

VERSO IL RESIDENZIALE

Versatilità, personalizzazione e qualità costituiscono le principali parole-chiave degli attuali processi di produzione industriale di prodotti e sistemi prefabbricati per l'edilizia. L'Off-Site Manufacturing (OSM) ha infatti già da tempo avviato una profonda revisione dei modelli di produzione basati su una gestione rigorosamente seriale e focalizzata su poche linee di prodotti, per rivolgersi a sistemi versatili di produzione, facilmente adattabili alla variabilità delle richieste del mercato, nonché funzionali alla rapidità del ciclo produttivo e al minore impiego di risorse. Esito di tali processi sono prodotti e sistemi prefabbricati di tipo evoluto, versatili, dotati di elevati livelli prestazionali e da assemblare prevalentemente con tecniche a secco. Le conseguenze più evidenti nell'utilizzo della OSM riguardano non solo l'aumento delle garanzie sulla qualità finale del prodotto per il committente e l'utente, ma anche la riduzione dell'impiego di risorse e di investimenti per la realizzazione dell'opera, unita ad un minore impatto del cantiere sull'ambiente.

E' possibile pertanto assistere ad un rinnovato interesse verso sistemi costruttivi costituiti da elementi leggeri, a bassa prefigurazione morfologica, dimensionalmente e prestazionalmente diversificati, tra i quali quelli formati da elementi in acciaio formati a freddo (Cold Formed Steel - CFS) trovano, in questo contesto, un'appropriata collocazione. I prodotti in CFS, utilizzati già da tempo come elementi secondari e di completamento, negli ultimi anni hanno permesso lo sviluppo di veri e propri sistemi strutturali notevolmente competitivi nei confronti dei procedimenti costruttivi tradizionali. Realizzabili completamente a secco, i sistemi in CFS si caratterizzano per l'uniforme qualità dei componenti, l'economia di trasporto, nonché per la rapidità e semplicità di messa in opera.

Come già evidenziato in precedenti studi pubblicati su queste stesse pagine (Modulo, n. 289, marzo 2003), i profili in CFS possono essere combinati con differenti modalità in modo da formare sistemi strutturali di tipo monodimensionale (stick-build), bidimensionale (panel construction) oppure costituiti dalla sovrapposizione e accostamento di moduli tridimensionali autoportanti (sistema volumetric). Gli impieghi di tali sistemi strutturali sono estremamente diversificati, permettendo la realizzazione di differenti tipologie edilizie: residenze mono e pluri-piano, uffici, alberghi, ristoranti, capannoni industriali, centri commerciali, stand fieristici, strutture temporanee, ecc. Il sistema

Gran Bretagna, Giappone, Scandinavia fanno da apripista, ma anche in Paesi con una forte tradizione costruttiva di tipo "pesante", come la Spagna, si sta verificando una discreta affermazione della prefabbricazione in CFS. Grazie alla possibilità di diversificare le configurazioni e alle applicazioni per gli edifici multipiano

Sergio Russo Ermolli

stick-build e il panel construction sono prevalentemente rivolti a un'edilizia di media e piccola dimensione, mentre il volumetric, le cui unità modulari possono variare dimensionalmente su richiesta e dipendono esclusivamente dalla logistica del trasporto, può essere utilizzato per edifici fino a cinque piani di altezza senza ulteriori



Sistema stick-build

La rassicurante immagine ottenibile con il sistema stick-build ha contribuito alla sua diffusione nel mercato spagnolo delle residenze unifamiliari (fonte: STH).

modifiche strutturali; per realizzazioni più alte sono necessari invece elementi di rinforzo e irrigidimento.

In diversi paesi – come il Regno Unito, Giappone, Scandinavia, ecc. – si assiste ad una notevole diffusione di tali sistemi, le cui realizzazioni in molti casi sono l'esito di processi di sperimentazione volti a verificare le possibilità di applicazione al variare dei contesti ambientali e delle esigenze di natura strutturale. Gli utilizzi più interessanti riguardano l'edilizia residenziale multipiano realizzata con il sistema volumetric, attraverso l'aggregazione delle unità tridimensionali fornite in cantiere già "finite" internamente, complete cioè di arredi, serramenti, servizi igienici, ecc. L'impiego di tali moduli in diverse realizzazioni nel Regno Unito ha dimostrato che



Volumetric: aggregazioni di unità tridimensionali secondo il lato lungo

Allford Hall Monaghan Morris, Raines Dairy, Stoke Newington, Londra, 2003. I moduli tridimensionali in CFS vengono sollevati, accostati secondo il lato più lungo e successivamente rivestiti con doghe in lamiera zincata sul prospetto principale e, sui fronti laterali e interni, con pannelli in doghe di larice (fonte: AHMM).

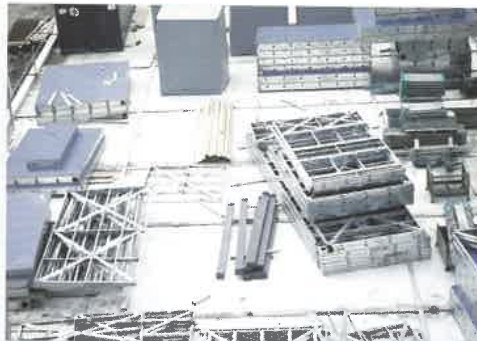
Possibili combinazioni e impieghi dei CFS

Combinazioni	Denominazione	Applicazioni
Strutture monodimensionali	Stick-build	Edilizia di media e piccola dimensione
Strutture bidimensionali	Panel construction	Edilizia di media e piccola dimensione
Accostamento di moduli tridimensionali autoportanti	Volumetric	Edifici fino a 5 piani

non predetermina in modo vincolante l'esito progettuale, grazie alle possibilità offerte in azienda dai sistemi di produzione versatili, capaci di variare su richiesta alcune caratteristiche dei prodotti, in tempi e costi paragonabili a quelli della produzione in serie. Utilizzando tali sistemi è infatti possibile modificare rapidamente il tipo di lavorazione degli elementi in CFS che compongono la cellula, offrendo configurazioni diversificate del prodotto finale sia dal punto di vista tipologico che dimensionale.

Nelle realizzazioni britanniche, le cellule di forma rettangolare sono accostate e sovrapposte tra loro secondo il lato più lungo, presentando così i lati più corti verso il fronte esterno. Il recente intervento della Urban Splash a Manchester (2005) vede invece le cellule accostate tra loro lungo il lato più corto, con il vantaggio di presentare i lati più lunghi verso il fronte esterno e di garantire così una maggiore illuminazione degli spazi interni rispetto alla soluzione precedente. L'edificio è infatti composto da 102 alloggi, disposti su sei piani, realizzati con altrettanti moduli di dimensioni 9.05 x 4.1 x 2.80 m. appositamente prodotti per tale intervento, che presentano tre ampie vetrate su di un lato. Una volta collocate in opera, le cellule sono successivamente integrate con alcuni moduli aggiuntivi – uno di ingresso e un'ulteriore camera da letto – nonché da un modulo che ospita la sala da pranzo. Quest'ultimo è sostenuto da una struttura in acciaio a caldo indipendente sovrapposta alla facciata principale dell'edificio. La rilevante altezza del complesso ha infatti richiesto la realizzazione di una struttura integrativa con funzione di sostegno anche per i ballatoi di accesso agli alloggi e i collegamenti verticali.

Altre realizzazioni evidenziano, inoltre, come l'impiego dei moduli tridimensionali possa essere sviluppato anche in forma "semi-volumetrica", ovvero prevedendo l'uso di moduli tridimensionali solo per quelle parti dell'edificio – come ad esempio gli spazi con bagni e cucine – che richiedono maggior tempo di realizzazione e l'intervento di manodopera altamente specializzata. L'edificio di Beaufort Court a Londra (2003) ha visto infatti l'utilizzo "integrato" di moduli-bagno tridimensionali e pannellature verticali e



Feilden Clegg Bradley, Beaufort Court, Fulham, Londra, 2003. La soluzione strutturale ha previsto l'utilizzo integrato di moduli bagno tridimensionali, di pannelli verticali e orizzontali in CFS e di una struttura collaborante composta da profilati in acciaio a caldo (fonte: Feilden Clegg Bradley).

orizzontali in CFS, ottimizzando in tal modo le specifiche caratteristiche prestazionali dei due sistemi costruttivi. L'uso di cellule bagno ha infatti assicurato consistenti risparmi di tempo nella fase realizzativa ed efficaci controlli di qualità in azienda, mentre l'impiego della panel construction ha garantito l'alta variabilità tipologica degli alloggi e un'elevata compatibilità con gli altri sistemi di Off-Site Manufacturing utilizzati. Anche in questo caso è stata prevista la realizzazione di una struttura collaborante formata da profilati di acciaio a caldo inseriti all'interno della maglia strutturale, che ha permesso l'apertura di finestre più ampie sul corpo scala e il sostegno dei balconi a sbalzo sul lato sud dell'edificio.

Dagli inizi degli anni Novanta si è inoltre assistito ad una crescente e generalizzata diffusione del sistema costruttivo ad elementi monodimensionali stick-build, rivolto prevalentemente ad edilizia residenziale di piccola dimensione e a strutture temporanee. Particolarmente interessante appare lo sviluppo del sistema stick-build avvenuto in Spagna: nazione nella quale la produzione di unità abitative in CFS, prevalentemente di

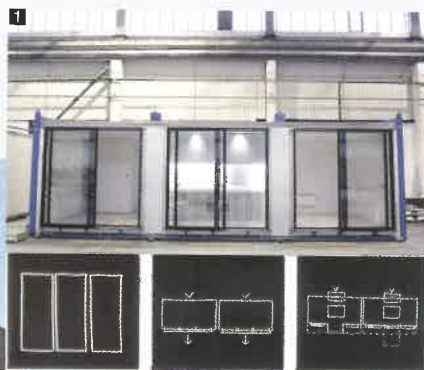


tipo unifamiliare, è riuscita a ritagliarsi una consistente parte del mercato residenziale. L'utilizzo di idonei sistemi di coibentazione termo-acustica, unitamente alla possibilità di impiegare soluzioni di rivestimento di tipo tradizionale, consente di realizzare abitazioni apparentemente simili a quelle tradizionali in calcestruzzo armato o in muratura portante. Analogia naturalmente solo di tipo formale in quanto tali edifici, presentando un'ossatura in CFS, possono essere realizzati in tempi estremamente ridotti e con manodopera anche non specializzata.

La discreta affermazione di questo tipo di sistema costruttivo in Spagna – un paese il cui contesto culturale, economico e sociale può essere considerato simile all'Italia – rappresenta un esempio significativo delle possibilità di applicazione dei sistemi in CFS anche in paesi fortemente connotati da una tradizione costruttiva di tipo "pesante". In Spagna la progressiva affer-



Volumetric: aggregazioni di unità tridimensionali secondo il lato corto

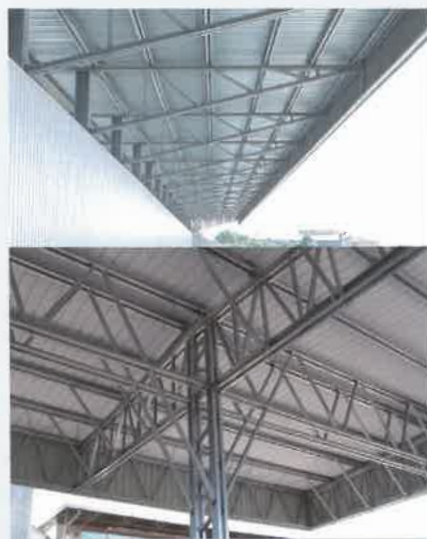


1. Urban Splash and ShedKM Architects, Moho, Manchester, 2005. A differenza delle precedenti esperienze svolte con il sistema volumetric, questo intervento presenta cellule accostate tra loro lungo il lato più corto che vengono successivamente integrate con moduli aggiuntivi (fonte: Building).

2. I ballatoi di accesso agli alloggi e i moduli che ospitano la sala da pranzo vengono sostenuti da una struttura integrativa in acciaio a caldo, indipendente e sovrapposta alla facciata dell'edificio (fonte: Building).

3. Render della corte interna. Ogni modulo presenta in facciata il balcone del soggiorno rivestito da un pannello vetrato, il balcone della camera da letto con doghe fisse in legno e il rivestimento in pannelli di lamine della sala da pranzo (fonte: Uniform).

mazione dei sistemi strutturali in CFS nel settore delle residenze unifamiliari è stata possibile anche grazie ad una significativa spinta promozionale da parte delle aziende produttrici, che ha contribuito al superamento dell'iniziale diffidenza degli addetti ai lavori. Una diffidenza motivata, da un lato, dal legame nei riguardi

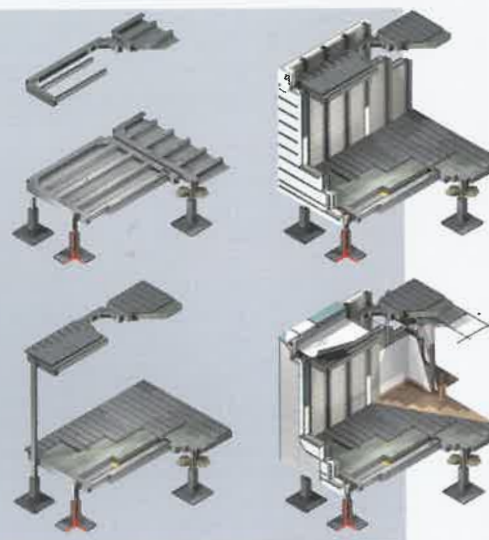


Sistema panel construction per coperture

I profili in CFS possono essere assemblati in cantiere con rapide connessioni per realizzare elementi reticolari di coperture piane o inclinate (fonte: Profilsider).

Sistema stick-build, un esempio

Sequenza di montaggio del sistema Domos (prog. Sergio Russo, Andrea Costaglioli). E' rivolto alla realizzazione di differenti tipologie edilizie – uffici, centri turistico-ricettivi, scuole, ecc. – e utilizza esclusivamente prodotti di serie ad elevata versatilità assemblabili a secco. Il sistema, la cui struttura portante è costituita da pilastri HE, travi a C in lamiera formata a freddo e lastre in alluminio alveolare, può essere completato con differenti tipologie di involucro esterno e interno. Nelle immagini sono stati utilizzati: chiusure con pannelli sandwich multistrato in fibre di legno mineralizzato e isolante in polistirene ad alta densità; pareti ventilate con pannelli in alluminio su sottostruttura in acciaio zincato; partizioni interne in gesso rivestito (fonte: Domos s.r.l.).



delle tecniche tradizionali – e quindi dal generale rifiuto verso sistemi prefabbricati – dall'altro, dalla scarsa conoscenza delle prestazioni tecnologiche e ambientali dei sistemi in CFS. Problematiche particolarmente sentite anche nel nostro Paese. Nonostante una parte consistente della produzione siderurgica in Italia sia rappresentata dalla categoria dei prodotti formati a freddo – largamente utilizzati come elementi secondari, quali orditure di copertura, di chiusura e di involucro interno – il loro impiego strutturale è invece ancora fortemente limitato e rivolto all'edilizia commerciale, industriale e residenziale con ridotto numero di piani. In particolare, secondo recenti stime, solo il 10% delle costruzioni monopiano in Italia è realizzata in CFS,

Glossario

Acciaio	Lega di ferro e carbonio prodotta allo stato fuso, con tenore di carbonio inferiore a 1,7 %, che può essere fucinata sia a caldo che a freddo. Gli acciai vengono raggruppati in due categorie: gli acciai al carbonio, con percentuali di silicio e manganese, e gli acciai speciali, che contengono elementi chimici (nichel, cromo, vanadio, ecc.) necessari a migliorarne le prestazioni meccaniche. Fra questi ultimi sono inclusi l'acciaio armonico, usato per la realizzazione dei trefoli nelle strutture precomprese, e l'acciaio inox, nella cui lega è presente un'elevata percentuale di cromo che lo rende particolarmente resistente alla corrosione e/o all'ossidazione.
Laminazione a caldo	Procedimento utilizzato per produrre elementi destinati al settore delle costruzioni, tra i quali i caratteristici profilati a doppio T (IPE, HE), a U, a L, ecc., e i coils (lamiere a nastro) di differente spessore. Consiste nella deformazione plastica del materiale facendolo passare attraverso una serie di coppie di cilindri (laminatoio) posti a distanze sempre minori e rotanti in senso opposto che ne riducono lo spessore aumentandone al contempo la lunghezza e larghezza.
Trafilatura	Processo volto ad ottenere prodotti ad elevata precisione dimensionale, come cilindri, fili e tubi. Consiste nel far passare il materiale da deformare, in forma di barre di diverse dimensioni, attraverso una trafilatura o filiera riducendone o modificandone la sezione in più passaggi successivi. Questa lavorazione viene generalmente eseguita a freddo, applicando uno sforzo di trazione e facilitandone il passaggio nella trafilatura con appositi lubrificanti.
Cold-Formed Steel (CFS)	Acciaio zincato sagomato a freddo, a partire da coils di uniforme spessore solitamente compreso tra 0,5 e 10 mm. Attraverso la profilatura in continuo o la pressopiegatura dei coils si ottengono elementi di differenti forme e spessori da impiegare per molteplici usi (strutture portanti, profili di supporto a rivestimenti esterni, interni e coperture, lamiere grecate, ecc.).
Profilatura in continuo (roll forming)	Processo di produzione diffusamente utilizzato per ottenere la vasta gamma dei profili in CFS. I nastri in acciaio passano attraverso una serie di rulli, il cui numero dipende dalla complessità della sezione del profilo, che ne modificano plasticamente la forma. Gli spessori del nastro utilizzabili possono arrivare fino a 15 mm per gli acciai al carbonio e fino a 8 mm per quelli inox. La profilatura in continuo viene generalmente impiegata per produrre sezioni che richiedono un numero elevato di operazioni di piegatura e formatura per arrivare alla forma finale.
Pressopiegatura o stampaggio (brake pressing)	Modalità produttiva che consiste nel conferire forma ai coils in acciaio attraverso l'uso di appositi stampi maschio-femmina, montati su presse a funzionamento meccanico oppure oleodinamico. A differenza della profilatura in continuo, la brake pressing viene impiegata per la realizzazione di elementi di ridotte dimensioni, come le lamiere grecate. Lo spessore dei coils utilizzabile può arrivare fino a 20 mm.
Zincatura	Processo di protezione dell'acciaio, effettuata con varie tecniche, utile a conferirgli elevata resistenza alla corrosione. Nella zincatura a caldo l'elemento viene immerso in zinco fuso, tenuto alla temperatura media di 450°, che entra in lega con lo strato superficiale dell'acciaio. Nel processo di zincatura elettrolitica l'elemento metallico da trattare viene immerso in una soluzione contenente sali di zinco. Successivamente viene creato un passaggio di corrente tra l'elemento e la soluzione, che fa depositare lo zinco sulle superficie dell'elemento stesso.

rispetto ad altri paesi, come la Francia e il Regno Unito, dove le percentuali sono rispettivamente dell'72% e del 83%. In edifici di altezze superiori ai due piani l'utilizzo strutturale degli elementi in CFS, particolarmente condizionato dalle normative per il dimensionamento delle sezioni sottili, è previsto in accoppiamento con elementi capaci di garantire valori di inerzia più elevati. Le strutture verticali sono, infatti, abitualmente formate da tradizionali profilati a caldo, oppure da profili a sezione circolare riempiti di calcestruzzo, mentre gli orizzontamenti e le coperture vengono ottenute collegando i profili in CFS in modo da ottenere travi reticolari, sia piane che spaziali, oppure differenti schemi di capriate. I profili vengono trasportati in cantiere, assemblati a piè d'opera tramite bullonatura, sollevati in posizione e collegati tra loro, riducendo fortemente in tal modo gli oneri derivanti dal trasporto di elementi di grande dimensione.

Alcuni sistemi, recentemente messi a punto, prevedono infatti uno scheletro portante formato da pilastri HE e travi a C in lamiera pressopiegata, completabili completamente a secco attraverso l'impiego delle molteplici soluzioni di chiusura e finitura offerte dal mercato.

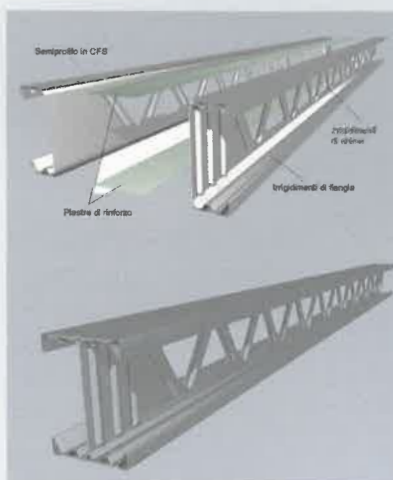
Interessanti segni di vitalità provengono inoltre da alcune aziende produttrici che mostrano una specifica attenzione nell'avviare attività di ricerca e sperimentazione utili a sviluppare soluzioni costruttive che permettano di superare i tipici limiti prestazionali di tali strutture, legati alla rilevante sensibilità nei riguardi dei fenomeni di instabilità locale e distorsionale. Un esempio particolarmente significativo può essere individuato nella serie di travi, denominate MLC Beams, capaci di offrire elevate prestazioni strutturali grazie all'introduzione di speciali dispositivi di irrigidimento presenti sia in corrispondenza delle ali che dell'anima. Piccoli ma



Sistema panel construction per edilizia monofamiliare

Il settore delle residenze monofamiliari realizzate in CFS rappresenta in Italia il 10% del mercato rispetto ad una media europea del 63% (fonte: Edilsider).

importanti segnali di interesse da parte di protagonisti di primo piano del processo edilizio, che richiedono però il coinvolgimento degli altri attori allo scopo di superare il divario tra la ricerca e l'utilizzazione concreta dei suoi risultati che, nel contesto italiano, rappresenta uno dei maggiori ostacoli allo sviluppo delle tecnologie innovative di Off-Site Manufacturing.



CFS: studi italiani

La trave MLC Beam – oggetto di un ampio programma di ricerca, attualmente in corso, sviluppato e coordinato dal prof. Raffaele Landofo dell'Università degli Studi di Napoli Federico II in collaborazione con l'azienda Ben Vautier – è formata dall'accoppiamento di due semiprofilati in CFS collegati back to back attraverso innovativi sistemi di connessione.

Le prestazioni strutturali sono incrementate da dispositivi di irrigidimento sia di flangia che di anima (fonte: Ben Vautier S.p.A.).

Saldatura	Per realizzare l'unione fra elementi metallici si ricorre a due tipi di connessioni, utilizzabili anche in combinazione: quelle meccaniche (come la bullonatura) che comportano la foratura del metallo e l'inserimento di elementi di collegamento e quelle basate sulla fusione del materiale, come la saldatura. Quest'ultima si realizza portando alla temperatura di fusione gli elementi da collegare e viene svolta prevalentemente in azienda richiedendo attrezzature e operatori altamente specializzati. I sistemi più utilizzati sono la saldatura per fusione (autogena), nella quale i lembi da saldare vengono portati alla temperatura di fusione e collegati con un metallo di "apporto" fuso, e la saldatura a pressione, che non prevede apporto di materiale e avviene comprimendo i due pezzi dopo averli portato alla temperatura di rammollimento.
Bullonatura	Sistema di connessione che presenta il vantaggio di essere realizzabile in cantiere abbastanza rapidamente e che non richiede manodopera altamente specializzata. Vengono generalmente utilizzati bulloni in acciaio inox ad alta resistenza con diametro compreso tra 12 e 27 mm, costituiti da vite e dado filettati, che si classificano in base alla resistenza allo snervamento e alla resistenza a rottura per trazione. Dopo aver forato le parti da unire, il bullone viene inserito nei fori e serrato con un avvitatore pneumatico o elettrico. Non sempre è possibile assemblare due elementi fra di loro senza il ricorso ad un pezzo intermedio, generalmente un fazzoletto (piatto) o un angolare, a sua volta saldato o bullonato alle parti da unire.
Connessione con viti	Collegamento particolarmente diffuso per unire elementi in CFS. In genere il diametro delle viti varia da 3.5 a 6.5 mm, mentre la lunghezza da 12 a 75 mm. Le viti sono caratterizzate da due tipi di punte: self-drilling (autofilettante), capaci di formare da sole il proprio foro e il filetto della madre vite interno senza deformare il proprio filamento e rompersi durante l'assemblaggio; self-piercing (autoperforante), che riescono a forare acciaio e materiali relativamente sottili (come i pannelli di gesso rivestito).
Chiusatura (press-joint)	Tipo di collegamento che permette di unire gli elementi in CFS in officina mediante una deformazione plastica della lamiera effettuata da una punzonatrice idraulica che, premendo su una delle lamiere, la fa espandere in quella sottostante bloccandola saldamente, lasciando intatto lo strato protettivo anticorrosione della lamiera.
Sistemi strutturali in CFS	Utilizzando spessori compresi tra 1.2 e 2.6 mm, è possibile combinare tra loro i profili in CFS in modo da formare differenti sistemi strutturali: Stick-build richiama la tipologia dei sistemi leggeri in legno ed è costituito da telai strutturali controventati attraverso il montaggio in cantiere di montanti e traversi a forma di C, Z, L, ecc.; Panel construction prevede l'assemblaggio in cantiere di pannellature strutturali orizzontali e verticali in CFS, preassemblate in officina, formate da una fitta trama di profili collegati e controventati; Volumetric, costituito da unità strutturali completamente prefabbricate in azienda, formate da una serie di telai in CFS irrigiditi da elementi trasversali, che formano vere e proprie scatole autoportanti di forma rettangolare. Le unità modulari vengono consegnate in cantiere già complete di serramenti, impianti, ecc., sollevate con l'ausilio di gru, affiancate e sovrapposte fra loro fino a formare edifici multipiano; Semi-volumetrico, che prevede l'impiego "integrato" sia di moduli tridimensionali portanti che di pannellature orizzontali e verticali. In genere i moduli contengono gli spazi – come ad esempio bagni e cucine – che richiedono maggior tempo di realizzazione e l'intervento di manodopera altamente specializzata.