltre al carico uniformemente distribuito.



Nell'uso del programma devono essere tenute in conto le seguenti informazioni e limitazioni in accordo con la norma UNI-EN 14509:

- 1 – il calcolo è eseguito esclusivamente in campo elastico sia per lo S.L.U. che per lo S.L.S. Il calcolo plastico per lo S.L.U. non è previsto dal programma anche in considerazione della limitazione posta dalla norma al suo impiego qualora il "primo modo di rottura sia la rottura a taglio dell'anima".
- 2 – profilature "leggere" di altezza ≤ 5 mm possono essere trascurate (il programma consente però di esaminare anche l'influenza di tali micronervature se richiesto in input)
- 3 – profilature "sensibili" (di altezza > 5 mm) possono essere previste solo su una faccia (esterna o interna) con forme triangolari, trapezoidali o curve equiparate a trapezoidali). In questo caso è possibile solo il calcolo in campo elastico di pannelli semplicemente appoggiati in conformità agli items E.7.2.2 ; E.7.2.3 NOTA ; E.7.5.3 della EN 14509 Allegato E.
- 4 – pannelli sandwich con facce piane o leggermente profilate possono essere esaminati sia come elementi semplicemente appoggiati che come elementi continui su 3 o 4 appoggi (pannelli di parete)
- 5 – La verifica a scorrimento dell'anima è eseguita in accordo all'item E.7.6 della EN 14509 tenendo conto della variazione del modulo di taglio in funzione del coefficiente di scorrimento pre-definito nel sopra-citato item oppure definito da input
- 6 – La verifica a schiacciamento dell'anima è funzione della larghezza di appoggio che è definita da input. Si fa notare a questo proposito la grande influenza che ha la larghezza di appoggio sulla portata dei pannelli. Nessuna indicazione è fornita dalla EN 14509 ma si deve fare riferimento o alla EN 1993-1-3 o alla EN 1994-1-1 per cui, partendo da larghezze minime di 10 mm (appoggio di estremità su profili piegati a freddo con una sola anima o su tubi) si può arrivare a valori della larghezza di appoggio di 200 mm (appoggi intermedi che escludono i casi sopra-citati). Tale condizione è vincolante nella verifica di portata dei pannelli e deve essere opportunamente segnalata.
- 7 – Non è previsto dal programma il calcolo in condizioni di incendio
- 8 – l'effetto del gradiente termico (azione di breve durata) produce deformazioni combinabili con i carichi esterni in base alla combinazione frequente.

Di seguito è riportato un esempio del foglio di calcolo relativo ai dati di input fondamentali con alcuni contenuti delle "tendine" di scelta.

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE E SOLLECITAZIONI MASSIME									
TIPO COMPANY - GLAMET					PANNELLO PROGETTATO COME ELEMENTO DI COPERTURA				
LAMIERA EST.	ACCIAIO	S280GD-EN10147	$f_{ye} = N/mm^2$	280	$\alpha =$	0,000012			
LAMIERA INT.	ACCIAIO	S280GD-EN10147	$f_{yi} = N/mm^2$	280	$\alpha =$	0,000012			
lamiera esterna ondulata	nessun irrigidim. interno	ONDA ESTERNA SPORGENTE	LAMIERA INTERNA PIANA						
TIPO DI MATERIALE IN ANIMA		SPESS. (mm)	ρ_p (kg/m ³)	ϕ neve	ϕ perman.	$f_{Cc} = N/mm^2$	$f_{Sc} = N/mm^2$	$G_c = N/mm^2$	
schiuma poliuretanic rigida		48,96	40	2,40	7,00	0,22	0,2	2,5	
u.m./m SOLLECITAZIONI PER LO S.L.U.					u.m./m SOLLECITAZIONI PER LO S.L.S.				
SEZIONE IN CAMPATA		SEZIONE ALL'APPOGGIO		SEZIONE IN CAMPATA		SEZIONE ALL'APPOGGIO			
kNcm	$M_{s,c.1} =$	123,39	$M_{s,a.1} =$	0,00	kNcm	$M_{s,c.1} =$	82,96	$M_{s,a.1} =$	0,00
kNcm	$M_{s,c.2} =$	7,02	$M_{s,a.2} =$	0,00	kNcm	$M_{s,c.2} =$	7,02	$M_{s,a.2} =$	0,00
kN	$V_{s,c} =$	0,00	$F_{s,a.1} =$	2,19	kN	$V_{s,c} =$	0,00	$F_{s,a.1} =$	1,47

MODELLO DI CALCOLO

Altezza totale del profilo	D = mm	70,00
Altezza anima interna	d_c = mm	49,48
Larghezza totale del pannello	B_t = mm	1000
Larghezza tra le estremità	B = mm	1000
Spessore di progetto flangia est.	t_1 = mm	0,57
Spessore di progetto flangia int.	t_2 = mm	0,47
Lunghezza spine di innesto	s = mm	0

nessun irrigidim. esterno

irrigid. esterno triangolare

irrigid. esterno trapezio

irrigid. esterno circolare

lamiera esterna ondulata

nessun irrigidim. interno

irrigid. interno triangolare

irrigid. interno trapezio

irrigid. interno circolare

ACCIAIO

- EN 10147

S220GD-EN10147

S250GD-EN10147

S280GD-EN10147

S320GD-EN10147

S350GD-EN10147

- EN 10149-3

S260NC-EN10149

S315NC-EN10149

S355NC-EN10149

S420NC-EN10149

- EN 10268

H240LA-EN10149

H280LA-EN10149

H320LA-EN10149

H360LA-EN10149

H400LA-EN10149

materiale da i

MATERIALE DELL'ANIMA	
lana minerale ad alta densità	
coeff. di scorrim. per neve	1,5
coeff. di scorrim. perman.	4
densità kg/mc	100
resist. a compress. = Mpa	0,06
resistenza a taglio = Mpa	0,045

LAMIERA ESTERNA	
fyb	tipo di materiale
320	inox AISI 304

ALLUMINIO

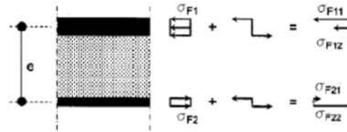
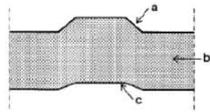
- EN AW 3003

AlMn1Cu1-H18

AlMn1Cu1-H48

Di seguito si riporta uno stralcio del calcolo di verifica di resistenza come "impostato" nel programma.

PANNELLO CON UNA FLANGIA PROFILATA ED UNA PIANA					
u.m./m SOLLECITAZIONI PER LO S.L.U.			u.m./m SOLLECITAZIONI PER LO S.L.S.		
	AZIONI MASSIME	AZIONI MINIME		AZIONI MASSIME	AZIONI MINIME
kNcm	$M_{F,i} = 16,69$	$M_{F,i} = 2,72$	kNcm	$M_{F,i} = 11,20$	$M_{F,i} = 2,72$
kNcm	$M_S = 106,70$	$M_S = 4,30$	kNcm	$M_S = 71,76$	$M_S = 4,30$
kN	$F_{S,a} = 2,19$	$F_{S,a} = 0,12$	kN	$F_{S,a} = 1,47$	$F_{S,a} = 0,12$
sollecitazioni per la condizione normale			sollecitazioni per la condizione normale		



VERIFICA DI RESISTENZA IN CAMPATA			coefficienti di rigidezza β				
			0,111673	0,0997409	0,4306224	0,2547961	
FLANGIA ESTERNA	flangia piana o leggermente profilata		DA TEST				
	S.L.U.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F1} = M_{S,1} / (e \cdot A_{F1}) =$	29,2	<	224,0 N/mm ²	
		tensione di trazione	$\sigma_{F1} = M_{S,2} / (e \cdot A_{F1}) =$	0,0	<	254,5 N/mm ²	DA TEST
	S.L.S.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F1} = M_{S,1} / (e \cdot A_{F1}) =$	19,6	<	254,5 N/mm ²	
		tensione di trazione	$\sigma_{F1} = M_{S,2} / (e \cdot A_{F1}) =$	0,0	<	280,0 N/mm ²	
	flangia profilata - elemento semplicemente appoggiato : i = 1 (fl. est.) ; i = 2 (fl. int.)						
S.L.S.	tensione di compressione	$\sigma_{F1} = \sigma'_{F1} + M_{F1}/I_{F1} \cdot d_{i1} =$	82,0	<	224,0 N/mm ²		
	tensione di trazione	$\sigma_{F1} = \sigma'_{F1} - M_{F1}/I_{F1} \cdot d_{i2} =$	0,0	<	254,5 N/mm ²		
	tensione di compressione	$\sigma_{F1} = \sigma'_{F1} + M_{F1}/I_{F1} \cdot d_{i1} =$	55,1	<	254,5 N/mm ²		
	tensione di trazione	$\sigma_{F1} = \sigma'_{F1} - M_{F1}/I_{F1} \cdot d_{i2} =$	0,0	<	280,0 N/mm ²		
FLANGIA INTERNA	flangia piana o leggermente profilata : i = 1 (fl. est.) ; i = 2 (fl. int.) ; j = 1 o 2		DA TEST				
	S.L.U.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F1} = M_{S,j} / (e \cdot A_{F1}) =$	0,0	<	224,0 N/mm ²	
		tensione di trazione	$\sigma_{F1} = M_{S,j} / (e \cdot A_{F1}) =$	37,6	<	254,5 N/mm ²	DA TEST
	S.L.S.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F1} = M_{S,j} / (e \cdot A_{F1}) =$	0,0	<	254,5 N/mm ²	
tensione di trazione		$\sigma_{F1} = M_{S,j} / (e \cdot A_{F1}) =$	25,3	<	280,0 N/mm ²		

VERIFICA DI RESISTENZA ALL'APPOGGIO			coefficienti di rigidezza β				
			0,1290964	0,1147171	0,4835972	0,2950232	
FLANGIA ESTERNA	flangia piana o leggermente profilata		DA TEST				
	S.L.U.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F1} = M_{S,a,2} / (e \cdot A_{F1}) =$	17,7	<	224,0 N/mm ²	
		tensione di trazione	$\sigma_{F1} = M_{S,a,1} / (e \cdot A_{F1}) =$	17,0	<	254,5 N/mm ²	DA TEST
	S.L.S.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F1} = M_{S,a,2} / (e \cdot A_{F1}) =$	11,5	<	254,5 N/mm ²	
tensione di trazione		$\sigma_{F1} = M_{S,a,1} / (e \cdot A_{F1}) =$	11,4	<	280,0 N/mm ²		
ANIMA	materiale isolante e irrigidimenti						
	S.L.U.	tensione di taglio anima	$\tau_C = V_s / (e \cdot B) =$	0,042	<	0,133 N/mm ²	
		tensione di taglio flangia est.	$\tau_{F1} = V_{F1} / A_{V,F1} =$	0,0	<	147,0 N/mm ²	
tensione di taglio flangia int.		$\tau_{F2} = V_{F2} / A_{V,F2} =$	0,0	<	147,0 N/mm ²		
FLANGIA INTERNA	flangia piana o leggermente profilata		DA TEST				
	S.L.U.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F2} = M_{S,a,1} / (e \cdot A_{F2}) =$	21,9	<	224,0 N/mm ²	
		tensione di trazione	$\sigma_{F2} = M_{S,a,2} / (e \cdot A_{F2}) =$	22,9	<	254,5 N/mm ²	DA TEST
	S.L.S.	tensione di raggrinzamento	$\sigma_{F2} = M_{S,a,1} / (e \cdot A_{F2}) =$	14,7	<	254,5 N/mm ²	
tensione di trazione		$\sigma_{F2} = M_{S,a,2} / (e \cdot A_{F2}) =$	14,8	<	280,0 N/mm ²		