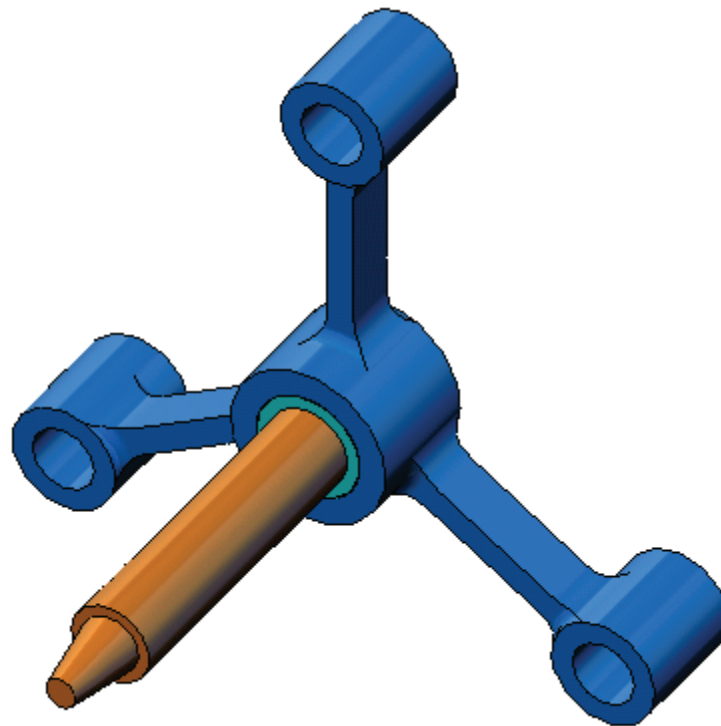




# **Introduzione alle applicazioni di analisi della sollecitazione con SolidWorks Simulation, Guida dello studente**



© 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, azienda del gruppo Dassault Systèmes S.A., 300 Baker Avenue, Concord, MA 01742 USA. Tutti i diritti riservati.

Le informazioni e il software ivi presentati sono soggetti a modifica senza preavviso e impegno da parte di Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks).

Nessun materiale può essere riprodotto o trasmesso sotto qualsiasi forma o attraverso qualsiasi mezzo, elettronico o meccanico, e per qualsiasi scopo senza il previo consenso scritto di DS SolidWorks.

Il software descritto in questo manuale è fornito in base alla licenza e può essere usato o copiato solo in ottemperanza dei termini della stessa. Ogni garanzia fornita da DS SolidWorks relativamente al software e alla documentazione è stabilita in questo accordo di licenza. Nessun'altra dichiarazione, esplicita o implicita in questo documento o nel suo contenuto dovrà essere considerata o ritenuta una correzione o revisione delle condizioni di questo accordo o della garanzia.

### **Brevetti**

Il software CAD 3D SolidWorks® è protetto dai seguenti brevetti USA: 5.815.154, 6.219.049, 6.219.055, 6.611.725, 6.844.877, 6.898.560, 6.906.712, 7.079.990, 7.477.262, 7.558.705, 7.571.079, 7.590.497, 7.643.027, 7.672.822, 7.688.318, 7.694.238, 7.853.940 e da brevetti stranieri (es., EP 1.116.190 e JP 3.517.643).

Il software eDrawings® è protetto dai brevetti USA 7.184.044 e 7.502.027 e dal brevetto canadese 2.318.706.

Altri brevetti USA e stranieri in corso di concessione.

### **Marchi commerciali e nomi di prodotto dei prodotti e servizi SolidWorks**

SolidWorks, 3D PartStream.NET, 3D ContentCentral, eDrawings e il logo eDrawings sono marchi depositati e FeatureManager è un marchio registrato di proprietà comune di DS SolidWorks.

CircuitWorks, Feature Palette, FloXpress, PhotoView 360, TolAnalyst e XchangeWorks sono marchi commerciali di DS SolidWorks.

FeatureWorks è un marchio registrato di Geometric Software Solutions Ltd.

SolidWorks 2011, SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation ed eDrawings Professional sono nomi di prodotti di DS SolidWorks.

Altre nomi di marca o di prodotto sono marchi commerciali o marchi depositati dei rispettivi titolari.

### **SOFTWARE PER COMPUTER COMMERCIALE – PROPRIETÀ**

Limitazione dei diritti per il governo statunitense. L'utilizzazione, la duplicazione o la divulgazione da parte del Governo sono soggette alle restrizioni contemplate in FAR 52.227-19 (Commercial Computer Software - Restricted Rights), DFARS 227.7202 (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation) e in questo Accordo di licenza, a seconda del caso.

Appaltatore/Produttore:

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, MA 01742 - USA

### **Note sui diritti d'autore per SolidWorks Standard, Premium, Professional e per i prodotti educativi**

Porzioni di questo software © 1986-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo software © 1986-2010 Siemens Industry Software Limited. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo software © 1998-2010 Geometric Ltd.

Porzioni di questo software © 1996-2010 Microsoft Corporation. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo software incorporano PhysX™ di NVIDIA, 2006-2010.

Porzioni di questo software © 2001-2010 Luxology, Inc. Tutti i diritti riservati, brevetti in corso di concessione.

Porzioni di questo software © 2007 - 2010 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2010 Adobe Systems, Inc. e suoi concessionari di licenza. Tutti i diritti riservati. Protetto dai brevetti USA 5.929.866, 5.943.063, 6.289.364, 6.563.502, 6.639.593, 6.754.382. Altri brevetti in corso di concessione.

Adobe, il logo Adobe, Acrobat, il logo Adobe PDF, Distiller e Reader sono marchi depositati o marchi commerciali di Adobe Systems, Inc. negli Stati Uniti e in altri paesi.

Per ulteriori informazioni sul diritto d'autore, in SolidWorks vedere ? > Informazioni su SolidWorks.

### **Note sui diritti d'autore per i prodotti SolidWorks Simulation**

Porzioni di questo software © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications and System Integration, Inc. Tutti i diritti riservati.

### **Note sui diritti d'autore per i prodotti Enterprise PDM**

Outside In® Viewer Technology, © Copyright 1992-2010, Oracle © Copyright 1995-2010, Oracle. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo software © 1996-2010 Microsoft Corporation. Tutti i diritti riservati.

### **Note sui diritti d'autore per i prodotti eDrawings**

Porzioni di questo software © 2000-2010 Tech Soft 3D.

Porzioni di questo software © 1995-1998 Jean-Loup Gailly e Mark Adler.

Porzioni di questo software © 1998-2001 3Dconnexion.

Porzioni di questo software © 1998-2010 Open Design Alliance. Tutti i diritti riservati.

Porzioni di questo software © 1995-2009 Spatial Corporation.

Questo software si basa in parte sul lavoro del gruppo indipendente JPEG.

# Introduzione

## Informazioni su questo corso

L'Introduzione alle applicazioni di analisi della sollecitazione con SolidWorks Simulation ed i materiali di assistenza sono forniti per aiutare lo studente a conoscere le applicazioni SolidWorks Simulation in un ambiente accademico.

## Tutorial online

L'Introduzione alle applicazioni di analisi della sollecitazione con SolidWorks Simulation accompagna e complementa i Tutorial online di SolidWorks Motion.

### Accesso ai Tutorial

Per accedere ai Tutorial online, selezionare il comando **?, Tutorial di SolidWorks, Tutti i tutorial di SolidWorks**. La finestra di SolidWorks si ridimensiona per dare spazio ad una seconda finestra al suo fianco, che presenta un elenco dei Tutorial disponibili. Soffermandosi con il puntatore su un link, in fondo alla finestra compare un'illustrazione del tutorial scelto. Fare clic sul link desiderato per aprire il tutorial.

### Convenzioni

Per la visualizzazione ottimale dei tutorial, impostare una risoluzione monitor di 1280 x 1024.

Le seguenti icone sono ricorrenti nei tutorial:


[Next](#) ➤ Avanza alla schermata successiva del tutorial.





Rappresenta una nota o un suggerimento. Questa icona non è un link ma le informazioni che offre appaiono alla sua destra. Le note e i suggerimenti forniscono idee per risparmiare tempo e utili suggerimenti.



Tutorials	
Static	Nonlinear (Premium)
Frequency, Buckling, and Thermal (Professional)	Fatigue (Professional)
Drop Test, and Pressure Vessel Design (Professional)	Linear Dynamics (Premium)
Design Studies	

Frequency, Buckling, and Thermal Lessons  
Examples on how to use SolidWorks Simulation to perform frequency, buckling, and thermal analyses.

-  Fare clic su un pulsante della barra degli strumenti in una lezione per far lampeggiare il pulsante corrispondente in SolidWorks. La prima volta che si fa clic su quel pulsante si visualizza il messaggio seguente: An ActiveX control on this page might be unsafe to interact with other parts of the page. Do you want to allow this interaction? Si tratta di una misura cautelativa adottata da Windows: in realtà, i controlli ActiveX dei Tutorial online non sono dannosi per il sistema. Se si fa clic su **No**, gli script di tale argomento vengono disabilitati. Fare clic su **Sì** per eseguire gli script in modo da far lampeggiare il pulsante.

Utilizzare il comando  **Apri file** o **Imposta questa opzione** per definire automaticamente l'azione conseguente.

 **Esempio video** mostra un video relativo a questa operazione.

-  **Un'occhiata approfondita a...** collega ad ulteriori informazioni relative ad un dato argomento. Benché non sia indispensabile per completare il tutorial, questo collegamento offre maggiori dettagli sull'argomento trattato.
-  **Perché ho...** collega ad altre informazioni circa una procedura e le ragioni per il metodo dato. Queste informazioni non sono necessarie per completare il tutorial.

### Stampa dei Tutorial

Per stampare i Tutorial online, attenersi alla seguente procedura:

- 1 Nella barra degli strumenti di navigazione del tutorial, fare clic sul pulsante

**Mostra** 

Si visualizza il sommario dei Tutorial online.

- 2 Fare clic con il pulsante destro del mouse sul libro raffigurante la lezione che si desidera stampare e selezionare **Stampa** nel menu di scelta rapida.

Si visualizza la finestra di dialogo **Stampa argomenti**.

- 3 Selezionare **Stampa l'intestazione selezionata e tutti gli argomenti correlati** e fare clic su **OK**.
- 4 Ripetere la procedura per ogni lezione che si desidera stampare.

## Linea di prodotti SolidWorks Simulation

Questo corso è una guida introduttiva alla simulazione lineare statica di corpi rigidi con l'uso di SolidWorks Simulation. La linea di prodotti completa consente di eseguire una più ampia varietà di analisi progettuali. La sezione seguente elenca tutti i prodotti compresi nei pacchetti e nei moduli di SolidWorks Simulation.

Gli studi statici offrono gli strumenti per l'analisi della sollecitazione lineare di parti e assiemi soggetti a carichi statici. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

La parte si potrà rompere se sottoposta a carichi di esercizio normali?

Il modello è stato sovraprogettato?

È possibile modificare il progetto per aumentarne il fattore di sicurezza?

Gli studi del carico di punta esaminano la prestazione di parti sottili sottoposte a un carico di compressione. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Le gambe del recipiente sono forti a sufficienza per non cedere, ma sono sufficientemente resistenti a non collassare in caso di perdita della stabilità?

È possibile modificare il progetto per assicurare la stabilità dei componenti sottili dell'assieme?

Gli studi della frequenza offrono gli strumenti per l'analisi dei modi e delle frequenze proprie, fattori essenziali nella progettazione di molti componenti soggetti a carichi statici e dinamici. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

La parte vibrerà se sottoposta a carichi di esercizio normali?

Le caratteristiche di frequenza dei componenti sono adatte per l'uso inteso del prodotto?

È possibile modificare il progetto per migliorarne le caratteristiche di frequenza?

Gli studi termici offrono gli strumenti per analizzare il trasferimento termico dovuto a conduzione, convezione e irraggiamento. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

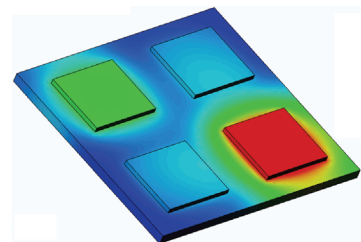
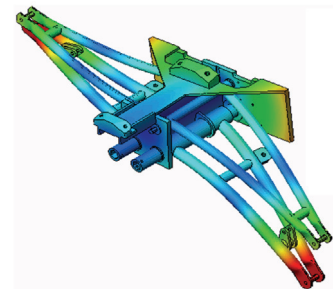
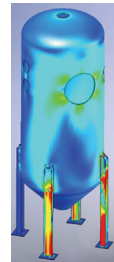
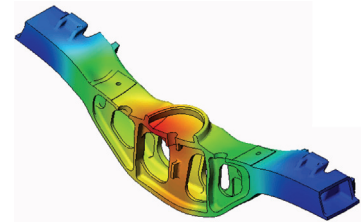
Le escursioni termiche interesseranno il modello?

Come funzionerà il modello in un ambiente soggetto a variazioni termiche?

Quanto tempo è necessario per raffreddare o surriscaldare il modello?

Una variazione della temperatura potrà provocare un'espansione del modello?

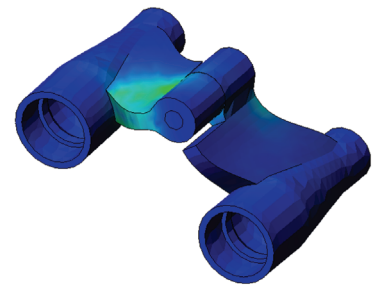
Le sollecitazioni provocate da variazioni termiche potranno determinare il cedimento del prodotto? (Per la risposta, è necessario combinare studi statici a studi termici).



I test di caduta analizzano la sollecitazione delle parti o degli assiemi in movimento nel momento dell'impatto contro un ostacolo. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Cosa accadrà se il prodotto viene maneggiato con incuria o se viene fatto cadere?

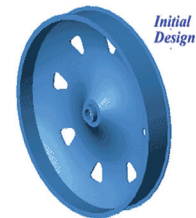
Come si comporterà il prodotto quando cade su superfici diverse, come parquet, moquette o cemento?



Gli studi di ottimizzazione consentono di migliorare (ottimizzare) un progetto iniziale sulla base di una serie di criteri scelti, ad esempio la sollecitazione massima, il peso, la frequenza ottimale, e così via. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

È possibile alterare la forma del modello senza inficiarne la finalità progettuale?

È possibile rendere il progetto più leggero, più piccolo, meno costoso senza comprometterne la resistenza o le prestazioni?



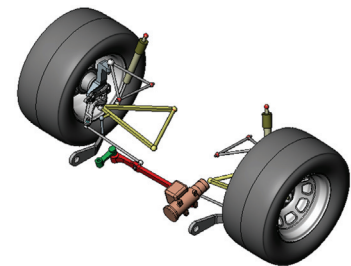
Gli studi della fatica analizzano la resistenza delle parti e degli assiemi soggetti a carichi ripetuti nel tempo. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

È possibile stimare con precisione la durata di un prodotto?

La modifica del progetto corrente può prolungarne la durata?

Il modello è sicuro se soggetto a forze fluttuanti o carichi termici nel lungo periodo?

Rettificando il modello si potrà ridurre il danno causato dalla variazione di forze o temperature?



Gli studi non lineari offrono gli strumenti per analizzare la sollecitazione di parti e assiemi soggetti a carichi pesanti e/o forti deformazioni. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

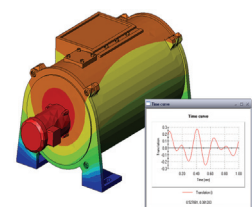
Le parti di gomma (come le guarnizioni) avranno buone prestazioni sotto il carico dato?

Il modello è sottoposto a una flessione eccessiva nelle normali condizioni operative?

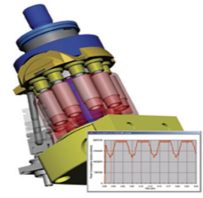


Gli studi dinamici analizzano gli oggetti soggetti a carichi variabili nel tempo. Esempi tipici sono i carichi d'urto dei componenti di un'automobile, le turbine soggette a forze oscillatorie, i componenti di un velivolo soggetti a carichi casuali, e così via. È possibile analizzare sia le deformazioni lineari (piccole deformazioni strutturali di modelli con materiali basici) sia quelle non lineari (forti deformazioni strutturali, carichi pesanti e materiali avanzati). Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Le sospensioni sono state progettate in modo sicuro e resisteranno se una ruota colpisce una buca per strada? Qual è l'entità della deformazione in questo caso?



Motion Simulation consente di analizzare il comportamento cinematico e dinamico dei meccanismi. Le forze sui giunti e le forze inerziali possono essere quindi trasferite in studi SolidWorks Simulation per l'analisi della sollecitazione. Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:



Qual è la dimensione corretta del motore o dell'attuatore nel progetto?

La progettazione di collegamenti, ingranaggi e meccanismi è ottimale?

Quali sono i valori di spostamento, velocità e accelerazione dei componenti del meccanismo?

Il meccanismo è efficiente? È possibile migliorarlo?

Il modulo Composites consente di simulare le strutture realizzate con materiali compositi laminati.

Le tipiche domande cui questo tipo di analisi può dare risposta sono le seguenti:

Il modello composito cederà sotto il carico dato?

È possibile alleggerire la struttura utilizzando materiali compositi senza comprometterne la resistenza e la sicurezza?

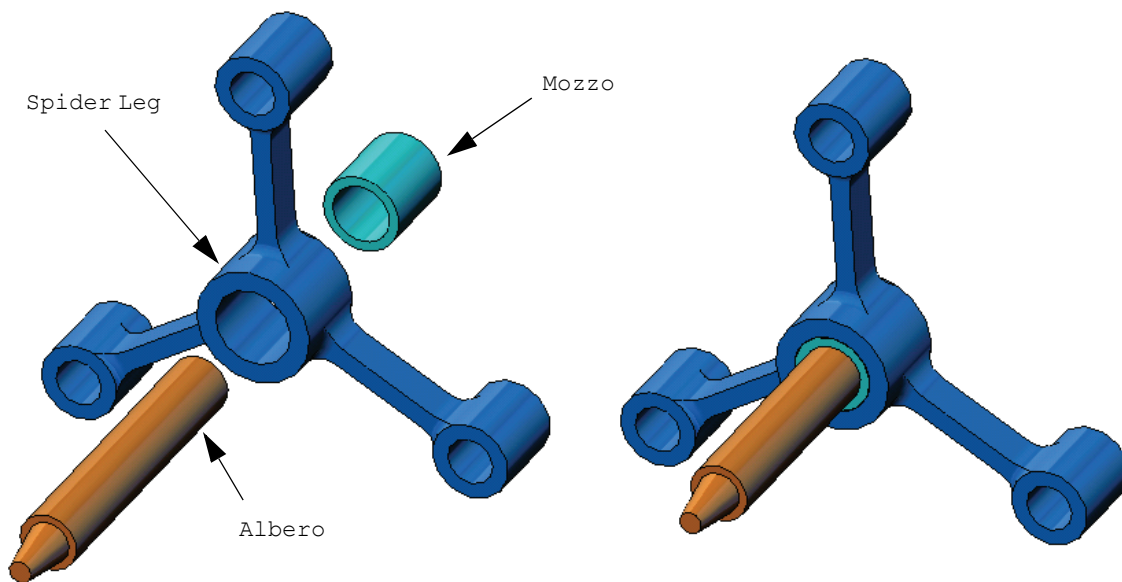
Il composito a strati potrà separarsi?



## Lezione 1 – Funzionalità di base di SolidWorks Simulation

---

Al termine di questa lezione, sarai in grado di spiegare la funzionalità di base del software SolidWorks Simulation e di eseguire l'analisi statica dell'assieme seguente.

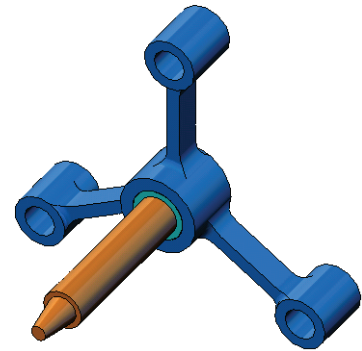




## Esercizio pratico – Esecuzione dell'analisi statica

Utilizzare SolidWorks Simulation per eseguire l'analisi statica dell'assieme *Spider*. SLDASM illustrato a destra.

Di seguito sono fornite le istruzioni dettagliate.




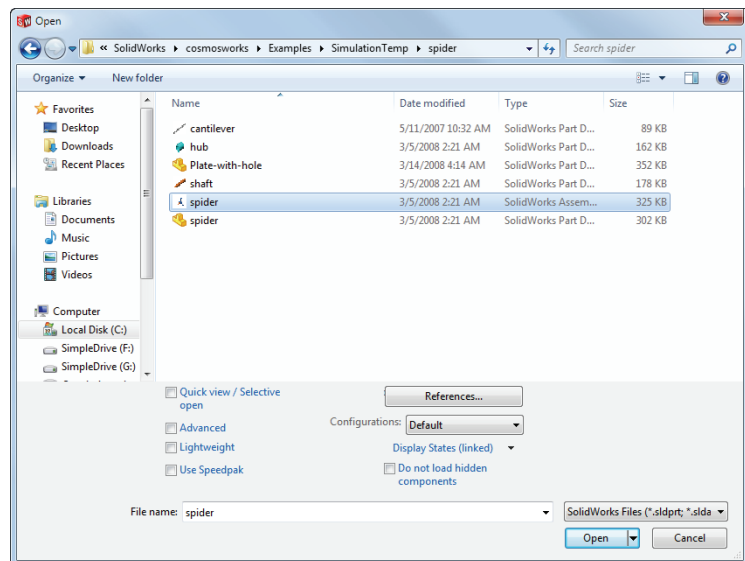
### Creazione della directory *SimulationTemp*

Si consiglia di salvare *SolidWorks Simulation Education Examples* in una directory temporanea, al fine di preservare intatta la copia originale per l'uso futuro.

- 1 Creare una directory temporanea di nome *SimulationTemp* nella cartella *Examples* della directory di installazione di *SolidWorks Simulation*.
- 2 Copiare la directory *SolidWorks Simulation Education Examples* nella cartella *SimulationTemp*.

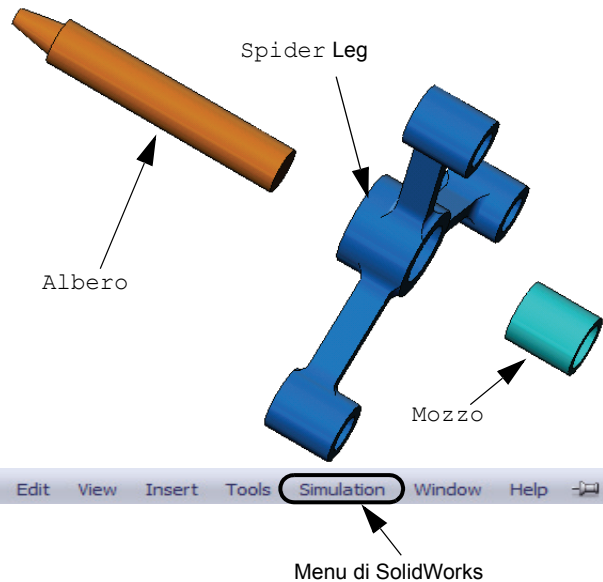
### Apertura dell'assieme *Spider*. SLDASM

- 1 Fare clic su **Apri**  nella barra degli strumenti Standard. Si visualizza la finestra di dialogo **Apri**.
- 2 Individuare la cartella *SimulationTemp* nella directory di installazione di *SolidWorks Simulation*.
- 3 Selezionare *Spider*. SLDASM.
- 4 Fare clic su **Apri**.



L'assieme spider .SLDASM si apre sullo schermo.

L'assieme spider contiene tre componenti: l'albero shaft, il mozzo hub e la gamba di spider. La figura seguente mostra i componenti nella vista esplosa.



### Controllo del menu di SolidWorks Simulation

Se SolidWorks Simulation è stato installato correttamente, il menu SolidWorks Simulation appare nella barra dei menu di SolidWorks.

Diversamente:

- 1 Selezionare **Strumenti, Aggiunte**.

Si visualizza la finestra di dialogo **Aggiunte**.

- 2 Spuntare le caselle di controllo accanto a SolidWorks Simulation. Se SolidWorks Simulation non appare in elenco, dovrà essere installato.

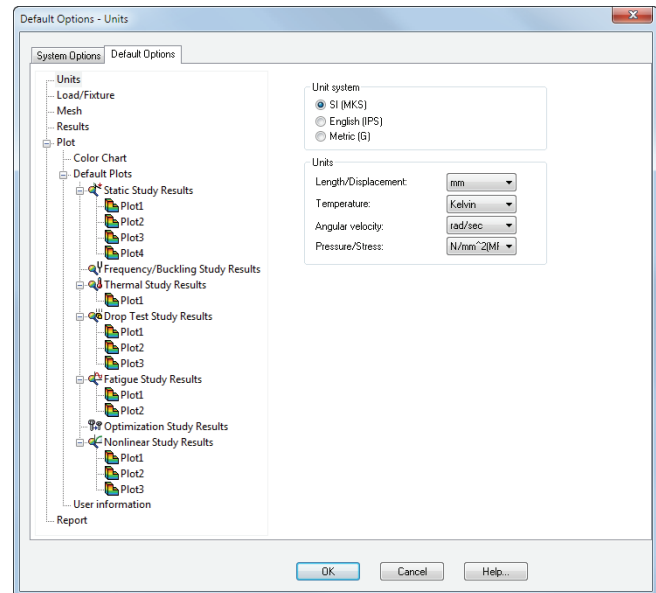
- 3 Fare clic su **OK**.

Il menu di SolidWorks Simulation appare nella barra dei menu di SolidWorks.

### Impostazione delle unità per l'analisi

Prima di iniziare la lezione, è necessario impostare le unità per l'analisi.

- 1 Nella barra dei menu di SolidWorks, selezionare **Simulation, Opzioni**.
- 2 Fare clic sulla scheda **Opzioni di default**.
- 3 Selezionare **SI (MKS)** sotto **Sistema di unità**.
- 4 Selezionare **mm** e **N/mm<sup>2</sup> (MPa)** come unità desiderate per **Lunghezza/Spostamento** e **Pressione/Sollecitazione**.
- 5 Fare clic su **OK**.



## Fase 1: Creazione di uno studio

Il primo passo per eseguire l'analisi consiste nel creare uno studio.

- 1 Fare clic su **Simulation, Studio** nel menu principale di SolidWorks in alto sullo schermo.

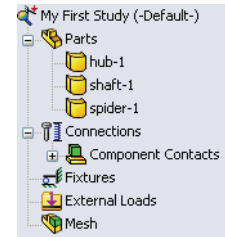
Si visualizza il PropertyManager di **Studio**.

- 2 In **Nome**, digitare My First Study.

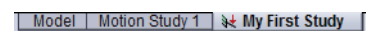
- 3 Per **Tipo**, selezionare **Statico**.

- 4 Fare clic su **OK**.

SolidWorks Simulation crea l'albero dello studio di simulazione sotto l'albero di disegno FeatureManager.



Viene creata anche una scheda in fondo alla finestra che agevola la navigazione tra i diversi studi e il modello.



## Fase 2: Assegnazione del materiale

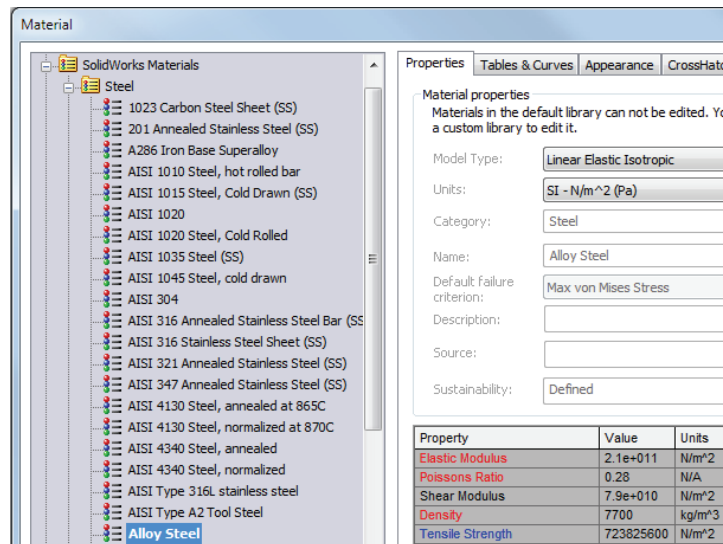
Tutti i componenti dell'assieme sono in lega di acciaio.

### Acciaio in lega per tutti i componenti

- 1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Parts** e selezionare **Applica materiale a tutti i corpi**.

Si visualizza la finestra di dialogo **Materiale**.

- 2 Procedere nel modo seguente:
  - a) Espandere **Materiali SolidWorks**.
  - b) Espandere la categoria **Acciaio**.
  - c) Selezionare **Acciaio in lega**.

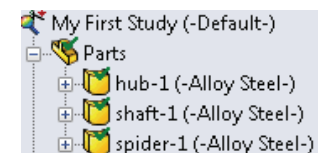


**Nota –** Le proprietà meccaniche e fisiche dell'acciaio in lega appaiono nella tabella a destra.

- 3 Fare clic su **Applica**.

- 4 Chiudere la finestra **Materiali**.

L'acciaio in lega viene assegnato a tutti i componenti e un segno di spunta appare sull'icona di ogni componente. Notare che il nome del materiale assegnato si visualizza accanto al nome del componente.



### Fase 3: Applicazione dei vincoli


Fissare ora i tre fori.

- 1 Ruotare l'assieme come illustrato nella figura avvalendosi delle **frecche direzionali**.
- 2 Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella *Fixtures* e selezionare **Geometria fissa**.

Si visualizza il PropertyManager di **Vincolo**.

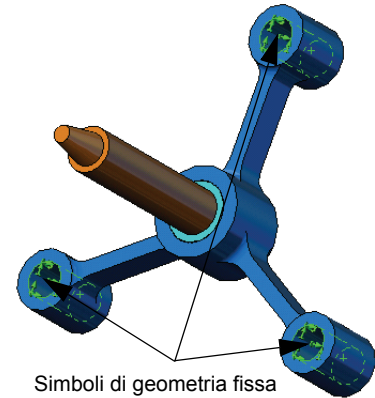
- 3 Accertarsi che **Tipo** sia impostato su **Geometria fissa**.
- 4 Nell'area grafica, fare clic sulle facce dei tre fori visualizzate nella figura.

Face<1>, Face<2> e Face<3> appaiono nella casella **Facce, Bordi, Vertici per il vincolo**.

- 5 Fare clic su .

Il vincolo Fisso viene applicato e il rispettivo simbolo appare sulle facce selezionate.


Inoltre, l'elemento *Fixture-1* appare nella cartella *Fixtures* dell'albero dello studio di simulazione. Il nome del vincolo può essere modificato a piacere.



Simboli di geometria fissa



### Fase 4: Applicazione dei carichi

Applicare una forza di 2.250 N (505,82 lbf) in direzione normale alla faccia, come illustrato nella figura.

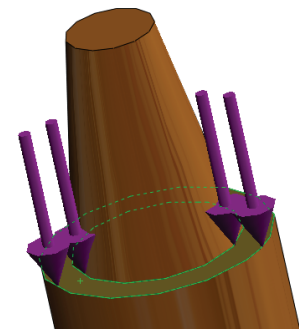
- 1 Fare clic sull'icona **Zoom area**  in alto nell'area grafica e ingrandire la parte rastremata dell'albero.
- 2 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella *External Loads* e selezionare **Forza**.

Si visualizza il PropertyManager di **Forza/Torsione**.

- 3 Nell'area grafica, selezionare la faccia illustrata nella figura. Face<1> appare nell'elenco **Facce e bordi shell per forza normale**.

- 4 Verificare che la direzione selezionata sia **Normale**.
- 5 Accertarsi che le **Unità** impostate siano **SI**.
- 6 Nella casella **Valore forza** , immettere **2.250**.
- 7 Fare clic su .

SolidWorks Simulation applica la forza alla faccia selezionata e visualizza l'elemento *Force-1* nella cartella *External Loads*.



#### Per nascondere i simboli di carico e vincolo

Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella *Fixtures* o *External Loads* e selezionare **Nascondi tutto**.

### Fase 5: Mesh dell'assieme

La mesh divide il modello in piccole parti dette elementi. SolidWorks Simulation suggerisce la dimensione di default degli elementi in base alle dimensioni geometriche del modello (in questo caso 4,564 mm), anche se questa può essere modificata secondo necessità.

- 1 Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona Mesh e selezionare **Crea mesh**.

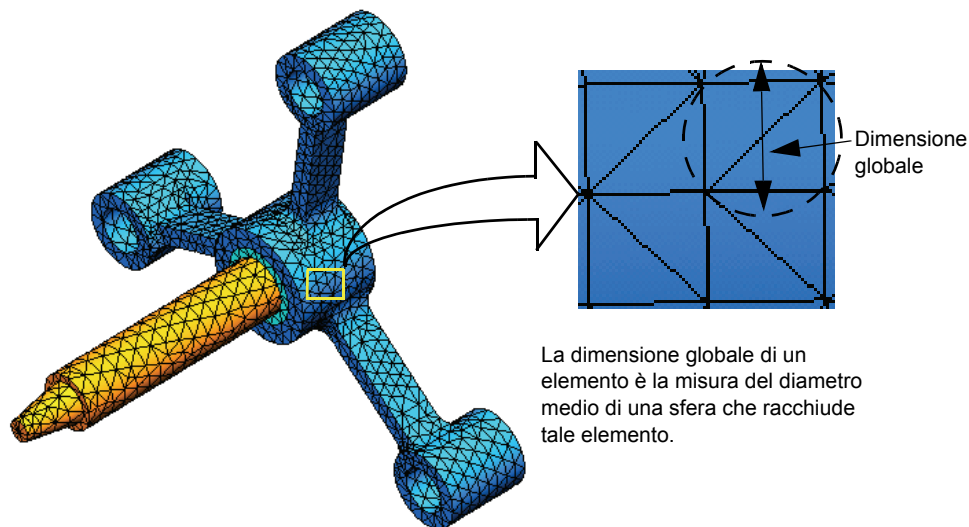
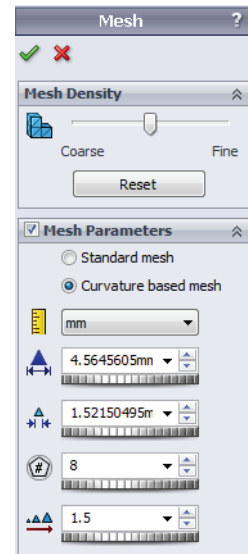
Si visualizza il PropertyManager di **Mesh**.

- 2 Espandere **Parametri mesh** selezionando la casella di controllo.

Accertarsi di aver selezionato **Mesh basata su curvatura**.

Mantenere i valori di default per **Dimensione massima elemento** , **Dimensione elemento minima** , **Numero min di elementi in un cerchio**  e **Rapporto crescita dimensione elemento**  suggeriti dal programma.

- 3 Fare clic su **OK** per creare la mesh.



La dimensione globale di un elemento è la misura del diametro medio di una sfera che racchiude tale elemento.


### Fase 6: Esecuzione dell'analisi

Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona My First Study e quindi su **Esegui** per avviare l'analisi.

Ultimata l'analisi, SolidWorks Simulation crea automaticamente i grafici dei risultati, nella cartella Results.


## Fase 7: Visualizzazione dei risultati

### Sollecitazione von Mises

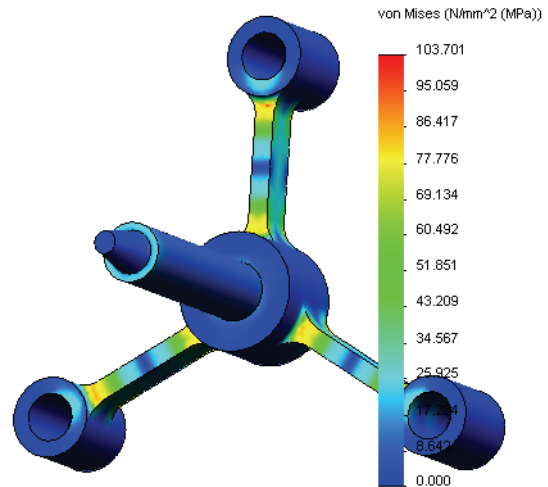
- 1 Fare clic sul segno più  accanto alla cartella **Results**.

Appaiono le icone di tutti i grafici di default.

---


**Nota** – Se non esistono grafici di default, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Results** e selezionare **Definisci grafico di sollecitazione**. Impostare le opzioni nel PropertyManager e fare clic su .

---



- 2 Fare doppio clic su **Stress1** (-von Mises-) per visualizzare il grafico della sollecitazione.

---


**Nota** – Per visualizzare l'annotazione con i valori massimo e minimo del grafico, fare doppio clic sulla legenda, selezionare **Mostra annotazione min** e **Mostra annotazione max**, Quindi fare clic su .


---


### Animazione del grafico

- 1 Fare clic con il pulsante destro del mouse su **Stress1** (-von Mises-) e quindi su **Animare**.


Si visualizza il PropertyManager di **Animazione** e l'animazione si avvia automaticamente.

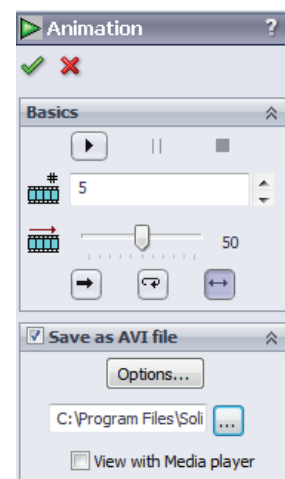
- 2 Per fermare l'animazione fare clic sul pulsante **Stop** . È necessario fermare l'animazione per salvare il file AVI sul disco rigido del computer.

- 3 Selezionare **Salva come file AVI** e fare clic su  per individuare e selezionare una posizione in cui salvare l'animazione.

- 4 Fare clic su **Esegui**  per riprendere l'animazione. L'animazione si esegue nell'area grafica.

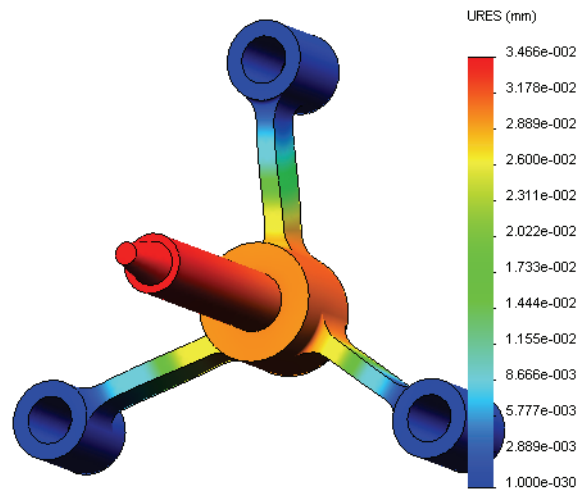
- 5 Fare clic su **Stop**  per fermare l'animazione.

- 6 Fare clic su  per chiudere il PropertyManager di **Animazione**.



## Visualizzazione degli spostamenti risultanti

- 1 Fare doppio clic sull'icona Displacement1- (-Res disp-) per visualizzare il grafico di spostamento risultante.




## Il progetto è sicuro?

La procedura **Fattore di sicurezza** è utile per dare risposta a questa domanda. Utilizzeremo questa procedura per stimare il fattore di sicurezza in ogni punto del modello. Durante la procedura, si dovrà selezionare un criterio di cedimento.

- 1 Fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella Results e selezionare **Definisci grafico del fattore di sicurezza**.

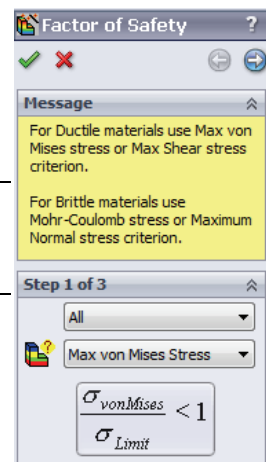
Si visualizza il PropertyManager della procedura guidata **Fattore di sicurezza Fase 1 di 3**.


- 2 Come **Criterio** , fare clic su **Massima sollecitazione von Mises**.

---


**Nota –** Sono disponibili diversi criteri tra cui scegliere. La sollecitazione von Mises viene utilizzata per valutare il cedimento dei materiali duttili.

---




- 3 Fare clic su  **Avanti**.


Si visualizza il PropertyManager della procedura guidata **Fattore di sicurezza Fase 2 di 3**.

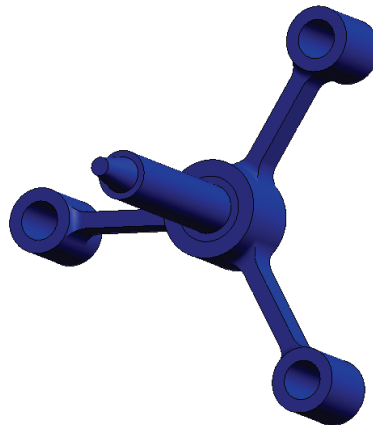
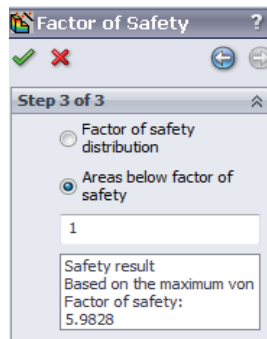
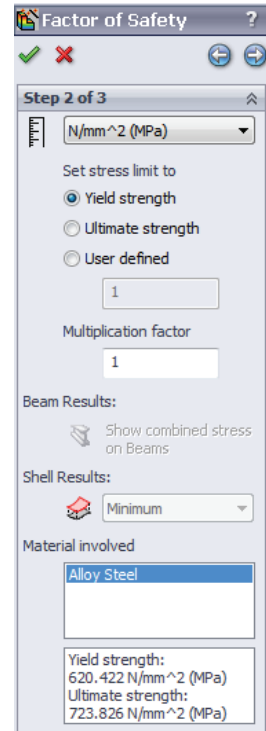
- 4 Impostare **Unità**  su **N/mm<sup>2</sup> (MPa)**.
- 5 Per **Sollecitazione limite**, selezionare **Snervamento**.

**Nota** – Quando il materiale cede, continua a deformarsi in modo plastico a una velocità maggiore. In casi estremi, può deformarsi anche se il carico non aumenta.

- 6 Fare clic su **Avanti** .

Si visualizza il PropertyManager della procedura guidata **Fattore di sicurezza Fase 3 di 3**.

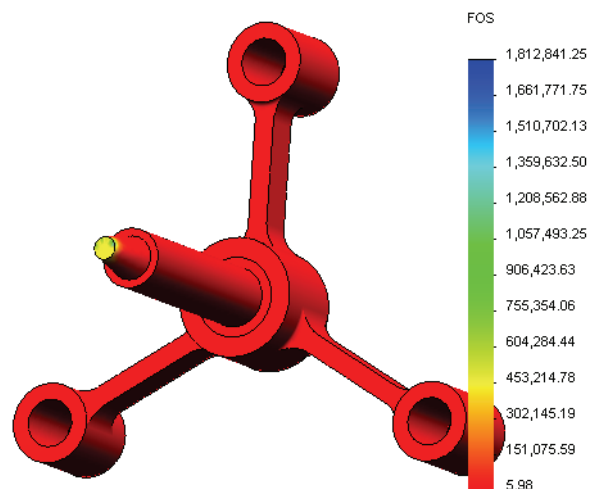
- 7 Selezionare **Aree sotto il fattore di sicurezza** e immettere **1**.
- 8 Fare clic su  per generare il grafico.



Ispezionare il modello per evidenziare le aree insicure, che appaiono in rosso. Il grafico non contiene elementi in rosso, per indicare che tutti i punti sono sicuri.

### Quanto è sicuro il progetto?

- 1 Fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Results** e selezionare **Definisci grafico del fattore di sicurezza**.  
Si visualizza il PropertyManager della procedura guidata **Fattore di sicurezza Fase 1 di 3**.
- 2 Come **Criterio**, fare clic su **Sollecitazione massima von Mises**.
- 3 Fare clic su **Avanti**.  
Si visualizza il PropertyManager della procedura guidata **Fattore di sicurezza Fase 2 di 3**.





- 4 Fare clic su **Avanti**.

Si visualizza il PropertyManager della procedura guidata **Fattore di sicurezza Fase 3 di 3**.

- 5 Come **Rappresentazione grafica dei risultati**, fare clic su **Distribuzione fattore di sicurezza**.
- 6 Fare clic su .


Il grafico generato mostra la distribuzione del fattore di sicurezza. Il fattore di sicurezza più piccolo è dato da 5,98 circa.

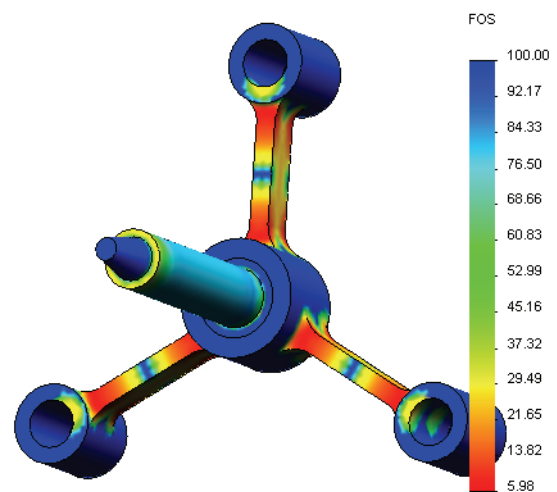
---

**Nota –** Un fattore di sicurezza di 1,0 in un punto indica che il materiale in tale punto ha appena cominciato a cedere. Un fattore di sicurezza di 2,0 significa che il progetto è sicuro in quel punto e che il materiale inizierà a cedere raddoppiando i carichi.

Dato che alcune aree del modello sono soggette a piccole sollecitazioni, il valore massimo per il fattore di sicurezza è molto alto (oltre 1.800.000). Per creare un grafico che abbia senso, cambieremo il valore massimo della legenda a 100.

---

- 7 Fare doppio clic sulla legenda, fare clic su **Definito** e digitare **100** nel campo **Max**.
- 8 Fare clic su  per visualizzare il grafico modificato.



### Salvataggio di tutti i grafici generati

- 1 Fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona *My First Study* e selezionare **Salva tutti i grafici come file JPEG**.  
Apparirà la finestra di dialogo **Naviga alla cartella**.
- 2 Cercare la directory in cui memorizzare i grafici dei risultati.
- 3 Fare clic su **OK**.

### Generazione di un rapporto per lo studio

Lo strumento **Rapporto** consente di documentare gli studi in modo rapido e sistematico. Il programma genera rapporti strutturati come documenti Word che descrivono tutti gli aspetti correlati allo studio.

- 1 Fare clic su **Simulation, Rapporto** nel menu principale di SolidWorks in alto sullo schermo.

Si visualizza la finestra di dialogo **Opzioni di rapporto**.

**Sezioni rapporto** consente di scegliere le sezioni da includere nel rapporto generato. Utilizzare le caselle di controllo accanto alle sezioni per includere o escluderle dal rapporto.


- 2 Tutte le sezioni dei rapporti sono personalizzabili. Ad esempio, selezionare la sezione **Descrizione** in **Sezioni rapporto** e immettere un testo nel campo **Proprietà di sezione**.  
Il resto delle sezioni può essere personalizzato allo stesso modo.

- 3 I nomi di **Progettista** e **Società**, il **Logo** e altre informazioni di proprietà sono inserite nella sezione **Informazioni di intestazione**.

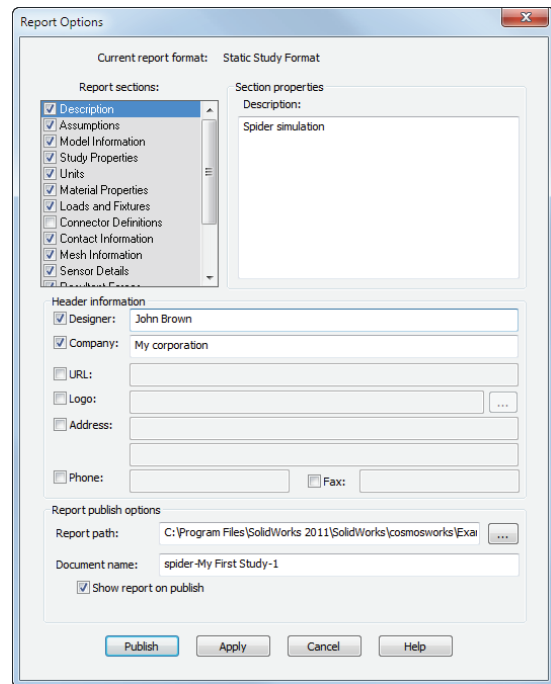
I file del logo possono essere di formato **JPEG (\*.jpg)**, **GIF (\*.gif)** o **Bitmap (\*.bmp)**.

- 4 Per **Opzioni di pubblicazione rapporto**, specificare il **Percorso del rapporto** nel quale salvare il documento Word e selezionare la casella **Mostra rapporto in pubblicazione**.
- 5 Fare clic su **Pubblica**.


Il rapporto si apre come documento Word. Per completare il rapporto è possibile modificare il documento Word a scelta.

Il programma crea inoltre l'icona  nella cartella **Report** dell'albero di SolidWorks Simulation Manager.

Per modificare una sezione del rapporto, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona del rapporto e selezionare **Modifica definizione**. Modificare la sezione e fare clic su **OK** per sostituire il rapporto esistente.



## Fase 8: Salvataggio del lavoro e uscita da SolidWorks

- 1 Fare clic su  nella barra degli strumenti **Standard** oppure selezionare **File, Salva**.
- 2 Selezionare **File, Esci** nel menu principale.

## Verifica da 5 minuti

---

1 Come si avvia una sessione con SolidWorks Simulation?

---

---

2 Cosa fare se il menu di SolidWorks Simulation non appare nella barra dei menu di SolidWorks?

---

---

3 Che tipo di documenti può analizzare SolidWorks Simulation? \_\_\_\_\_

---

---

4 Cos'è l'analisi? \_\_\_\_\_

---

---

5 Perché è importante l'analisi? \_\_\_\_\_

---

---

6 Cos'è uno studio analitico? \_\_\_\_\_

---

---

7 Quali tipi di analisi può eseguire SolidWorks Simulation?

---

---

8 Quali sono i parametri calcolati dall'analisi statica? \_\_\_\_\_

---

---

9 Cos'è la sollecitazione? \_\_\_\_\_

---

---

10 Quali sono le fasi principali per eseguire l'analisi? \_\_\_\_\_

---

---

11 Come si cambia il materiale di una parte? \_\_\_\_\_

---

---

12 La procedura guidata Verifica progetto mostra un fattore di sicurezza di 0,8 in alcuni punti. Il progetto è sicuro?

---

---

## Progetti – Flessione di una trave a causa di una forza finale

Alcuni problemi semplici hanno risposte precise. Uno di questi è una trave con un carico di forza in punta illustrata nella figura. Utilizzeremo SolidWorks Simulation per risolvere questo problema e confrontare i risultati con la soluzione esatta.

### Operazioni

- 1 Aprire la parte `Front_Cantilever.sldprt` dalla cartella `Examples` nella directory di installazione di SolidWorks Simulation.
- 2 Misurare la profondità, l'altezza e la lunghezza dello sbalzo.
- 3 Salvare la parte con un nome diverso.
- 4 Creare uno studio **statico**.
- 5 Assegnare **Acciaio in lega** alla parte. Qual è il valore del modulo elastico, in psi?

**Risposta:** \_\_\_\_\_

- 6 Fissare una delle facce finali dello sbalzo.
- 7 Applicare una forza verso il basso al bordo superiore della faccia opposta, per **500 N**.
- 8 Creare la mesh della parte ed eseguire l'analisi.
- 9 Tracciare lo spostamento nella direzione Y. Qual è lo spostamento Y massimo all'estremità libera dello sbalzo?

**Risposta:** \_\_\_\_\_

- 10 Calcolare lo spostamento verticale teorica dell'estremità libera mediante la seguente equazione:

$$UY_{Theory} = \frac{4FL^3}{Ewh^3}$$

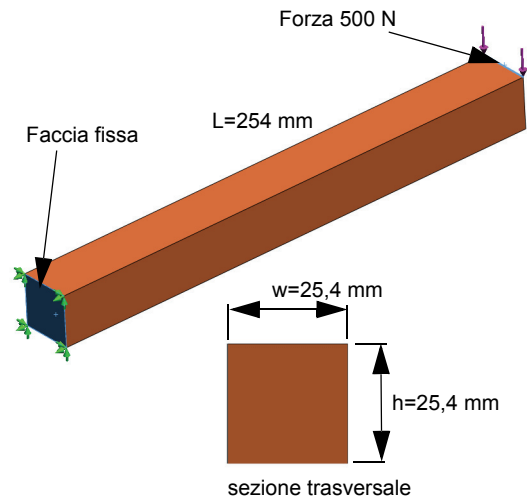
dove  $F$  è la forza,  $L$  è la lunghezza della trave,  $E$  è il modulo elastico,  $w$  e  $h$  sono rispettivamente la larghezza e l'altezza della trave.

**Risposta:** \_\_\_\_\_

- 11 Calcolare l'errore di spostamento verticale utilizzando la formula seguente:

$$ErrorPercentage = \left( \frac{UY_{Theory} - UY_{COSMOS}}{UY_{Theory}} \right) 100$$

**Risposta:** \_\_\_\_\_



## Lezione 1 - Scheda terminologica

---

Nome \_\_\_\_\_ Classe: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

*completare gli spazi bianchi con le parole mancanti.*

- 1 Sequenza di creazione di un modello in SolidWorks, produzione di un prototipo e collaudo: \_\_\_\_\_
- 2 Scenario *condizionale* con tipo di analisi, materiali, carichi e vincoli: \_\_\_\_\_
- 3 Metodo utilizzato da SolidWorks Simulation per eseguire l'analisi: \_\_\_\_\_
- 4 Tipo di studio che calcola spostamenti, deformazione e sollecitazioni: \_\_\_\_\_
- 5 Processo di suddivisione del modello in elementi più piccoli: \_\_\_\_\_
- 6 Piccoli pezzi di forma semplice creati durante la mesh: \_\_\_\_\_
- 7 Gli elementi condividono punti in comune detti: \_\_\_\_\_
- 8 Forza che agisce su un'area, diviso l'area: \_\_\_\_\_
- 9 Collasso improvviso di un modello a causa di carichi di compressione assiale: \_\_\_\_\_
- 10 Studio che calcola il calore di un modello: \_\_\_\_\_
- 11 Parametro che descrive in modo generale lo stato della sollecitazione: \_\_\_\_\_
- 12 Sollecitazioni normali sui piani ove svaniscono le sollecitazioni di taglio: \_\_\_\_\_
- 13 Frequenze che provocano la vibrazione di un corpo: \_\_\_\_\_
- 14 Tipo di analisi utile per evitare la risonanza: \_\_\_\_\_

## Lezione 1 - Quiz

---

Nome: \_\_\_\_\_ Classe: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

*Istruzioni: rispondere a tutte le domande per iscritto, utilizzando lo spazio fornito per la risposta.*

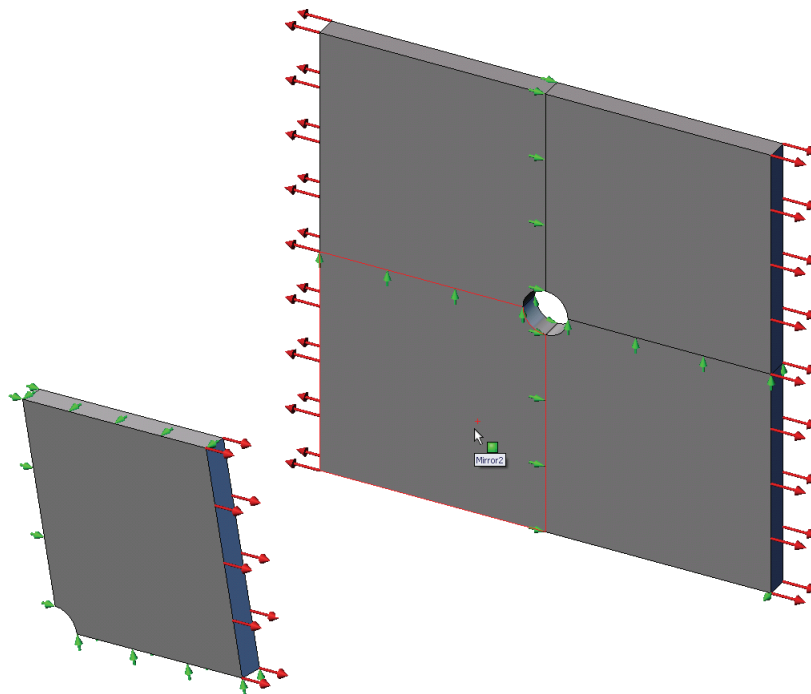
- 1 Per verificare un progetto si crea uno studio. Che cos'è uno studio? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 Quali tipi di analisi può eseguire SolidWorks Simulation? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 Dopo aver ottenuto i risultati di uno studio, si cambia materiale, carichi e/o vincoli. È necessario ricreare la mesh? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 Dopo la mesh, si cambia la geometria. È necessario ricreare la mesh? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 Come si crea uno studio statico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 Cos'è la mesh? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7 Per un assieme, quante icone si prevede di vedere nella cartella Solids? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## Lezione 2 – Metodi adattivi in SolidWorks Simulation

---

Al termine di questa lezione, sarai in grado di (a) utilizzare i metodi adattivi per migliorare la precisione dei risultati e (b) applicare vincoli di simmetria per analizzare un quarto del modello originale.



Si dovrà calcolare la sollecitazione di una piastra quadrata di 500 x 500 x 25 mm (19,68 x 19,68 x 0,98 in) avente un foro di raggio 25 mm (0,98 in) al centro. La piastra è soggetta a una pressione di trazione di 1 MPa (145,04 psi).

Si confronterà la concentrazione della sollecitazione sul foro con i risultati teorici noti.



## Esercizio pratico — Parte 1

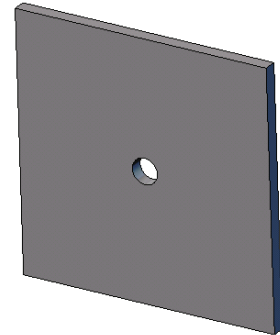
---

Utilizzare SolidWorks Simulation per eseguire l'analisi statica della parte `Plate-with-hole.SLDPRT` illustrata a destra.

Si dovrà calcolare la sollecitazione di una piastra quadrata di 500 x 500 x 25 mm (19,68 x 19,68 x 0,98 in) avente un foro di raggio 25 mm (0,98 in) al centro. La piastra è soggetta a una pressione di trazione di 1 MPa (145,04 psi).

Si confronterà la concentrazione della sollecitazione sul foro con i risultati teorici noti.

Di seguito sono fornite le istruzioni dettagliate.




### Creazione della directory `SimulationTemp`

Si consiglia di salvare `SolidWorks Simulation Education Examples` in una directory temporanea, al fine di preservare intatta la copia originale per l'uso futuro.

- 1 Creare una directory temporanea di nome `SimulationTemp` nella cartella `Examples` della directory di installazione di `SolidWorks Simulation`.
- 2 Copiare la directory `SolidWorks Simulation Education Examples` nella cartella `SimulationTemp`.


### Apertura della parte `Plate-with-hole.SLDPRT`

- 1 Fare clic su **Apri**  nella barra degli strumenti Standard. Si visualizza la finestra di dialogo **Apri**.
- 2 Individuare la cartella `SimulationTemp` nella directory di installazione di `SolidWorks Simulation`.
- 3 Selezionare la parte `Plate-with-hole.SLDPRT`.
- 4 Fare clic su **Apri**.

La parte `Plate-with-hole.SLDPRT` si visualizza sullo schermo.

Si noti che la parte ha due configurazioni: (a) `Quarter plate` e (b) `Whole plate`. Verificare di aver attivato la configurazione `Whole plate`.

---

**Nota** – Le configurazioni della parte sono elencate nella scheda `ConfigurationManager`  nella parte superiore del riquadro di sinistra.

---

## Controllo del menu di SolidWorks Simulation

Se SolidWorks Simulation è stato installato correttamente, il menu SolidWorks Simulation appare nella barra dei menu di SolidWorks.




Diversamente:

- 1 Selezionare **Strumenti, Aggiunte**.  
Si visualizza la finestra di dialogo **Aggiunte**.
- 2 Spuntare le caselle di controllo accanto a SolidWorks Simulation.  
Se SolidWorks Simulation non appare in elenco, dovrà essere installato.
- 3 Fare clic su **OK**.  
Il menu di SolidWorks Simulation appare nella barra dei menu di SolidWorks.


## Impostazione delle unità per l'analisi

Prima di iniziare la lezione, è necessario impostare le unità per l'analisi.

- 1 Fare clic su **Simulation, Opzioni**.
- 2 Fare clic sulla scheda **Opzioni di default**.
- 3 Selezionare **SI (MKS)** come **Sistema di unità** e **mm** e **N/mm<sup>2</sup> (MPa)** rispettivamente come unità per lunghezza e sollecitazione.
- 4 Fare clic su .

## Fase 1: Creazione di uno studio

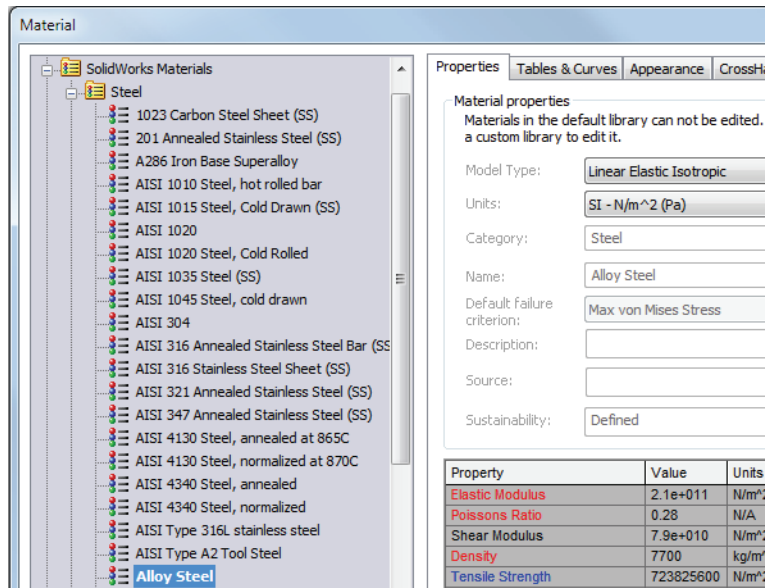
Il primo passo per eseguire l'analisi consiste nel creare uno studio.

- 1 Fare clic su **Simulation, Studio** nel menu principale di SolidWorks in alto sullo schermo.  
Si visualizza il PropertyManager di **Studio**.
  - 2 Per **Nome**, digitare `Whole plate`.
  - 3 Per **Tipo**, selezionare **Statico**.
  - 4 Fare clic su .
- SolidWorks Simulation crea l'albero dello studio di simulazione sotto l'albero di disegno FeatureManager.

## Fase 2: Assegnazione del materiale

### Acciaio in lega

- 1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella `Plate-with-hole` e selezionare **Applica materiale a tutti i corpi**. Si visualizza la finestra di dialogo **Materiale**.
- 2 Procedere nel modo seguente:
  - a) Espandere **Materiali SolidWorks**.
  - b) Espandere la categoria **Acciaio**.
  - c) Selezionare **Acciaio in lega**.



**Nota** – Le proprietà meccaniche e fisiche dell'acciaio in lega appaiono nella tabella a destra.

- 3 Fare clic su **OK**.

## Fase 3: Applicazione dei vincoli

I vincoli si applicano per impedire rotazione fuori del piano e il moto libero dei corpi.

- 1 Premere la barra spaziatrice e selezionare **\*Trimetrico** nel menu **Orientamento**.

Il modello si porta nell'orientamento illustrato nella figura.

- 2 Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella `Fixtures` e selezionare **Vincoli avanzati**.

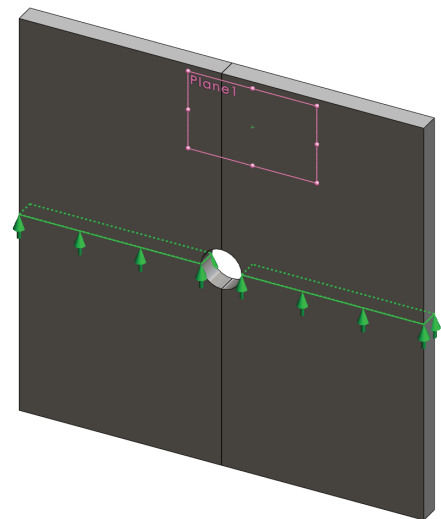
Si visualizza il PropertyManager di **Vincolo**.


- 3 Accertarsi che **Tipo** sia impostato su **Usa geometria di riferimento**.


- 4 Nell'area grafica, selezionare gli otto bordi illustrati nella figura.

Edge<1> ~ Edge<8> appaiono nella casella **Facce, Bordi, Vertici per il vincolo**.


- 5 Fare clic nella casella **Faccia, Bordo, Piano, Asse per direzione**, quindi selezionare `Plane1` nell'albero di disegno `FeatureManager` mobile.




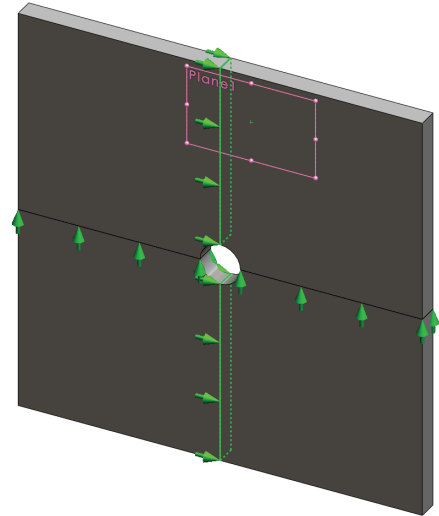
6 Sotto **Traslazioni**, selezionare **Lungo il piano dir 2** .

7 Fare clic su .

I vincoli vengono applicati e i rispettivi simboli appaiono sui bordi selezionati.

Inoltre, l'icona di vincolo  (Reference Geometry-1) appare nella cartella Fixtures.

In modo analogo, ripetere i passaggi da 2 a 7 per applicare i vincoli al gruppo verticale di bordi illustrati per vincolare gli otto bordi **Lungo il piano dir 1**  di Plane1.



Per impedire lo spostamento del modello nella direzione Z globale, è necessario anzitutto definire un vincolo sul vertice illustrato nella figura.

1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Fixtures** e selezionare **Vincoli avanzati**.

Si visualizza il PropertyManager di **Vincolo**.

2 Accertarsi che **Tipo** sia impostato su **Usa geometria di riferimento**.

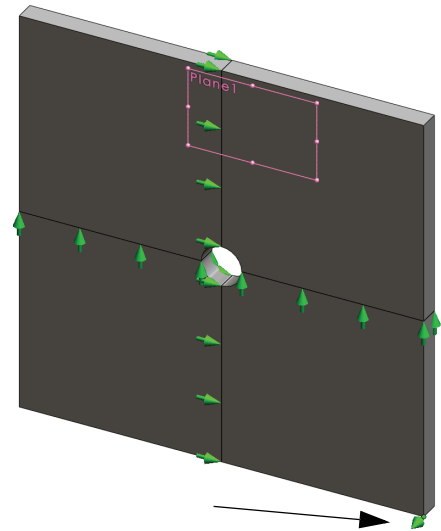
3 Nell'area grafica, fare clic sul vertice illustrato nella figura.

Vertex<1> appare nella casella **Facce, Bordi, Vertici per il vincolo**.

4 Fare clic nella casella **Faccia, Bordo, Piano, Asse per direzione**, quindi selezionare Plane1 nell'albero di disegno FeatureManager mobile.

5 Sotto **Traslazioni**, selezionare **Normale al piano** .

6 Fare clic su .



#### Fase 4: Applicazione di un carico di pressione

Applicare una pressione di 1 MPa (145,04 psi) in direzione normale alle facce mostrate nella figura.

- 1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **External Loads** e selezionare **Pressione**.

Si visualizza il PropertyManager di **Pressione**.

- 2 In **Tipo**, fare clic su **Normale alla faccia selezionata**.


- 3 Nell'area grafica, selezionare le quattro facce mostrate nella figura.


Face<1> ~ Face<4> appaiono nell'elenco **Facce di pressione**.

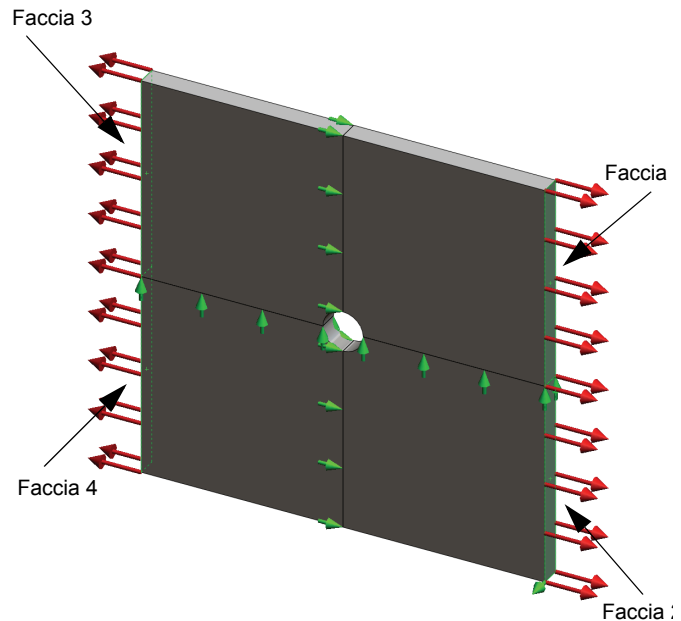
- 4 Accertarsi che le **Unità** siano impostate su **N/mm<sup>2</sup> (MPa)**.

- 5 Nella casella **Valore di pressione**  digitare **1**.

- 6 Attivare la casella **Direzione contraria**.

- 7 Fare clic su .

SolidWorks Simulation applica la pressione normale alle facce selezionate e visualizza l'icona **Pressure-1**  nella cartella **External Loads**.



#### Per nascondere i simboli di carico e vincolo

Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Fixtures** o **External Loads** e selezionare **Nascondi tutto**.

#### Fase 5: Mesh del modello ed esecuzione dello studio





La mesh divide il modello in piccole parti dette elementi. SolidWorks Simulation suggerisce la dimensione di default degli elementi in base alle dimensioni geometriche del modello, anche se questa può essere modificata secondo necessità.

- 1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona **Mesh** e selezionare **Crea mesh**.

Si visualizza il PropertyManager di **Mesh**.

- 2 Espandere **Parametri mesh** selezionando la casella di controllo.

Accertarsi di aver selezionato **Mesh basata su curvatura**.

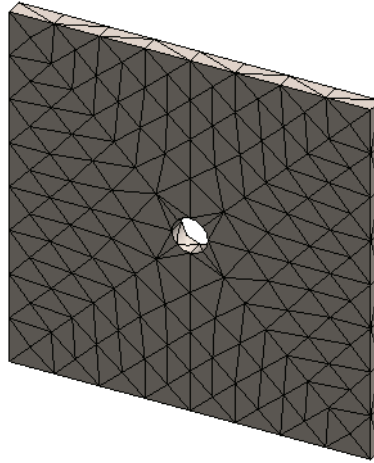
- 3 Digitare **50 mm** come **Dimensione massima elemento**  e accettare i valori di default per gli altri parametri (**Dimensione elemento minima** , **Numero min di elementi in un cerchio**  e **Rapporto crescita dimensione elemento** .

- 4 Selezionare **Esegui (risolvi) analisi** in **Opzioni** e fare clic su .

---


**Nota** – Per visualizzare il grafico della mesh, fare clic con il pulsante destro del mouse su **Mesh** e selezionare **Mostra mesh**.

---




## Fase 6: Visualizzazione dei risultati

### Sollecitazione normale nella direzione X globale

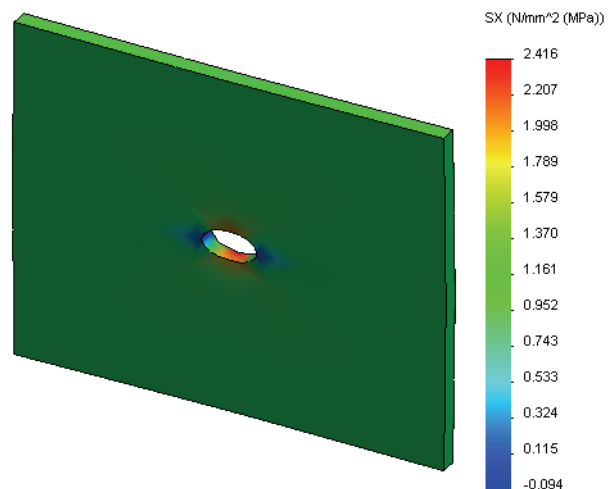
- 1 Fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Risultati**  e selezionare **Definisci grafico di sollecitazione**.

Si visualizza il PropertyManager di **Grafico di sollecitazione**.

- 2 In **Visualizzazione**:
- Selezionare **SX: sollecitazione normale X** per **Componente**.
  - Selezionare **N/mm<sup>2</sup>** in **Unità**.
- 3 Fare clic su .

Si visualizza il grafico della sollecitazione normale nella direzione X.

Osservare la concentrazione delle sollecitazioni nell'area circostante il foro.



### Fase 7: Verifica dei risultati

La massima sollecitazione normale  $\sigma_{\max}$  di una piastra con sezione trasversale rettangolare e un foro circolare al centro è data da:

$$\sigma_{\max} = k \cdot \left( \frac{P}{t(D-2r)} \right) \qquad k = 3.0 - 3.13 \left( \frac{2r}{D} \right) + 3.66 \left( \frac{2r}{D} \right)^2 - 1.53 \left( \frac{2r}{D} \right)^3$$

dove:

D = larghezza della piastra = 500 mm (19,69 in)

r = raggio del foro = 25 mm (0,98 in)

t = spessore della piastra = 25 mm (0,98 in)

P = forza assiale di trazione = pressione \* (D \* t)

Il valore analitico per la massima sollecitazione normale è  $\sigma_{\max} = 3,0245$  MPa (438,67 psi).

Il risultato offerto da SolidWorks Simulation, senza l'uso di alcun metodo adattivo, è SX = 2,416 MPa (350,41 psi).

Questo risultato devia dalla soluzione teorica del 20,1% circa. Vedremo in seguito che questa deviazione significativa può essere attribuita alla grossezza di trama della mesh.


## Esercizio pratico — Parte 2

Nella seconda parte dell'esercizio, verrà modellato un quarto della piastra con l'aiuto dei vincoli di simmetria.

**Nota –** I vincoli di simmetria possono essere utilizzati per analizzare una porzione limitata dell'intero modello ed è un approccio molto economico soprattutto se il modello ha grandi dimensioni.

Le condizioni di simmetria richiedono che la geometria, i carichi, le proprietà del materiale e i vincoli siano uguali attraverso il piano di simmetria.

### Fase 1: Attivazione di una nuova configurazione

1 Fare clic sulla scheda ConfigurationManager .

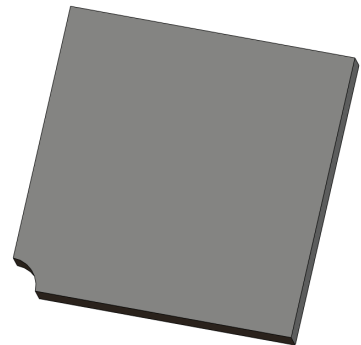
2 Nell'albero **ConfigurationManager** fare doppio clic sull'icona Quarter plate.

Si attiva la configurazione Quarter plate.

Nell'area grafica si visualizza il modello del quarto di piastra.



**Nota –** Per accedere a uno studio associato a una configurazione non attiva, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla sua icona e selezionare **Attivare configurazione SW**.



### Fase 2: Creazione di uno studio


Il nuovo studio creato si basa sulla configurazione attiva Quarter plate.

1 Fare clic su **Simulation, Studio** nel menu principale di SolidWorks in alto sullo schermo.

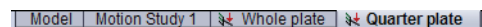
Si visualizza il PropertyManager di **Studio**.

2 Per **Nome**, digitare Quarter plate.

3 Per **Tipo**, selezionare **Statico**.

4 Fare clic su .

SolidWorks Simulation crea un albero rappresentativo dello studio in una cartella in fondo allo schermo.



### Fase 3: Assegnazione del materiale

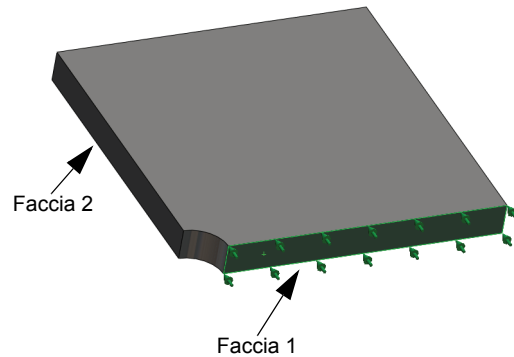
Attenersi alla procedura descritta alla fase 2 della Parte 1 per assegnare il materiale **Acciaio in lega**.



#### Fase 4: Applicazione dei vincoli

Applicare i vincoli alle facce di simmetria.


- 1 Ruotare il modello come illustrato nella figura avvalendosi delle **freccette direzionali**.
- 2 Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Fixtures** e selezionare **Vincoli avanzati**.



Si visualizza il PropertyManager di **Vincoli**.

- 3 Impostare **Tipo** su **Simmetria**.
- 4 Nell'area grafica, fare clic su Face 1 e Face 2 visualizzate nella figura.

Face<1> e Face<2> appaiono nella casella **Facce planari per il vincolo**.

- 5 Fare clic su .

Quindi, vincolare il bordo superiore della piastra per impedirne lo spostamento nella direzione Z globale.

#### Per vincolare il bordo superiore:

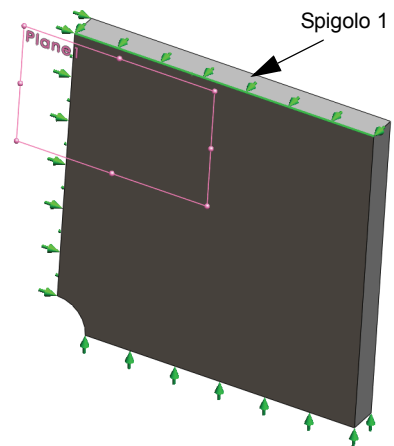
- 1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Fixtures** e selezionare **Vincoli avanzati**.


Impostare **Tipo** su **Usa geometria di riferimento**.


- 2 Nell'area grafica, fare clic sul bordo superiore della piastra, come illustrato nella figura.

Edge<1> appare nella casella **Facce, Bordi, Vertici per il vincolo**.

- 3 Fare clic nella casella **Faccia, Bordo, Piano, Asse per direzione**, quindi selezionare Plane1 nell'albero di disegno FeatureManager mobile.



- 4 Sotto **Traslazioni**, selezionare **Normale al piano** . Accertarsi che gli altri due componenti siano disattivati.

- 5 Fare clic su .

Dopo aver applicato tutti i vincoli appaiono i nuovi elementi (Symmetry-1) e (Reference Geometry-1) nella cartella **Fixtures**.




### Fase 5: Applicazione del carico di pressione


Applicare una pressione di 1 MPa (145,04 psi) come illustra la figura seguente:

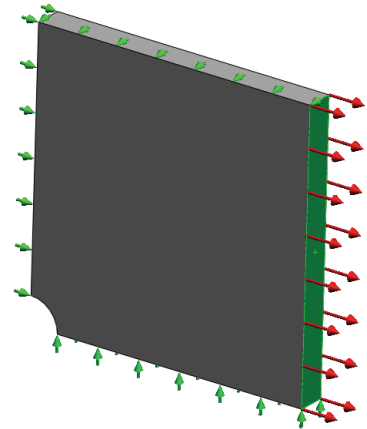
- 1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse su **External Loads** e selezionare **Pressione**.

Si visualizza il PropertyManager di **Pressione**.

- 2 In **Tipo**, fare clic su **Normale alla faccia selezionata**.
- 3 Nell'area grafica, selezionare la faccia illustrata nella figura.

- 1 Face<1> appare nell'elenco **Facce di pressione**.
- 2 Impostare **Unità**  su **N/mm<sup>2</sup> (MPa)**.
- 3 Nella casella **Valore di pressione**  digitare **1**.
- 4 Attivare la casella **Direzione contraria**.
- 5 Fare clic su .

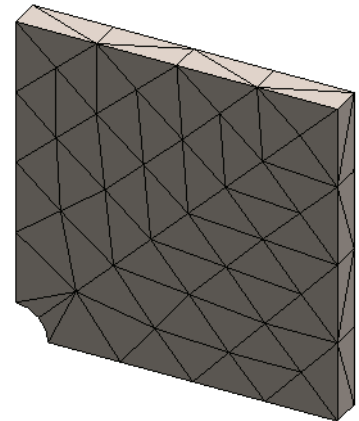
SolidWorks Simulation applica la pressione normale alla faccia selezionata e visualizza l'icona **Pressure-1**  nella cartella **External Loads**.




### Fase 6: Mesh del modello ed esecuzione dell'analisi


Applicare alla mesh le stesse impostazioni della procedura descritta alla fase 5 della Parte 1 di pagina 2-7. Quindi **eseguire** l'analisi.

Il grafico della mesh risultante ha l'aspetto illustrato nella figura.

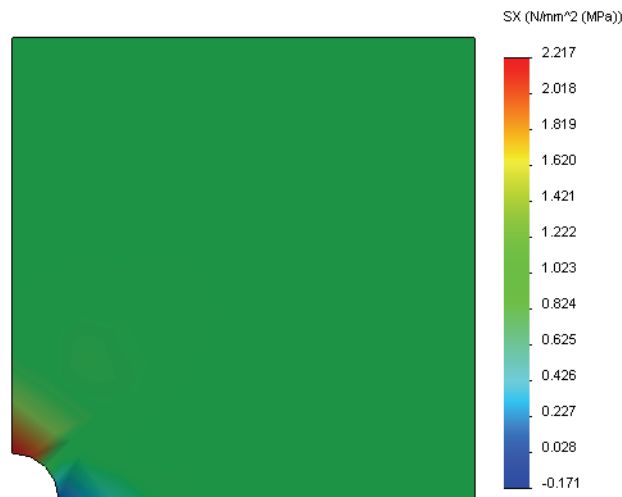


### Fase 7: Visualizzazione delle sollecitazioni normali nella direzione X globale

- 1 Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Results**  e selezionare **Definisci grafico di sollecitazione**.
- 2 Nel PropertyManager di **Grafico di sollecitazione**, in **Visualizzazione**:
  - a) Selezionare **SX = Sollecitazione normale X**.
  - b) Selezionare **N/mm<sup>2</sup> (MPa)** in **Unità**.
- 3 In **Sagoma deformata**, fare clic su **Scala true**.
- 4 In **Proprietà**:
  - a) Selezionare **Associa grafico con orientamento di vista con nome**.
  - b) Selezionare **\*Frontale** dal menu.

- 5 Fare clic su .

Si visualizza la sollecitazione normale nella direzione X, sulla forma deformata reale della piastra.



### Fase 8: Verifica dei risultati

Per il quarto del modello, la massima sollecitazione normale SX è 2,217 MPa (321,55 psi). Questo risultato è in linea con i risultati dell'intera piastra.

Questo risultato devia dalla soluzione teorica del 36% circa. Come già detto al termine della Parte 1 di questa lezione, si vedrà più avanti che la deviazione può essere attribuita alla grossezza di trama della mesh calcolata. È possibile aumentare la precisione specificando manualmente elementi più piccoli oppure utilizzando un metodo adattivo automatico.

Nella Parte 3 vedremo come migliorare la precisione con il metodo Adattivo-h.

## Esercizio pratico — Parte 3

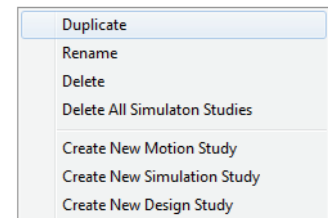
Nella terza parte dell'esercizio verrà applicato il metodo adattivo per risolvere lo stesso problema presentato dalla configurazione `Quarter plate`.

Per dimostrare la potenza del metodo h-adattivo, creare anzitutto la mesh del modello con elementi di grandi dimensioni, quindi osservare come il metodo h-adattivo cambia la dimensione della mesh per aumentare la precisione dei risultati.

### Fase 1: Definizione di un nuovo studio

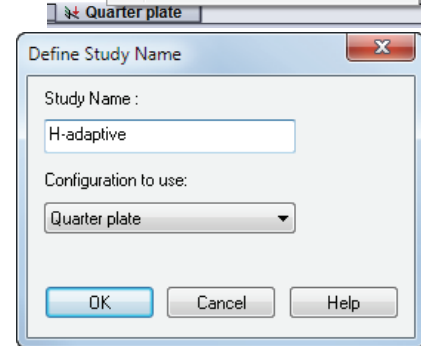
Creare un nuovo studio duplicando uno degli studi precedenti.

- 1 Fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona `Quarter plate` in fondo allo schermo e selezionare **Duplica**.



Si visualizza la finestra di dialogo **Definisci nome studio**.

- 2 Nella casella **Nome dello studio**, immettere `H-adaptive`.
- 3 Per **Configurazione da usare** selezionare **Quarter plate**.
- 4 Fare clic su **OK**.



### Fase 2: Impostazione dei parametri h-adattivi

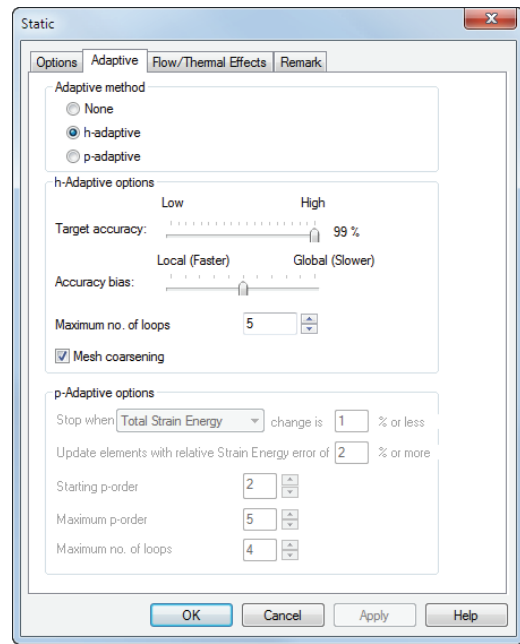
- 1 Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse su `H-adaptive` e selezionare **Proprietà**.
- 2 Nella finestra di dialogo, nella scheda **Opzioni**, selezionare **FFEPlus** come **Solutore**.
- 3 Nella scheda **Adattivo**, per **Metodo adattivo**, selezionare **Adattivo-h**.

- 4 In **Opzioni h-adattive**:
  - a) spostare la tacca **Precisione desiderata a 99%**.
  - b) Impostare **Numero massimo di loop su 5**.
  - c) Selezionare **Creazione in trama grossa della mesh**.
- 5 Fare clic su **OK**.

---

**Nota –** La duplicazione di uno studio copia tutte le cartelle dello studio originale nel nuovo studio. Fintantoché le proprietà del nuovo studio non cambiano, non è necessario ridefinire le proprietà del materiale, i carichi, i vincoli, ecc.

---







**Fase 3: Ricreazione della mesh del modello ed esecuzione dello studio**

- 1 Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella **Mesh** e selezionare **Crea mesh**.


Un messaggio avvisa che la ricreazione della mesh eliminerà i risultati esistenti dello studio.

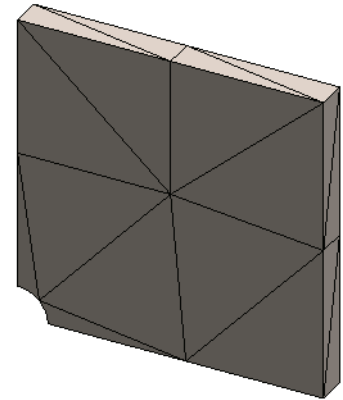
- 2 Fare clic su **OK**.

Si visualizza il PropertyManager di **Mesh**.

- 3 Digitare **125 mm** (4,92 in) come **Dimensione massima elemento**  e accettare i valori di default per gli altri parametri (**Dimensione elemento minima** , **Numero min di elementi in un cerchio**  e **Rapporto crescita dimensione elemento** ).

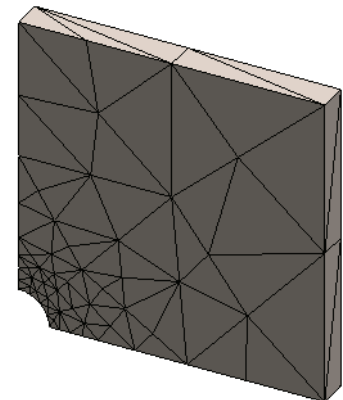
Questo valore per la dimensione globale degli elementi serve per dimostrare come viene affinata la mesh dal metodo h-adattivo per migliorare la precisione dei risultati.


- 4 Fare clic su . L'immagine precedente mostra la mesh iniziale (grossolana).
- 5 Fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona **H-adaptive** e selezionare **Esegui**.

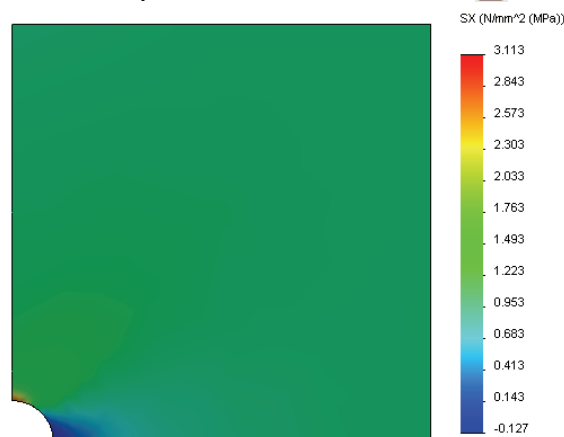
**Fase 4: Visualizzazione dei risultati**

Con l'applicazione del metodo h-adattivo, la dimensione originale della mesh si è ridotta. Osservare la transizione della mesh da grossolana (limiti della piastra) a fine nel punto del foro centrale.

Per visualizzare la mesh convertita, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona **Mesh** e selezionare **Mostra mesh**.

**Sollecitazione normale nella direzione X globale**

Nell'albero di SolidWorks Simulation Manager, fare doppio clic sul grafico **Sollecitazione2 (normale X)** della cartella **Results** .



Il valore analitico per la massima sollecitazione normale è  $\sigma_{\max} = 3,113 \text{ MPa}$  (451,5) psi.



Il risultato di SolidWorks Simulation con l'applicazione del metodo adattivo è  $SX = 3,113 \text{ MPa}$ , più vicino alla soluzione analitica (errore approssimativo: 2,9%).

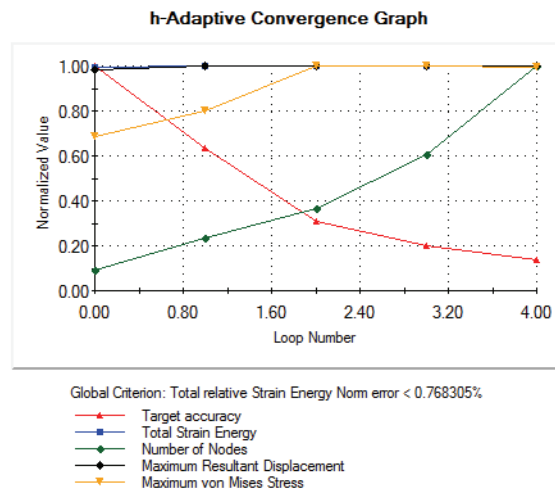
---

**Nota –** La precisione desiderata, impostata nelle proprietà dello studio (99% in questo caso) non significa che le sollecitazioni risultanti devono rientrare in un errore massimo dell'1%. Nell'analisi agli elementi finiti sono utilizzate altre misure oltre alle sollecitazioni per valutare la precisione di una soluzione. Si può tuttavia concludere che quanto più l'algoritmo adattivo affina la mesh, più la soluzione di sollecitazione si fa precisa.

---

### Fase 9: Visualizzazione dei grafici di convergenza

- 1 Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella Results  e selezionare **Definisci grafico convergenza adattiva**.
- 2 Nel PropertyManager, selezionare tutte le caselle di controllo e quindi fare clic su . Si visualizza il grafico di convergenza di tutte le quantità selezionate.




---

**Nota –** Per aumentare ulteriormente la precisione della soluzione, è possibile continuare a rieseguire lo studio con iterazioni successive del metodo Adattivo-h. Ogni nuova iterazione dello studio utilizza la mesh finale dell'iterazione precedente come mesh iniziale. Per provare, **eseguire** nuovamente lo studio H-adaptive.

---

## Verifica da 5 minuti

---


- 1 Se si modificano materiale, carichi o vincoli, i risultati diventano nulli mentre la mesh rimane valida. Perché? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 Modificando la dimensione degli elementi si rende nulla la mesh corrente? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 Come si attiva una configurazione? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 Cos'è il moto del corpo rigido? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 Cos'è il metodo h-adattivo e quando viene usato? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 Qual è il vantaggio offerto dal metodo h-adattivo per migliorare la precisione rispetto all'uso dei controlli di mesh? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7 Il numero degli elementi cambia nelle iterazioni con il metodo p-adattivo?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

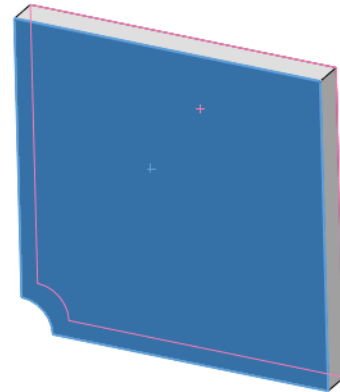


## Progetti – Modellazione di un quarto della piastra con una mesh shell

Utilizzare la mesh shell per risolvere il modello del quarto di piastra. Verranno applicati i controlli mesh per migliorare la precisione dei risultati.

### Operazioni


- 1 Fare clic su **Inserisci, Superficie, Superficie intermedia** nel menu principale di SolidWorks in alto sullo schermo.
- 2 Selezionare le superfici anteriore e posteriore della piastra, come indicato.
- 3 Fare clic su **OK**.
- 4 Creare uno studio **statico** di nome Shells-quarter.
- 5 Espandere la cartella Plate-with-hole, fare clic con il pulsante destro del mouse su SolidBody e selezionare **Escludi dall'analisi**.
- 6 Impostare **25 mm** (formulazione **Sottile**) per lo shell. A tale fine:
  - a) Fare clic con il pulsante destro del mouse su SurfaceBody nella cartella Plate-with-hole dell'albero dello studio di simulazione e selezionare **Modifica definizione**.
  - b) Nel PropertyManager di **Definizione shell**, Selezionare **mm** e immettere **25 mm** come **Spessore di shell**.
  - c) Fare clic su .
- 7 Assegnare **Acciaio in lega** allo shell. A tale fine:
  - a) Fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella Plate-with-hole e selezionare **Applica materiale a tutti i corpi**.
  - b) Espandere la libreria Materiali SolidWorks e selezionare **Acciaio in lega** nella categoria Acciaio.
  - c) Fare clic su **Applica**, quindi su **Chiudi**.
- 8 Applicare i vincoli di simmetria ai due bordi mostrati nella figura.

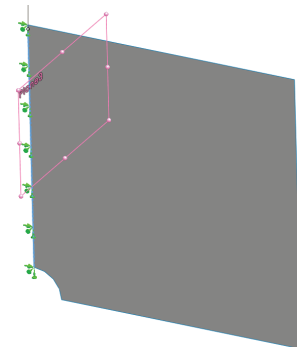



---

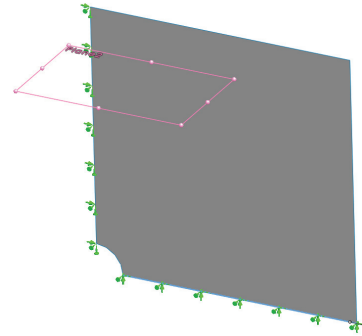
**Nota –** Per una mesh shell, è sufficiente vincolare un bordo anziché la faccia.

---

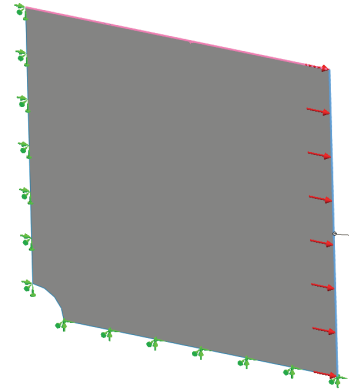
- a) Fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella Fixtures e selezionare **Vincoli avanzati**.
- b) Nella casella **Facce, Bordi, Vertici per il vincolo** selezionare il bordo indicato nella figura.
- c) Nella casella **Faccia, Bordo, Piano, Asse per direzione**, selezionare Plane3.
- d) Vincolare la traslazione **Normale al piano** e le rotazioni **Lungo il piano dir 1** e **Lungo il piano dir 2**.
- e) Fare clic su .



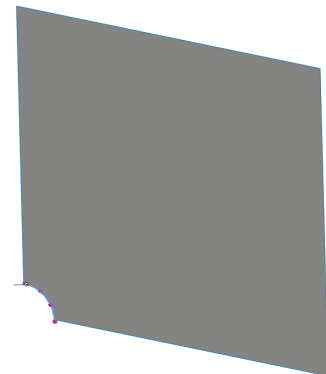
- 9 Con la stessa procedura, applicare un vincolo di simmetria al bordo esterno mostrato nella figura. Questa volta, utilizzare la funzione `Plane2` nella casella **Faccia, Bordo, Piano, Asse per direzione**.



- 10 Applicare una **Pressione** di **1 N/mm<sup>2</sup> (MPa)** al bordo mostrato nella figura.
- Fare clic con il pulsante destro del mouse sulla cartella `External Loads` e selezionare **Pressione**.
  - Impostare **Tipo** su **Usa geometria di riferimento**.
  - Nella casella **Facce, Bordi per pressione** selezionare il bordo verticale indicato nella figura.
  - Nella casella **Faccia, Bordo, Piano, Asse per direzione** selezionare il bordo mostrato nella figura.
  - Immettere **1 N/mm<sup>2</sup> (MPa)** nel campo **Valore di pressione**.
  - Fare clic su



- 11 Applicare i controlli mesh al bordo illustrato nella figura per utilizzare elementi di dimensione più piccola (che migliorano la precisione).
- Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona `Mesh` e selezionare **Applica controllo mesh**. Si visualizza il PropertyManager di **Controllo mesh**.
  - Selezionare il bordo del foro illustrato nella figura.
  - Fare clic su



- 12 Creare la mesh della parte ed eseguire l'analisi.
- Nell'albero dello studio di simulazione, fare clic con il pulsante destro del mouse sull'icona `Mesh` e selezionare **Applica controllo mesh**. Si visualizza il PropertyManager di **Controllo mesh**.
  - Selezionare il bordo del foro illustrato nella figura.
  - Fare clic su
- 13 Tracciare il grafico della sollecitazione nella direzione X. Qual è la sollecitazione SX massima?

**Risposta:** \_\_\_\_\_

- 14 Calcolare l'errore di sollecitazione normale SX utilizzando la formula seguente:

$$ErrorPercentage = \left( \frac{SX_{Theory} - SX_{SIMULATION}}{SX_{Theory}} \right) 100$$

**Risposta:** \_\_\_\_\_

## Lezione 2 - Scheda terminologica

---

Nome: \_\_\_\_\_ Classe: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

*completare gli spazi bianchi con le parole mancanti.*

1 Metodo che migliora i risultati di sollecitazione affinando automaticamente la mesh nelle regioni con sollecitazioni concentrate:  
\_\_\_\_\_

2 Metodo che migliora i risultati di sollecitazione aumentando l'ordine polinomiale:  
\_\_\_\_\_

3 Tipo di grado di libertà di un nodo di elemento tetraedrico:  
\_\_\_\_\_

4 Tipi di grado di libertà di un nodo di elemento shell:  
\_\_\_\_\_

5 Materiale con proprietà elastiche equivalenti in tutte le direzioni:  
\_\_\_\_\_

6 Tipo di mesh appropriato per modelli voluminosi:  
\_\_\_\_\_

7 Tipo di mesh appropriato per modelli sottili:  
\_\_\_\_\_

8 Tipo di mesh appropriato per modelli con parti sottili e voluminose:  
\_\_\_\_\_

**Lezione 2 - Quiz**

---

Nome: \_\_\_\_\_ Classe: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

*Istruzioni: rispondere a tutte le domande per iscritto, utilizzando lo spazio fornito per la risposta.*

1 Quanti sono i nodi di elementi shell in qualità bozza e alta?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2 Se si cambia lo spessore di shell, è necessario ricreare la mesh?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3 Cosa sono i metodi adattivi e qual è l'idea centrale della loro formulazione?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4 Qual è il vantaggio dato dall'utilizzare più configurazioni in uno studio?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5 Come si fa a creare velocemente un nuovo studio che differisce solo leggermente da uno esistente?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6 Quando i metodi adattivi non sono disponibili, come si può ottenere risultati attendibili?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7 Qual è l'ordine in cui il programma calcola sollecitazioni, spostamenti e deformazioni?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8 In una soluzione adattiva, quale elemento converge più velocemente, lo spostamento o la sollecitazione?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

