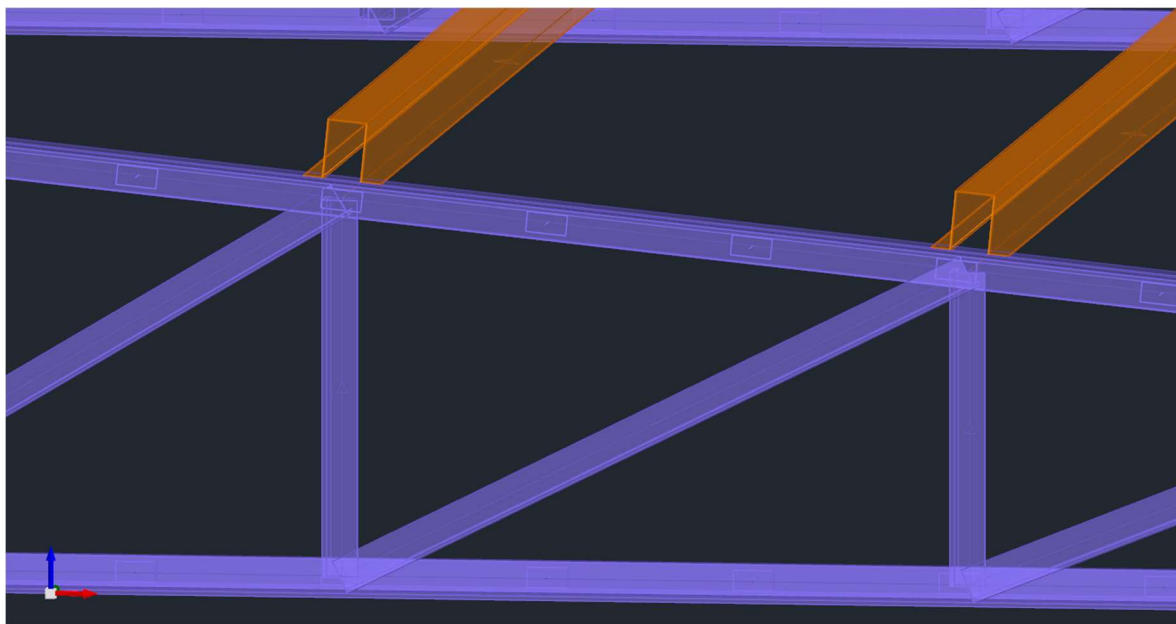


## Sagomati in acciaio con sezioni non standard: gli strumenti di verifica ci sono

La verifica a resistenza, instabilità e deformabilità dei profili in acciaio sagomati a freddo, risponde a criteri diversi da quelli dei laminati caldo, specialmente quando le sezioni non sono standard. Il loro impegno è ampio e la normativa tecnica è complicata; tuttavia, gli strumenti di verifica ci sono.

In campo strutturale si utilizzano prevalentemente travi e colonne in acciaio con elementi laminati a caldo, come i profili che in Europa chiamiamo HE o IPE, nelle varie tipologie. Il processo produttivo è ampiamente collaudato, così come è ben noto il loro comportamento, permettendo al tecnico di avere dei riferimenti sicuri per materiali e comportamenti, nonché riferimenti normativi per la verifica.

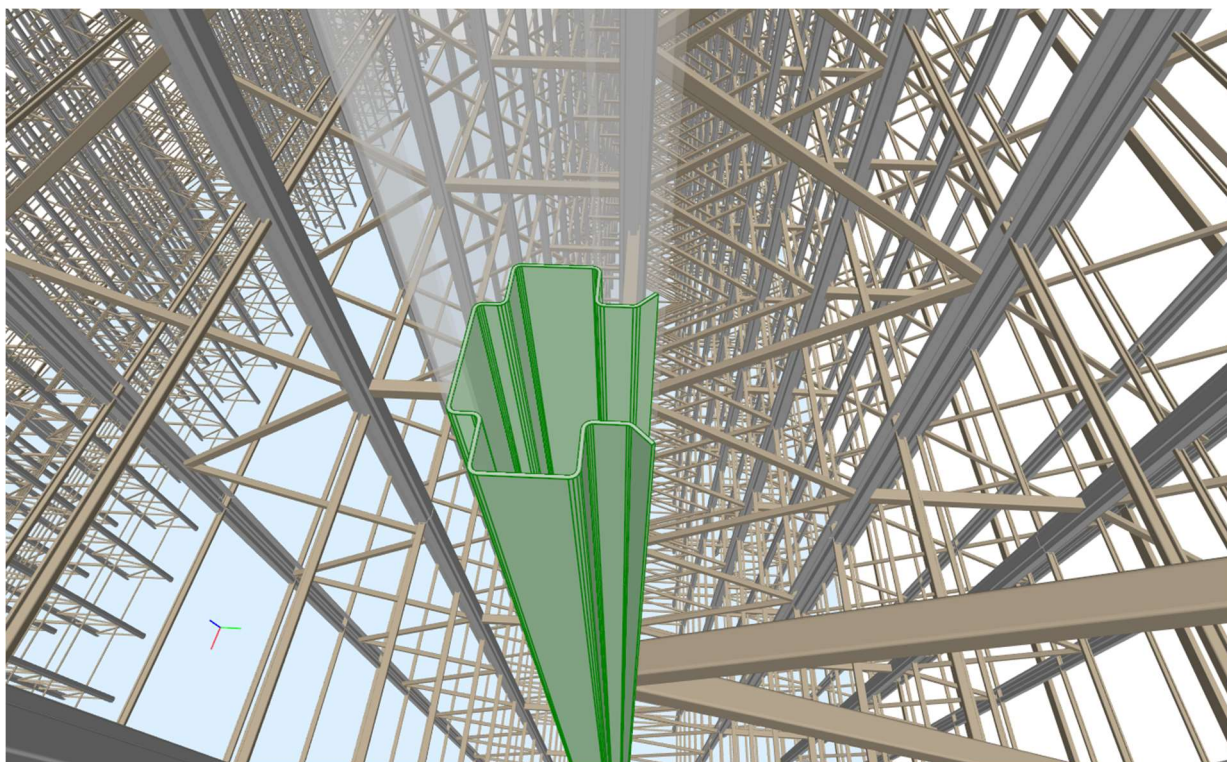
A questa tipologia di elementi si sono accostati altri profili in acciaio, realizzati con processi di formatura a freddo, normalmente attraverso l'utilizzo di presse o rulli.



*1 Sagomati "omega" tipicamente utilizzati in coperture di capannoni (Sismicad 12.24)*

Il processo di produzione può generare però delle alterazioni del materiale nelle zone di strizione, differenziandolo da quello previsto per i laminati. Inoltre, per poter piegare le lamiere costituenti tali profili, gli spessori di tali sezioni non possono essere elevati, accentuando i fenomeni di instabilità tipici

delle aste in acciaio. In più, la loro economicità ha contribuito alla diffusione di forme personalizzate, adatte alle più diverse esigenze tecnologiche, non sempre efficaci nel resistere a sollecitazioni tipiche di strutture sismo resistenti.

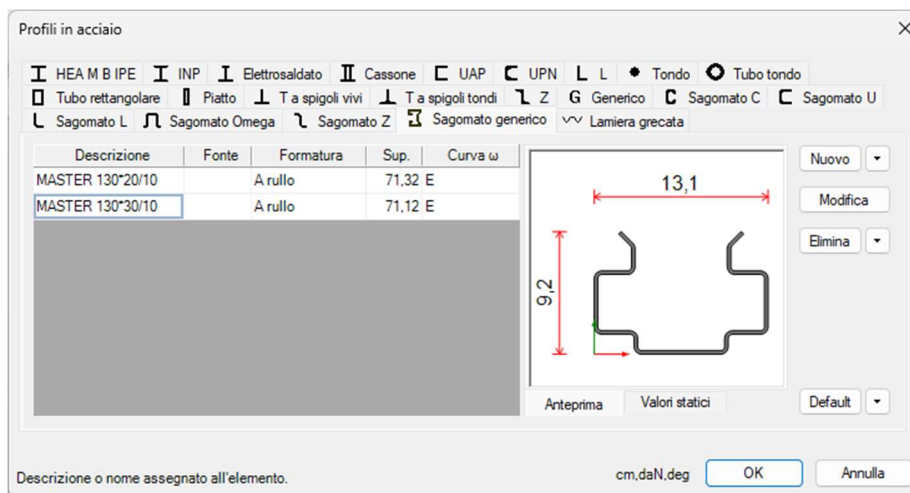


*2 Profilo sagomato a freddo utilizzato come colonna in scalfature evolute (visualizzazione con BIM Vision di file IFC esportato da Sismicad)*

La modellazione matematica di strutture di questo tipo non è un problema per un tecnico evoluto, appare però molto utile avere a disposizione degli strumenti di calcolo in grado di verificare gli elementi da normativa.

### Gestione in Sismicad

Utilizzando il software di calcolo strutturale Sismicad, si ha a disposizione un archivio di sagomati a freddo di sezione standard, come profili a "C" oppure ad "Omega", ampiamente utilizzati anche in capannoni industriali. Oltre a questi è possibile aggiungere delle sezioni generiche pressopiegate con caratteristiche specifiche.



### 3 Archivio di sezioni in Sismicad

Tali profili, essendo formati per piegatura di una lamiera in acciaio, hanno spessore costante nella sezione, e ogni piegatura è eseguita con un raggio di raccordo tra due successivi tratti rettilinei.

#### Normativa di riferimento

L'Eurocodice 3 parte EN 1993-1-3 al §1.1(4) prevede che il progetto di profili formati a freddo possa essere condotto in due modi:

- mediante verifica;
- mediante progettazione assistita da test.

Sismicad implementa la verifica dei profili sagomati a freddo secondo l'Eurocodice 3 (in particolare la EN1993-1-3:2006), il D.M. 17-01-18 e il D.M. 14-01-08.

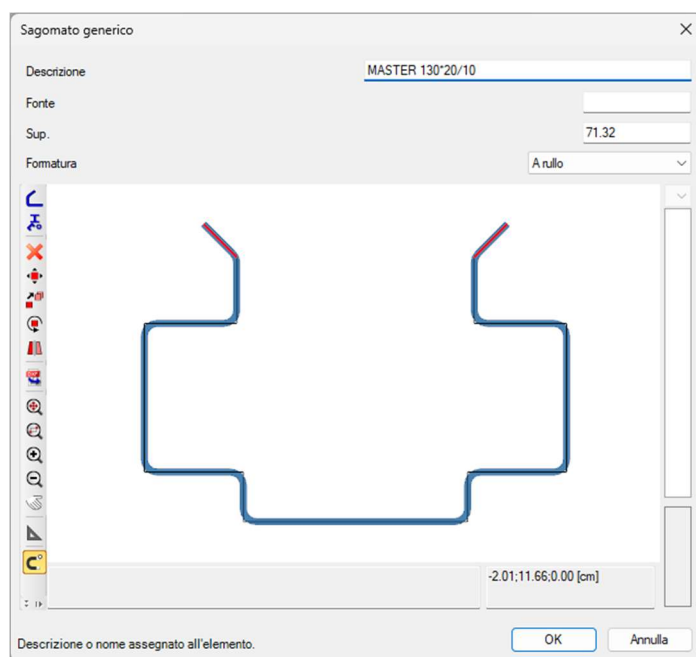
La verifica di tali profili secondo le precedenti norme è eseguibile per le sole sezioni che rispettano predeterminati limiti geometrici. Tali limiti, dettati dall'esperienza costruttiva e dalla sperimentazione, comprendono rapporti geometrici tra i vari lati costituenti la sezione, i raggi di raccordo, gli angoli interni formati da lati successivi, le dimensioni degli irrigidimenti. Sismicad provvede al controllo di ognuno di questi limiti, segnalando eventuali anomalie.

La normativa italiana, in entrambe le versioni menzionate, prevede anche per le sezioni sagomate a freddo una procedura di classificazione delle stesse. La sezione a seguito della classificazione può risultare in classe 1, 2, 3 o 4. Per le sezioni di classe 3 e 4 l'area e i moduli elastici devono essere opportunamente ridotti per considerare i fenomeni di instabilità locale e distorsionale. L'instabilità locale, tipica delle sezioni in classe 4, può essere considerata riducendo le caratteristiche inerziali mediante il metodo delle larghezze efficaci. L'instabilità distorsionale va affrontata invece distinguendo gli elementi di bordo e i lati interni irrigiditi, e considerando una ulteriore riduzione delle caratteristiche resistenti per gestire la possibilità che tali irrigidimenti possano sbandare in compressione. L'uso della classificazione nella normativa italiana appare quindi un criterio sbrigativo per stabilire se effettuare o meno la riduzione delle caratteristiche inerziali della sezione.

L'Eurocodice 3 nella parte EN1993-1-3 non prevede una classificazione della sezione, ma richiede venga sempre valutata la possibilità che le parti costituenti la stessa possano essere soggette a fenomeni di instabilità locale o distorsionale. In Sismicad si è scelto di seguire questa strada, che appare più rigorosa. Si evidenzia come la normativa italiana renda disponibili solo alcune formule di verifica, rimandando in più punti a normative di comprovata validità, quale l'Eurocodice 3.

### Verifiche in Sismicad

I sagomati a freddo verificabili sono i classici profili commerciali con sezioni ad omega ad U etc. ma non solo: sono verificabili anche sezioni aperte o chiuse con irrigidimenti di bordo o intermedi. Gli irrigidimenti sono individuati automaticamente dal programma in funzione di reciproci rapporti tra le larghezze, e colorati opportunamente per distinguerli tra intermedi, di bordo o inefficaci.



*4 Sezione in Sismicad con irrigidimenti di bordo evidenziati in rosso*

Gli irrigidimenti di bordo e intermedi, rispettivamente di colore rosso e giallo, verranno considerati nella valutazione degli effetti dell'instabilità per distorsione della sezione; gli irrigidimenti inefficaci, di colore bianco e di dimensioni inferiori ai limiti di norma, non verranno invece considerati.

Qualora la geometria della sezione sia tale da non permettere una identificazione degli irrigidimenti, solitamente a causa del mancato rispetto dei limiti geometrici imposti dalla norma, la sezione risulterà non verificabile.

La verifica prevede vengano dapprima calcolate le caratteristiche efficaci della sezione, al fine di considerare gli effetti dell'instabilità locale e distorsionale. Vengono considerate 5 sezioni efficaci: a compressione, a momento attorno l'asse x o y, positivo o negativo. Ognuna di queste sezioni fornisce

l'area o i moduli elastici lordi (se non ridotti rispetto a quelli della sezione interamente reagente) o efficaci da utilizzare nelle formule di verifica.

Sismicad conduce verifiche a resistenza e instabilità in SLV, SLU e SLD. In particolare, per le verifiche a resistenza considera:

- Trazione;
- Compressione;
- Flessione retta o deviata;
- Taglio;
- Torsione;
- Effetto combinato taglio-flessione;
- Presso/tensoflessione.

Per le verifiche di instabilità invece considera:

- Verifiche di stabilità a compressione: visti i ridotti spessori dei profili, per alcune tipologie di sezione può essere considerato, oltre al carico critico flessionale, anche il carico critico torsionale (Z a lati uguali, sezione aperta con baricentro nel centro di taglio) o flesso torsionale (C, U, L a lati uguali, Omega aventi un asse di simmetria) calcolati con le formule (6.33) e (6.35) della EN1993-1-3;
- Svergolamento, nel caso di sezioni per le quali sia calcolabile il momento critico (omega e rettangolari).
- Combinazione tra le precedenti.

Nella verifica di deformabilità, condotta in combinazione SLE rara, vengono considerati gli effetti della riduzione delle caratteristiche inerziali della sezione efficace a causa dei fenomeni di instabilità prima descritti. La deformata quindi viene ricavata per integrazione della curvatura, ricavata dall'andamento della sollecitazione flettente considerando un momento di inerzia fittizio ridotto, in accordo al §7.1 della EN 1993-1-3.

## Conclusioni

L'incompletezza della normativa italiana per la valutazione del comportamento dei sagomati a freddo e le restrittività imposte dall'Eurocodice contribuiscono a complicare il lavoro dei tecnici nella progettazione di strutture sismoresistenti complesse realizzate con questi profili.

Avere a disposizione uno strumento di calcolo in grado di effettuare molteplici verifiche a resistenza, instabilità e deformabilità, considerando riferimenti normativi aggiornati, appare la via più moderna e competitiva per il tecnico.

Concrete srl  
Ing. Emanuele Noro

## Concrete srl

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720  
CF/PI: 02268670284 - [www.concrete.it](http://www.concrete.it) - [info@concrete.it](mailto:info@concrete.it)