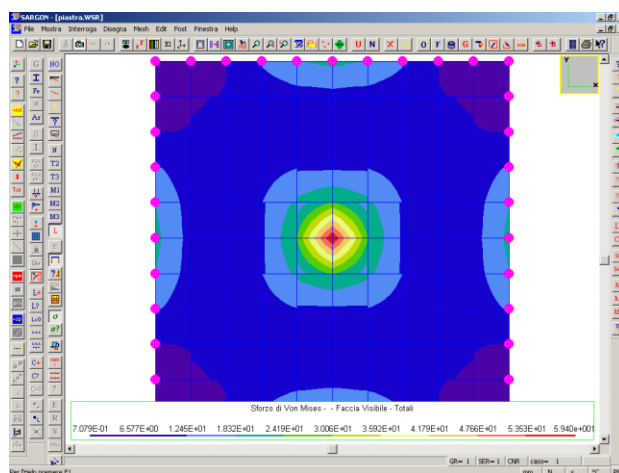




# CHI FA COSA



<http://www.castaliaweb.com>

Via Pinturicchio, 24

20133 Milano

[staff@castaliaweb.com](mailto:staff@castaliaweb.com)

Copyright © 1991-2014 – Castalia srl

Rev. 3.0 Gennaio 2014

*Aggiunto alla documentazione nel gennaio 2008*

## **1. Prefazione**

Questo documento vuole essere una guida per le terze parti, in modo che possano analizzare i modelli Sargon e i loro risultati, verificando il lavoro degli utenti Sargon. Gli utenti Sargon dovrebbero essere già a conoscenza dei concetti espressi in questo documento, in quanto sono ampiamente spiegati nella documentazione di Sargon.

Questo documento è volutamente breve; informazioni molto più dettagliate possono essere trovate nella documentazione di Sargon, che può essere scaricata liberamente dal sito [www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com). Inoltre, è possibile accedere alla guida del programma direttamente dall'interfaccia di "Sargon Reader".

## **2. Cosa fa il programma**

### **2.1. Linee guida**

Sargon è un programma agli elementi finiti che usa il metodo degli spostamenti, ed è concepito con l'obiettivo di rendere espliciti i concetti degli elementi finiti, non di nasconderli. Ciò significa che non c'è un algoritmo che genera in automatico un modello adatto a qualsiasi scopo progettuale. È compito dell'utente costruire un modello agli elementi finiti in modo che la mesh, i carichi, i vincoli, ecc. siano appropriati e coerenti con il progetto allo studio.

Il produttore di Sargon non ritiene che la generazione automatica di un modello sia il modo più appropriato per lavorare quando si ha a che fare con un programma "general purpose". Il vantaggio di questo approccio è che Sargon può essere utilizzato, se gestito in modo corretto, per studiare una casistica molto ampia di strutture, dall'ambito industriale a quello civile, da quello meccanico a quello navale, ecc. Sargon, dalla sua nascita nel 1990 a oggi, è stato effettivamente utilizzato in tutti questi campi.

Una volta preparato il modello FEM, Sargon consente di calcolarne gli spostamenti, gli sforzi, le azioni interne e i coefficienti di sfruttamento in accordo a varie normative. Sargon è in grado di presentare i risultati in un'ampia varietà di modi ed è un potente

strumento di analisi che consente di agevolare e velocizzare il calcolo e la verifica, eseguendo compiti molto complessi in un tempo computazionale ragionevole.

Il programma è frutto di anni programmazione attenta e altamente specializzata da parte di esperti nel campo delle analisi strutturali. Ciò non significa che il programma sia pensato per sostituire le capacità e l'esperienza del un progettista, ma significa che vuole fornirgli strumenti affidabili per il calcolo e la verifica delle strutture.

## **2.2. Informazioni generali**

Sargon è un pacchetto software composto da quattro gruppi principali di programmi: l'interfaccia grafica utente (GUI), i solutori, i verificatori e i programmi di utilità.

Il modello è necessariamente creato usando l'interfaccia grafica. Alcuni comandi consentono di importare mesh preparate altrove (non disegni: l'utilizzo di disegni per ottenere automaticamente un modello FEM è considerato una prativa pericolosa dal produttore), o di esportare modelli già pronti.

I solutori sono: CLEVER (analisi statica lineare); LEDA (analisi modale); SPECTRUM (analisi a spettro di risposta); FREQUENCY (analisi di risposta in frequenza conseguente all'analisi modale); SOCLEVER (analisi statica nonlineare per piccoli spostamenti; effetti geometrici, senza nonlinearietà di materiale), BUCKLING (analisi di instabilità per mezzo autovalori), CURAN (analisi non lineare sia per materiale che per geometria).

I verificatori sono: CNR (tensioni ammissibili e stati limite); AISC-ASD; BS 5950 (1985); EN 1993-1-1 (2005) e NTC 2008, AISC-LRFD, EN 1995-1-1.

I moduli esterni di utilità sono: Checksolvers (per la validazione), Mergedbase (sovrascrittura dei casi di carico), Samba (gestione delle sezioni e dei materiali) e ulteriori programmi per importare ed esportare i modelli in vari formati.

## **2.3. Breve descrizione del programma principale (GUI)**

Il programma gestisce i seguenti elementi finiti:

1. biella (2-nodi);

2. trave (hermitiana, 2 nodi, *id est* funzione di forma cubica);
3. membrana (solo rigidezza nel piano, elementi a 3 e a 4 nodi, varie formulazioni: CST, bilinear quad, SRI, Wilson Ibrahimbegovic);
4. piastra sottile (teoria delle piastre di Kirchhoff, elementi a 3 e a 4 nodi, DKT, 4DKT);
5. piastra spessa (teoria delle piastre di Mindlin-Reissner, elementi a 3 e a 4 nodi, Hughes);
6. solido (elementi a 4, 6 e 8-nodi, varie formulazioni);
7. molla.

Il programma gestisce i seguenti carichi:

1. Carichi nodali (forze e momenti);
2. Carichi termici (applicati agli elementi);
3. Carichi distribuiti applicati agli elementi beam (costanti, concentrati, lineari su una parte dell'elemento, forze e momenti);
4. Cedimento dei vincoli.

I carichi distribuiti sulle superfici e sugli elementi solidi aggiunti nella GUI sono immediatamente convertiti in carichi nodali (mediante lumping). Ciò significa che la mesh deve essere sufficientemente fitta per consentire questa modellazione. Ciò impedisce illusioni grafiche sulla reale natura dei carichi modellati (mesh rozze con carichi interni posizionati finemente sono prive di significato da un punto di vista del calcolo, indipendentemente da come possano apparire visivamente).

I vincoli sono applicati ai nodi.

## 2.4. Breve descrizione dei solutori

CLEVER:

Solutore statico lineare che utilizza due possibili algoritmi per la soluzione: skyline e sparse matrix. Entrambi usano il metodo di soluzione dei sistemi lineari di Choleskij. Il programma è molto severo nel non consentire matrici di rigidezza non definite positive.

#### LEDA:

Analisi modale che usa il metodo di iterazione nel sottospazio. La triangolazione della matrice è fatta con tecnica skyline o sparse matrix. Un controllo di ortogonalità è svolto a ogni run.

#### SPECTRUM:

Combinazione dello spettro di risposta che include anche il “fattore di errore”. I punti chiave riguardano i le regole di combinazione dei modi (SRSS, CQC, metodi di correzione, metodo di amplificazione modale).

#### FREQUENCY:

Risposta in frequenza lineare. L’utente definisce le forze, le frequenze e lo smorzamento, e sceglie i modi da includere nel calcolo.

#### SOCLEVER

Solutore statico non lineare (Newton Raphson) capace di eseguire analisi con effetti del second’ordine di modelli costituirsi da travi e bielle (la parte geometrica degli altri elementi non è calcolata). Se i carichi applicati superano il livello del carico critico, il programma si ferma e restituisce il livello di carico al quale la matrice non è più definita positiva.

#### BUCKLING

Solutore per la analisi di instabilità. Esiste in due versioni: LIGHT, che assembla la parte geometrica della matrice di rigidezza dei soli elementi beam e truss. FULL che assembla anche la matrice di rigidezza geometrica di elementi piastra, membrana, e solidi. Per ogni combinazione selezionata vengono calcolati  $n$  moltiplicatori critici.

#### CURAN

E’ un solutore non lineare completo. I modelli costitutivi possono essere no-tension o no-compression, elasto plastici, incrudenti in modo cinematico ed isotropo. Tratta anche elementi molla non lineari, non linearità dei beam con semirigidezza non lineare, molle con gap, eccetera. Esiste in due versioni: LIGHT che considera la non linearità dei soli elementi biella e molla. FULL che considera la non linearità di tutti gli elementi (piastra, membrana, solidi, e beam a fibre).

## 2.5. Breve descrizione dei verificatori

Tutti i verificatori eseguono le verifiche di resistenza e stabilità delle membrature. Le verifiche di stabilità globale vanno fatte con SOCLEVER, BUCKLING o tramite verifica degli spostamenti. La verifica delle connessioni non pertiene a Sargon (che è interfacciato con CSE, programma di Castalia dedicato al calcolo dei collegamenti in acciaio). Alcune verifiche locali, come l'instabilità dell'anima sotto carichi concentrati, sono fuori dal campo di applicazione dei verificatori. E' invece inclusa la classificazione delle sezioni trasversali.

Le verifiche sono eseguite in tutte le combinazioni. Non si fa ricorso a concetti di inviluppo, perché ciò non è possibile né consigliabile nelle strutture in acciaio.

Quando una membratura è composta da più elementi finiti, le verifiche di stabilità sono eseguite utilizzando dei "superelementi", che devono essere aggiunti al modello dall'utente.

Le azioni interne utilizzate dai verificatori sono quelle scritte nel file SDB. Questo file può essere gestito direttamente dai solutori, oppure tramite Mergedbase, se l'utente ha scelto di usarlo.

### **3. Cosa dovrebbe fare l'utente**

#### GUI

L'utente deve concepire il modello agli elementi finiti in modo che il modello sia coerente con l'obiettivo progettuale in esame. La definizione di aspetti quali il passo di mesh, il tipo e la formulazione degli elementi finiti, la creazione di possibili modelli differenti e lo studio della sensibilità della soluzione spettano all'utente e sono fortemente consigliati.

L'utente deve definire opportunamente i carichi e, tramite i comandi interni, deve controllare le risultanti globali e parziali confrontandole con i valori attesi. La distribuzione spaziale dei carichi deve essere controllata attentamente. In merito alle verifiche, la definizione delle combinazioni è estremamente importante. L'utente può utilizzare regole automatiche e/o aggiungere manualmente le combinazioni; deve inoltre assicurarsi della corretta definizione delle combinazioni. Quando ci sono centinaia o migliaia di combinazioni, può essere utile e sicuro verificare un sottoinsieme di combinazioni in un

modello indipendente.

Quando si usano elementi piani e solidi, l'utente deve definire un passo di mesh appropriato.

Si deve controllare l'eventuale presenza di nodi doppi o non referenziati, così come di elementi non connessi. Ciò va fatto sia a monte dell'analisi, con i vari comandi interni, sia a valle, controllando attentamente il campo degli spostamenti e quelli degli sforzi.

I vincoli devono rispecchiare la reale situazione di progetto.

## **Solutori**

### **CLEVER**

L'utente deve essere consapevole del fatto che singolarità nella matrice possono essere dovute a una modellazione non corretta e deve pienamente capire le ragioni per cui un modello non gira, evitando il ricorso a vincoli aggiunti ad hoc per bypassare l'arresto della soluzione. LEDA con shift può essere utilizzato per evidenziare se vi sono moti a corpo rigido o quasi rigido.

### **LEDA**

L'utente deve specificare opportunamente il numero di modi, la tolleranza e il target della percentuale di massa totale.

### **SPECTRUM**

L'utente deve comprendere a fondo tutte le regole che governano la combinazione dei modi e capire che alcune di esse perdono le informazioni relative al segno, mentre altre usano permutazioni "numeriche" del segno per ottenere i risultati. Il metodo di amplificazione dei modi, quando possibile, dovrebbe essere usato con SRSS e CQC.

### **FREQUENCY**

La scelta del modo e la definizione dello smorzamento sono punti chiave nell'uso di questo solutore. Questi aspetti devono essere chiaramente spiegati e documentati.

### **SOCLEVER**

Qui il numero di step e la tolleranza giocano un ruolo importante. Se gli spostamenti finali non sono nello campo della teoria dei piccoli spostamenti, l'analisi è priva di significato.

### **BUCKLING**

L'utente deve valutare attentamente i moltiplicatori critici riducendoli in modo opportuno per tener conto della interazione con la plasticità. Devono essere considerate tutte le combinazioni potenzialmente pericolose ai fini della stabilità. La corretta versione di BUCKLING dipende dalla presenza o assenza di elementi piastra, membrana, e solidi, all'interno del modello.

## CURAN

E' un solutore che per essere usato richiede una competenza specifica nell'ambito dei calcoli non lineari.

## Verificatori

Per impostare in modo accurato le verifiche di stabilità, l'utente deve definire in modo opportuno tre coefficienti di snellezza per tutti gli elementi e superelementi. Il programma non definisce questi coefficienti in modo automatico perché non c'è un criterio univoco e affidabile per compiere questa operazione in modo automatico.

L'utente deve comprendere pienamente il modo in cui funzionano i superelementi in Sargon e deve aggiungere al modello tutti i superelementi necessari per garantire che le verifiche vengano eseguite correttamente. Errate definizioni dei superelementi possono dare luogo a risultati non attendibili.

L'utente deve definire le corrette combinazioni di verifica.

## 4. Validazione

Ecco un riassunto di ciò che l'utente deve fare per garantire una migliore affidabilità del modello. La politica di validazione del produttore di Sargon è illustrata in un altro documento ("Sargon: Validazione", scaricabile anche dal sito web).

### 4.1. Solutori

L'utente dovrebbe usare il modulo "checksolvers.exe" ed esaminare attentamente il



file di output di questo programma, che è (opzionalmente) eseguito alla fine di ogni analisi. Il programma controlla l'output del solutore in modo indipendente, e così è in grado di mettere in luce eventuali problemi nella fase di soluzione. Il file di output di "Checksolvers.exe" può essere integrato nella documentazione fornita a terze parti.

In aggiunta, l'utente può verificare manualmente alcuni risultati chiave, ad esempio:

1. verifiche semplificate di equilibrio globale, per verificare ulteriormente la risultante dei carichi e le reazioni vincolari;
2. ordine di grandezza di sforzi e spostamenti;
3. campo degli spostamenti e viste deformate devono essere coerenti con il comportamento atteso;
4. i diagrammi delle azioni interne devono essere campionati in un numero opportuno di punti, e il loro andamento deve essere coerente con quello previsto dalla teoria;
5. vincoli e svincoli devono essere coerenti con le impostazioni iniziali (ad esempio spostamenti liberi vs possibili ostacoli);
6. l'entità degli spostamenti deve essere compatibile con la ipotesi di piccoli spostamenti.

## **4.2. Verificatori**

L'utente deve visionare attentamente le verifiche di resistenza e di stabilità e verificarle con test indipendenti a campione, il cui numero dipende dal numero totale di combinazioni e dalla dimensione del modello agli elementi finiti.

Queste verifiche indipendenti possono essere svolte anche in modo semplificato, ma l'importante è che siano il più possibile indipendenti dai risultati del modello.

Alcuni test possibili possono essere la stima dell'azione assiale, la verifica semplificata di stabilità, la valutazione del massimo momento flettente e verifiche semplificate in funzione delle tensioni limite. Le membrature più critiche devono essere verificate in modo indipendente e i risultati devono essere discussi e spiegati, in relazione ai risultati del programma

Se possibile, la verifica del modello con più di un verificatore di Sargon è fortemente

consigliata (ad esempio usando le tensioni ammissibili e/o il metodo dei fattori parziali).

Le verifiche automatiche non sollevano completamente il progettista dalla responsabilità di questo compito, che è di primaria importanza. Le verifiche automatiche sono uno strumento per la progettazione, non la progettazione stessa.

### **4.3. Gestione delle terze parti**

Al fine di semplificare le verifiche eseguite da terze parti, l'utente può seguire questi passi:

1. Preparare un file di input per altri solutori usando i comandi interni di Sargon, e fornirli alle terze parti per verifiche indipendenti;
2. Informare le terze parti dell'esistenza del Sargon Reader gratuito, che può essere scaricato dal sito di Castalia ([www.castaliaweb.com](http://www.castaliaweb.com)). Le terze parti possono guardare il modello e controllarlo usando lo stesso programma. La versione del Sargon Reader deve essere allineata a quella del Sargon utilizzato per creare e analizzare il modello, per ovvie ragioni.
3. Un elevato livello di sicurezza si ottiene quando il modello è analizzato con differenti solutori o lo si ricrea in modo indipendente con altri programmi (si vedano le normative NTC2008, capitolo. 10).

Milano, 16 Gennaio 2008