

SJØKRIGSSKOLEN



Kompendium i 3D Modellering

SolidWorks i et nøtteskall, en hurtigutdanning i 3D modellering for skipstekniske kadetter ved Sjøkrigsskolen.

Utarbeidet av Sondre H. Thunold som del av bacheloroppgave 2019



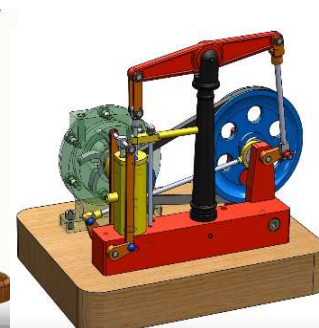
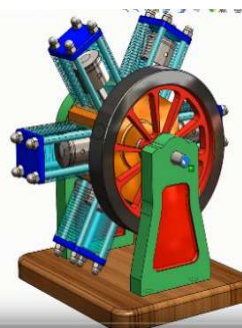
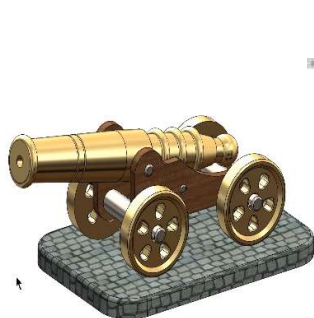
Forord

Intensjonen med denne Utdanningsfolderen er å gi kadetter ved Sjøkrigsskolen et lavterskel tilbud for selvstudie innen 3D modellering. 3D modellering er en del av emneplanen i maskinkonstruksjon faget, men kan være et veldig nyttig og gøyalt verktøy å bruke sammen med for eksempel verkstedopplæringen, bacheloroppgaver og for bedre forståelse i mekanikk fagene. Ikke minst er det viktig å vite at i dages samfunn blir de fleste tekniske tegninger og design av komponenter og systemer etablert med 3D programmer.

Ved å følge denne læreplanen vil du bli introdusert til de fleste av hovedområdene til SolidWorks og etablere et godt grunnlag for fremtidig fordypning. I verkstedopplæringen lærer du mange forskjellige metoder for konstruksjon og vil ha god tid til å jobbe med ulike prosjekter. Ved verksted tiden i Horten til Kull Uredd, produserte vi blant annet en dampmotor som en av våre prosjekter. Den var krevende å produsere og er for meg symbolet på hvor høy vanskelighetsgrad og kompleksitet som forventes av en maskinkadett å kunne oppnå. Denne maskinen er derfor utgangspunktet med dette heftet for å vise hvilket nivå 3D modellerings ferdighetene til en kadettene også bør ligge på som et minimum.

Mange av modellene og prosjektene som blir introdusert her er oppnåelig for deg som kadett å produsere på verksted i dine praksisperioder. Med en 3D modell og gjerne en teknisk 2D tegning produsert i SolidWorks, å vise til instruktørene på verksted, er alt mulig.

Innledningsvis på verksted kan det være gøy å produsere prosjekter som snurrebasser, små drikkeglass eller kanskje en saluttkanon, men etter å ha gjennomført denne planen vil det være mulig å lage mye, mye mer.



Innhold

| | |
|--|----|
| Forord | 2 |
| Leksjon 1 Introduksjon | 4 |
| 1.1 Intensjon | 4 |
| 1.2 Oppgaver | 5 |
| Leksjon 2 Modellering av deler | 7 |
| 2.1 Intensjon | 7 |
| 2.2 Øving | 7 |
| 2.3 Oppgaver | 8 |
| 2.4 Dampmotor | 9 |
| Leksjon 3 Tekniske tegninger | 12 |
| 3.1 Intensjon | 12 |
| 3.2 Øving | 12 |
| 3.3 Oppgaver | 13 |
| 3.4 Dampmotor | 13 |
| Leksjon 4 Sammensetting av deler | 14 |
| 4.1 Intensjon | 14 |
| 4.2 Øving | 15 |
| 4.3 Oppgaver | 15 |
| 4.4 Dampmotor | 16 |
| Leksjon 5 Animasjon | 17 |
| 5.1 Intensjon | 17 |
| 5.2 Øving | 17 |
| 5.3 Oppgaver | 18 |
| 5.4 Dampmotor | 18 |
| Leksjon 6 Simulering av styrke | 19 |
| 6.1 Intensjon | 19 |
| 6.2 Øving | 19 |
| 6.3 Oppgaver | 20 |
| 6.4 Dampmotor | 20 |
| 7 Konklusjon | 21 |
| 8 Vedlegg | 21 |

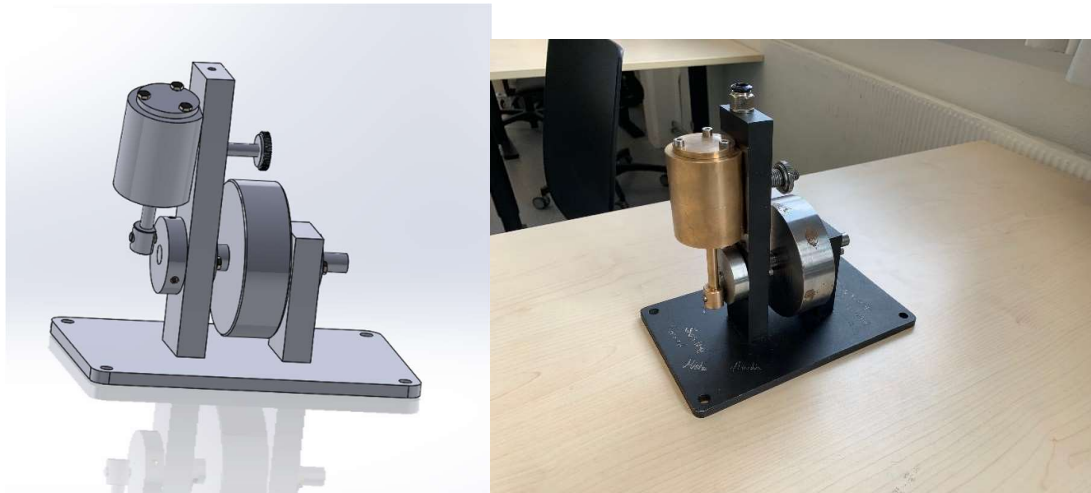
Leksjon 1 Introduksjon

1.1 Intensjon

Bli kjent med de enkleste og mest overordnende kommandoene slik som: starte et nytt prosjekt, lagre, hva de mest overordnede symbolene betyr og hvor de befinner seg. Dette er for å bli kjent med programmet på et overordnet nivå for å tilrettelegge for trening og læring videre.

Disse fire leksjonene skal legge grunnlaget for de ferdighetene som skal etableres gjennom dette opplegget. Den største delen av læring vil skje i den første fasen der dere skal lære å lage deler, men husk at også konstruksjonen av delene til dampmotoren har sine læringsmomenter også.

Dampmotoren som skal konstrueres på dette kurset er liten ensylindret trykkluftsmotor. Den består av til sammen 19 deler der 13 av de er konstruert av dere kadetter og resten er hyllevare.

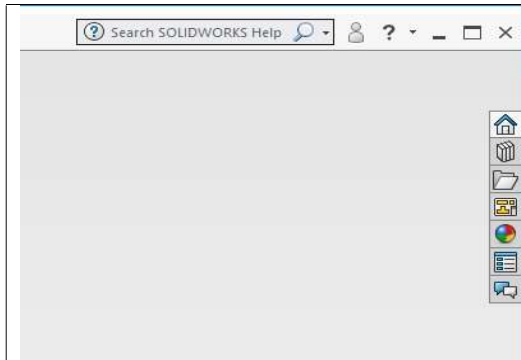


Bilde 1 – 2: Her ser vi min modellering av dampmotoren i bilde 1 og i bilde 2 ser vi motoren kåret til årets beste i 2017, som min gruppe lagde siste uken av verkstedkurset i Horten.

Motoren blir gjerne kjørt med trykkluft og man kan måle maks RPM, minste trykk eller løftekapasitet for å måle motorene mot hverandre og se hvilken gruppe som er flinkest.

1.2 Oppgaver

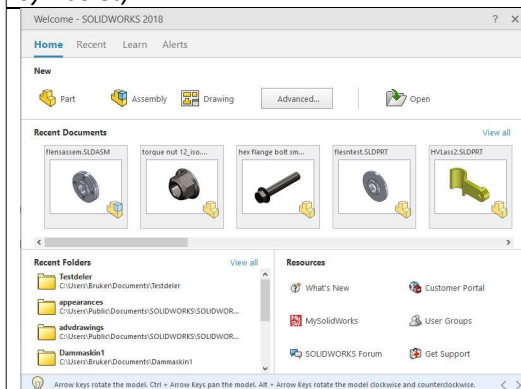
Gjennomfør følgende introduksjonsleksjoner fra SolidWorks.



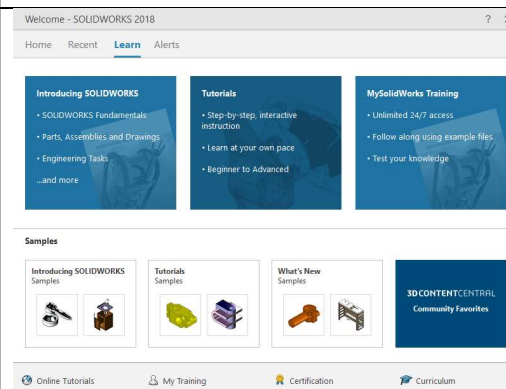
1: Fra hovedskjerm trykk på **SOLIDWORKS Resources** helt høyre i skjermbildet. (Hus symbolet)



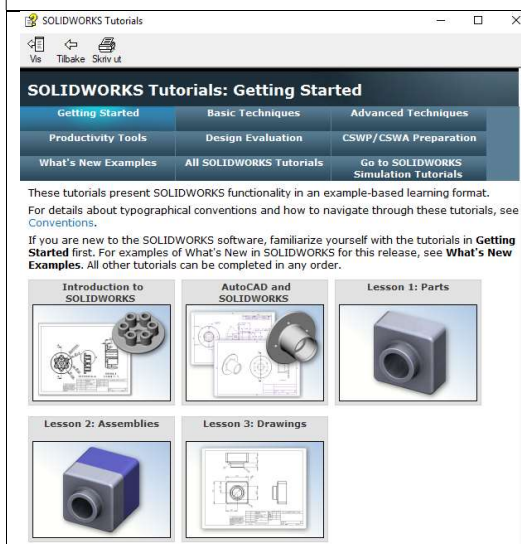
2: Trykk **Welcome to SOLIDWORKS** (Hus symbolet)



3: Velg **Learn**, øverst på viduet som nå er åpent

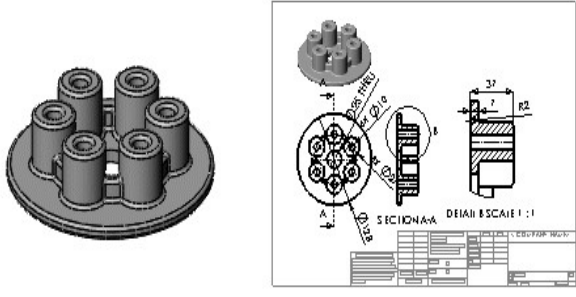
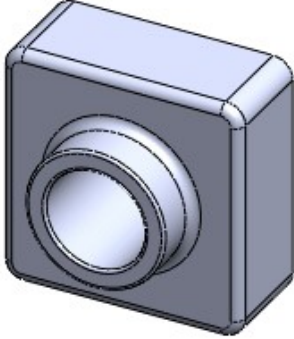
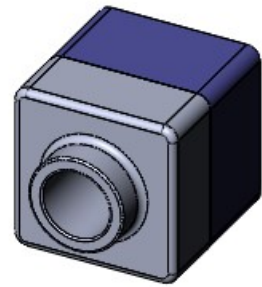
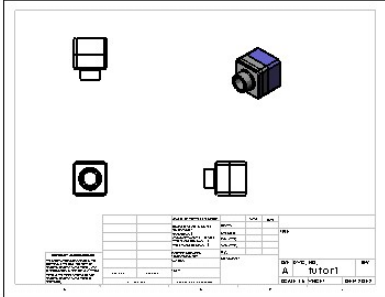


4: Velg **Tutorials**. Et nytt vindu vil da åpne på høyre siden



5: Dette er hovedmenyen for de innebygde tutorialsene, noen få av disse er tilgjengelig til egentrening senere.

Solidworks innebygde øvingsoppgaver- «tutorials».

| | |
|---|--|
| <p>Introduction to SOLIDWORKS (60min)</p> |  |
| <p>Lesson 1: Parts (30min)</p> |  |
| <p>Lesson 2: Assemblies (45min)</p> |  |
| <p>Lesson 3: Drawings (15min)</p> |  |

Leksjon 2 Modellering av deler

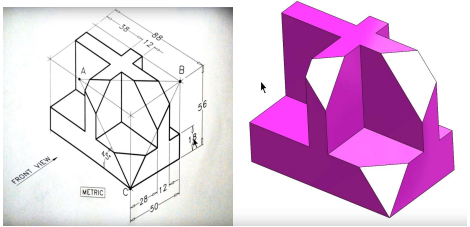
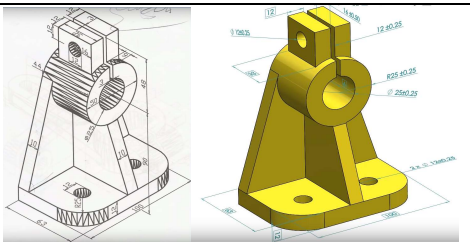
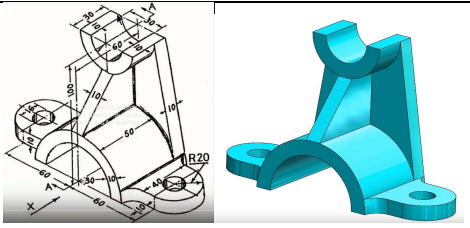
2.1 Intensjon

Lære å lage variasjoner av deler og utnytte flere funksjoner i SolidWorks. Dette etablerer grunnlaget for konstruksjon av alle deler og bygges videre på ved gjennomføringen av senere oppgaver og øvinger.

Disse øvingene og oppgavene skal legge grunnlaget for konstruksjonen av de aller fleste delene til dampmotoren, men gir ikke absolutt alle ferdighetene nødvendig. Etter gjennomføring av denne delen bør du som kadett, med hjelp av kun få tips, kunne bruke erfaringen av det som er gjennomført til å selv løse eller finne undervisning på enkelte problemer. De fleste deler kan konstrueres på utallige måter og det viktigste er at du ender med det rette produktet.

2.2 Øving

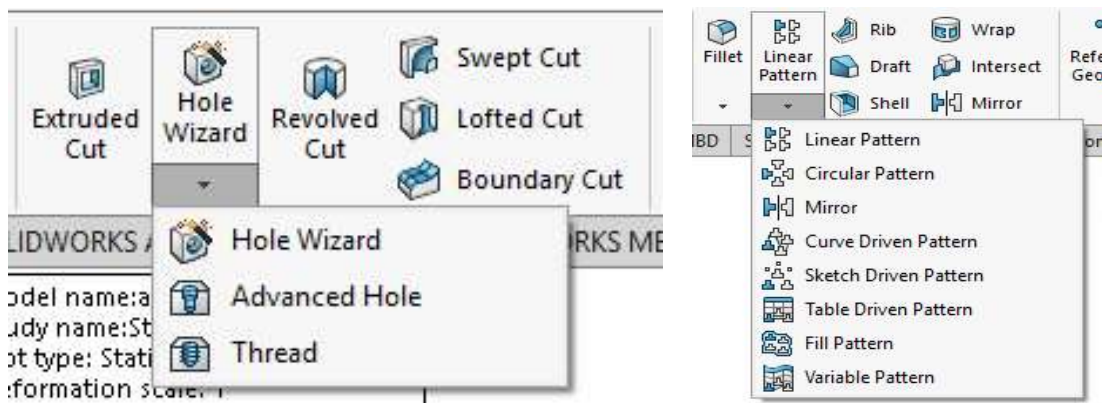
Konstruer de påfølgende modellene ved hjelp av videoleksjonene. Bruk pause knappen aktivt og kontroller ditt resultat opp mot tegningen i starten av videoen når konstruksjonen er ferdig.

| | |
|--|--|
| <p>Øving 2.1 (ca 30 min)</p> <p>SolidWorks Tutorial for beginners Exercise 1</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=vf2B0kKJeyM&t=0s&index=66&list=PLRhna5_X7uWvED4RU95h9wl0wrpGMtFSb</p> |  <p>The image shows a technical drawing of a purple mechanical part on the left, with dimensions and labels A, B, and C. On the right is a 3D perspective view of the same part, which is a complex, multi-faceted shape with a central opening.</p> |
| <p>Øving 2.2 (ca 30 min)</p> <p>SolidWorks Tutorial for beginners Exercise 2</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=3RVgPjESfGA&index=66&list=PLRhna5_X7uWvED4RU95h9wl0wrpGMtFSb</p> |  <p>The image shows a technical drawing of a yellow mechanical part on the left, with dimensions and labels. On the right is a 3D perspective view of the same part, which is a complex, multi-faceted shape with a central opening and a base.</p> |
| <p>Øving 2.3 (ca 30 min)</p> <p>SolidWorks Tutorial for Beginners Exercise 5</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=QzogjQ32POI&list=PLRhna5_X7uWvED4RU95h9wl0wrpGMtFSb&index=70</p> |  <p>The image shows a technical drawing of a cyan mechanical part on the left, with dimensions and labels. On the right is a 3D perspective view of the same part, which is a complex, multi-faceted shape with a central opening and a base.</p> |

2.4 Dampmotor


Av de 19 delene dampmotor konstruksjonen består av er det kun 13 forskjellige som skal lages. Av disse delene vil det være et variert nivå som kreves for å konstruere de. Noen deler baser seg i hovedsak på ferdighetene direkte trent i oppgavene over, andre krever noen nye teknikker eller flere momenter. Konstruksjonen av delene til motoren bør gjøres etter gjennomføringen av hele undervisningsopplegget for å oppnå mest mulig erfaring og læring. Alle oppgaver i utdanningsopplegget involverer deler som må lages og gjerne stadig økende grad av avanserte teknikker.

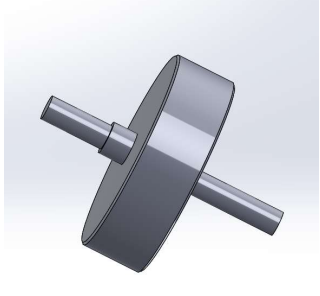
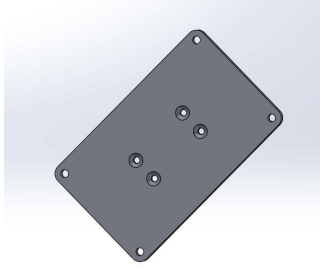
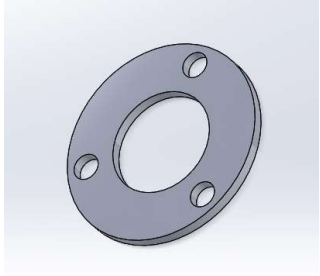
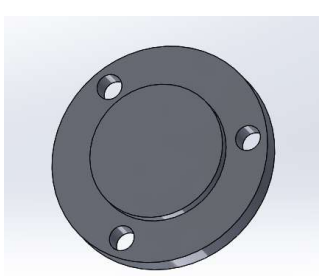

Se spesielt på «Pattern» fra introduksjonen og «Hole Wizard» før du begynner.

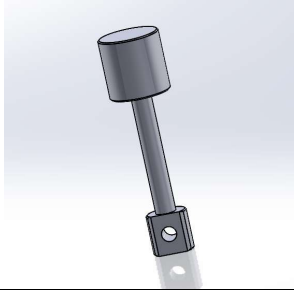
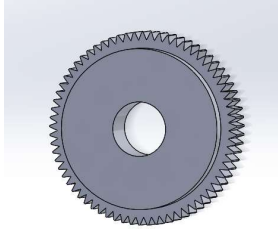
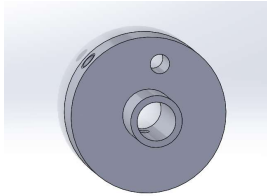
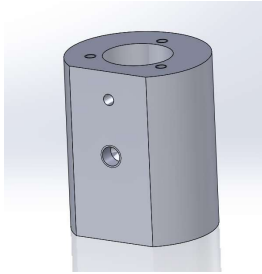



Bilde 3 – 4: Her ser vi utklipp fra Features med to verktøy som må læres og som brukes ofte i modelleringen av dampmotoren.

Dere vil få utlevert 2D tegninger av de aktuelle delene. Her er en anbefalt rekkefølge for konstruksjon av de med tilhørende momenter som en bør trene på før man iverksetter. (Fra ca 10 – 30min per del, totalt 3- 4 timer). Bruk disse sidene til å ta notater og kontrollere progresjon.

| Delnavn (iht original tegning) | Spesielt fokus |
|--|----------------------------------|
| Del 9 Pinne  | Extrude boss/base, eller Revolve |

| | |
|--|---|
| <p>Del 10 Svinghjul</p>  | <p>Extrude boss/base, eller Revolve</p> |
| <p>Del 1 Bunnplate</p>  | <p>Extrude boss/base og Hole Wizard</p> |
| <p>Del 11 Låseskive</p>  | <p>Circular pattern</p> |
| <p>Del 6 Lokk</p>  | <p>Passning / overflate</p> |
| <p>Del 13 Skruer</p>  | <p>Gjenger</p> |

| | |
|---|---|
| <p>Del 5 Stempel</p>  | |
| <p>Del 14 Justeringsmutter</p>  | <p>Overflate mønster</p> |
| <p>Del 8 Veiv</p>  | <p>Arbeid i flere akser, og hull på krummet flate</p> |
| <p>Del 4 Sylinder</p>  | |
| <p>Del 2 / 12 - Søyle / Lagerboss</p>  | <p>Kombinasjon av nesten alle viktige ferdigheter</p> |

Leksjon 3 Tekniske tegninger

3.1 Intensjon

Lage tekniske tegninger som er gode nok til å kunne bli produsert i virkeligheten. Konstruksjon av deler fra tegninger og konstruksjonen av tegninger er viktig for å kunne realisere ideer og prosjekter.

Her er målet å kunne bruke dine egne tekniske tegninger til å fysisk kunne konstruere dampmotoren. For andre prosjekter i fremtiden vil det alltid være bedre med en teknisk tegning produsert i SW istedenfor en tegnet for hånd på ark.

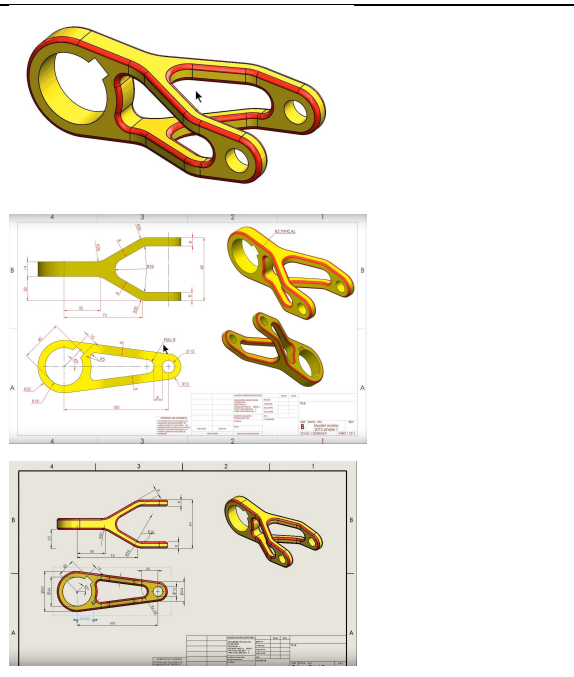
3.2 Øving

Konstruer delene i de påfølgende øvingene og deretter tekniske tegninger til delene. Her forventes det ikke at dere skal kunne produsere disse eksakte delene, da de har forholdsvis kompleks geometri, men kunnskapen om etablering av tegninger skal brukes videre.

Øving 3.1 (ca 30 min)

SolidWorks Tutorial for beginners with
Drawing Exercise 3

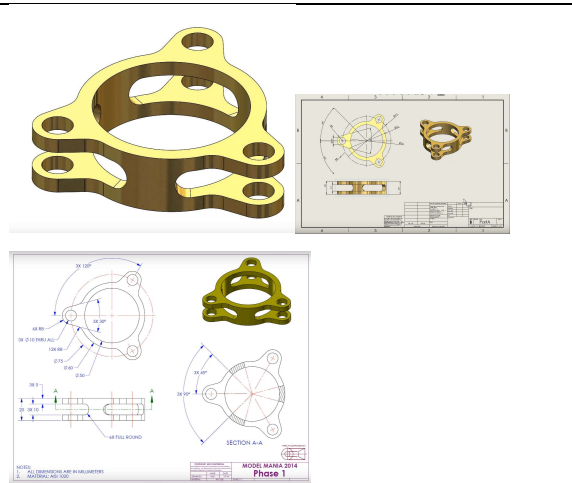
https://www.youtube.com/watch?v=SdntVwAh1gc&index=67&list=PLRhna5_X7uWvED4RU95h9wl0wprGMtFSb



Øving 3.2 (ca 30 min)

SolidWorks Tutorial Model Mania Part 1

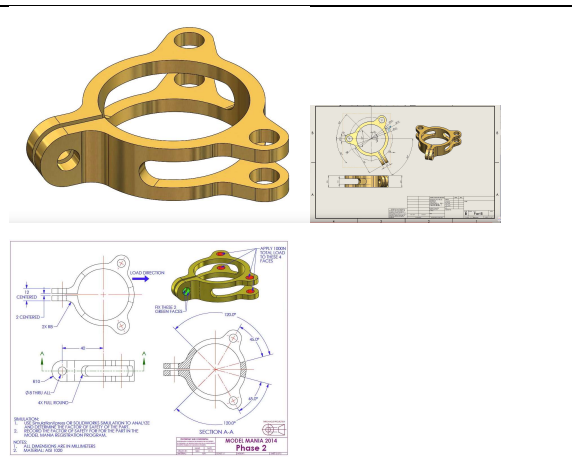
https://www.youtube.com/watch?v=nWQV0ywF8Uw&list=PLRhna5_X7uWvED4RU95h9wl0wrpGMtFSb&index=73



Øving 3.3 (ca 15 min) SolidWorks

Tutorial Model Mania Part 2 (Denne jobber videre fra øving 6)

https://www.youtube.com/watch?v=hruMZBeAap0&list=PLRhna5_X7uWvED4RU95h9wl0wrpGMtFSb&index=74



3.3 Oppgaver

Lag tekniske tegninger til oppgave 2.5-2.8 (ca 1 time totalt)

3.4 Dampmotor

Etter hvert som du produserer delene til dampmotoren skal du også produsere tegninger for alle delene og for sammensetningen i sin helhet. Bruk de utleverte tegningene fra original motoren til sammenligning for å verifisere resultatene. Husk at dette er tegningene du skal kunne benytte til å lage dampmotoren i praksis. (ca 1 – 2 timer)

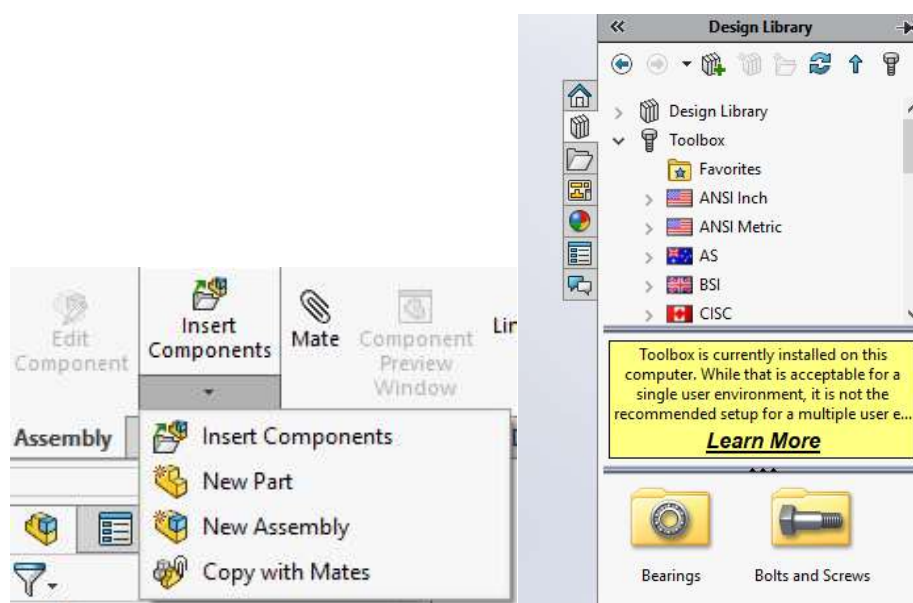
Leksjon 4 Sammensetting av deler

4.1 Intensjon

Lære å bruke assembly for å sette sammen konstruksjoner. Start denne delen ved å modellere partene til oppgave 5 og 6, benytt så videolæring for å lage sammensetningen.

Konstruksjonsmessig er dette god mulighet til å se hvordan det vil være å sette dette sammen i virkeligheten. På lik linje med at det er fullt mulig å konstruere deler som er tilnærmet umulig å lage er det også fint mulig å lage konstruksjoner som ikke lar seg sette sammen i virkeligheten.

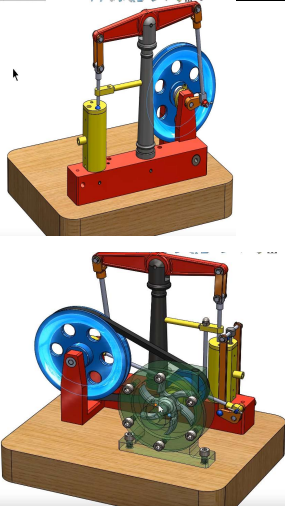
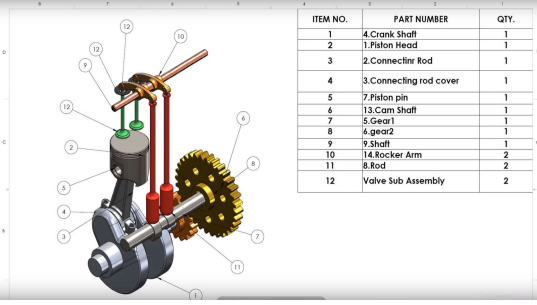
Et annet viktig moment i denne delen av utdanningen er importen av ferdig deler fra «Toolbox», men også evnen til å importere deler fra nett (spesielt kulelager typ del 3).



Bilde 5 – 6: Til venstre ser vi funksjonen for å sette inn deler. Her kan Copy with Mates funksjonen være fin å lære for å spare tid. Til høyre ser vi Toolbox funksjonen der man henter ferdig deler (gjerne i form av skruer og andre hyllevarer).

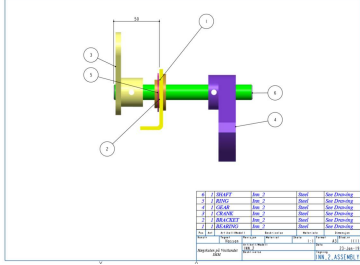
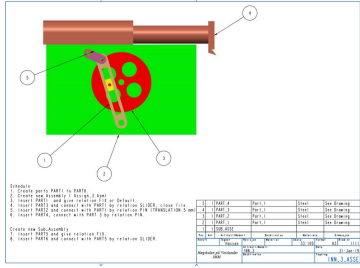
4.2 Øving

Her har dere noen eksempler på modeller som kan lages. De vises for at de ivrige kan komme enda et steg videre. Modellene i videoene behøver ikke lages.

| <p>Solidworks Tutorial Steam engine (Assembly 1) Part 7 og Part 8</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=oInN7a_Y-dg&t=6s&index=9&list=PLRhna5_X7uWs9zKoIslw4tXoosNIN2os0</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=inRViXW-yEM&list=PLRhna5_X7uWs9zKoIslw4tXoosNIN2os0&index=9</p> |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|-------------|------|---|---------------|---|---|---------------|---|---|------------------|---|---|------------------------|---|---|--------------|---|---|--------------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|---------|---|----|---------------|---|----|-------|---|----|--------------------|---|
| <p>Solidworks tutorial Design of Single cylinder Engine Assembly Part 4</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=P7zI9QJX43o&t=0s&index=496&list=PLRhna5_X7uWuuBIQw1sel6J_vOct1zjXz</p> |  <table border="1" data-bbox="1127 873 1370 1058"> <thead> <tr> <th>ITEM NO.</th> <th>PART NUMBER</th> <th>QTY.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.Crank Shaft</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.Piston Head</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.Connecting Rod</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3.Connecting rod cover</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>7.Piston pin</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>13.Cam Shaft</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>5.Gear1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>6.gear2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>9.Shaft</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>14.Rocker Arm</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>8.Rod</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Valve Sub Assembly</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. | 1 | 4.Crank Shaft | 1 | 2 | 1.Piston Head | 1 | 3 | 2.Connecting Rod | 1 | 4 | 3.Connecting rod cover | 1 | 5 | 7.Piston pin | 1 | 6 | 13.Cam Shaft | 1 | 7 | 5.Gear1 | 1 | 8 | 6.gear2 | 1 | 9 | 9.Shaft | 1 | 10 | 14.Rocker Arm | 2 | 11 | 8.Rod | 2 | 12 | Valve Sub Assembly | 2 |
| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4.Crank Shaft | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1.Piston Head | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2.Connecting Rod | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 3.Connecting rod cover | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 7.Piston pin | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 13.Cam Shaft | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 5.Gear1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 6.gear2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9.Shaft | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 14.Rocker Arm | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 8.Rod | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Valve Sub Assembly | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4.3 Oppgaver

Modeller og sett sammen konstruksjonen i oppgavene under.

| <p>Oppgave 4.1 (ca 1 – 2 timer)</p> <p>Vedlegg 5</p> <p>Ta spesielt hensyn til rekkefølge og tenk at noen skal kunne sette denne sammen fysisk i lik rekkefølge som i 3D.</p> |  <table border="1" data-bbox="1045 1579 1214 1654"> <thead> <tr> <th>ITEM NO.</th> <th>PART NUMBER</th> <th>QTY.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 5 | 1 | 6 | 6 | 1 |
|--|--|----------|-------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Oppgave 4.2 (ca 1 – 2 timer)</p> <p>Vedlegg 6</p> <p>Fokus på definisjon av interaksjonen mellom deler. Dette blir ekstra viktig i leksjon 5.</p> |  <table border="1" data-bbox="1045 1864 1214 1938"> <thead> <tr> <th>ITEM NO.</th> <th>PART NUMBER</th> <th>QTY.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 5 | 1 | 6 | 6 | 1 |
| ITEM NO. | PART NUMBER | QTY. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4.4 Dampmotor

Sett sammen dampmotoren med alle deler som er konstruert og ved å hente nødvendige deler fra «Toolbox» og kulelager fra SKF sine hjemmesider. (ca 2 timer)

Bruken av «Toolbox» er forklart i videoene, men når det gjelder Del 3 Kulelager kommer en stegvis forklaring under.

1. Google søk på del-navn for å finne produsent eller leverandør.



2. På nettsiden: (første resultat)

Deep groove ball bearings - 61801-2Z - SKF.com

<https://www.skf.com/group/products/bearings-units.../index.html?...61801-2Z>

Basic dynamic load rating, C, 1.74, kN. Basic static load rating, C0, 0.915, kN. Fatigue load limit, Pu, 0.039, kN. Reference speed, 70000, r/min. Limiting speed ...

| Dimension | Value | Unit |
|-----------------|-------|------|
| d | 12 | mm |
| D | 21 | mm |
| B | 5 | mm |
| d ₁ | 14.8 | mm |
| D ₂ | 18.95 | mm |
| r ₁₂ | 0.3 | mm |

Verifiser at dette er rett type og trykk last ned CAD fil. Denne kan nå åpnes og importeres som en del i din Assembly.

Leksjon 5 Animasjon

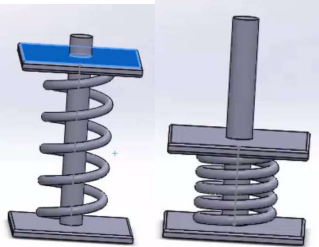
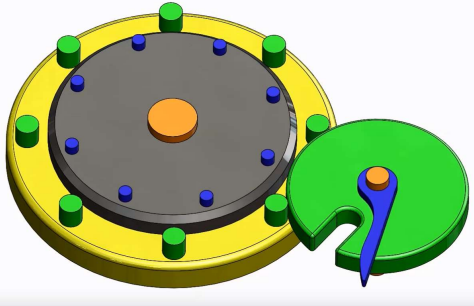
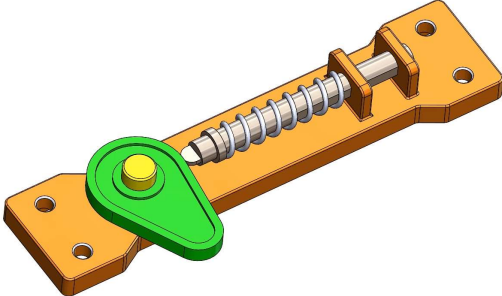
5.1 Intensjon

Lage animasjoner av sammensetninger. Se hvordan ting interagerer og lage filmer som kan brukes til demonstrasjoner av sammensetningen. Leg spesielt merke til hvordan man kan definere sammenkoblinger av deler og animation vs basic motion vs motion analysis.

For best resultat på kvaliteten av konstruksjonen er det Motion Analysis som bør brukes. Legg også merke til at noen deler som skruer og kulelager kan erstattes med virtuelle deler for å gi best mulig resultater i analysen av bevegelsen på enkelte andre deler, eller dimensjonering av de delene som blir erstattet.

5.2 Øving

Her er øving 5.1 spesielt viktig opp mot dampmotoren, øving 5.2 og 5.3 har fokus på definisjon av interaksjon og kan benyttes i leksjon 6 til gode simuleringer og analyser.

| | |
|--|--|
| <p>Øving 5.1 (ca 30 min)</p> <p>SOLIDWORKS - Dynamic Spring</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=FFDvDWJ304A</p> |  |
| <p>Øving 5.2 (ca 45 min)</p> <p>Solidworks tutorial sketch intermittent motion mechanism in Solidworks</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=47d_y57pOUw&index=179&list=PLRhna5_X7uWuuBIQw1sel6J_vQct1zjXz</p> |  |
| <p>Øving 5.3 (ca 45 min)</p> <p>Solidworks motion tutorial Cam and Spring Animation</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=qpXh6joZrLU&index=346&t=0s&list=PLRhna5_X7uWuuBIQw1sel6J_vQct1zjXz</p> |  |

5.3 Oppgaver

Lag animasjoner (motion analysis) til oppgaver 4.1 og 4.2 (ca 45 min)

5.4 Dampmotor

Lag en enkel animasjon av dampmotoren for å verifisere at alle deler fungerer som de skal. Når motoren virker til å fungere, benytt Motion Analysis verktøyet og legg til flere verktøy slik for å gi motoren en mest mulig reel test. (ca 45 min)

Del 19 Fjær, er en spesielt krevende del. I en Motion Analysis er dette en del som gjerne kan erstattes av en virtuell del, men det å konstruere en dynamisk fjær som passer til modellen viser avanserte ferdigheter. På tegningene til den originale dampmotoren kan man for eksempel se at fjæren ikke er dynamisk og går inn i Del 14 Justeringsmutter, noe som vil gi feilmelding i en analyse og hindre ønsket funksjon.

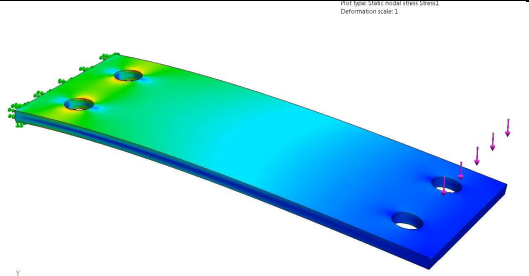
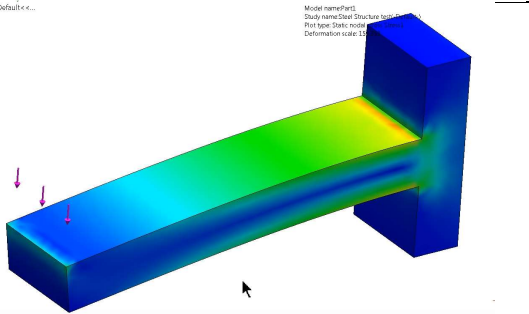
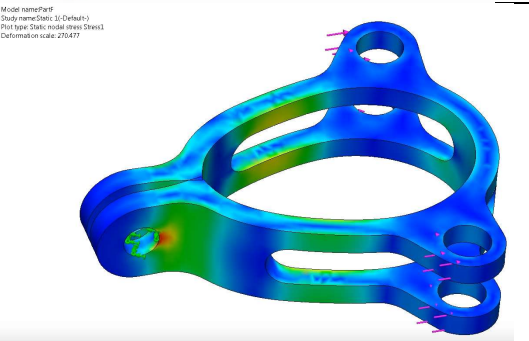
Leksjon 6 Simulering av styrke

6.1 Intensjon

Lære enkel styrkeberegning på deler. Dette kan gjerne brukes for å forstå arbeid i andre fag og for å teste delene som er laget opp mot belastningen de skal kunne tåle.

Se hvilke deler av motoren som er mest utsatt, og eksperimenter med forskjellige dimensjoner for se utfallet av simuleringene. Fokuset skal være på statisk analyse av enkeltdeler, men se også på variable laster og simuleringer av sammensatte deler.

6.2 Øving

| | |
|---|--|
| <p>Øving 6.1 (ca 15 min) Solidworks Simulation tutorial Static Simulation Study https://www.youtube.com/watch?v=f1Xw_mLBY5s&t=0s&list=PLRhna5_X7uWuuBIQw1sel6J_vQct1zjXz&index=253</p> |  <p>A 3D stress simulation of a flat rectangular plate with four circular holes. The plate is shown in a perspective view, colored with a stress gradient from blue (low stress) to red (high stress). Four downward-pointing arrows represent applied loads. The simulation is titled 'Plot type: Static model stress Stress1' and 'Deformation scale: 1'.</p> |
| <p>Øving 6.2 (ca 15 min) Solidworks Simulation tutorial Steel Structure Simulation in Solidworks https://www.youtube.com/watch?v=4pbIAQQ9tGc&t=0s&list=PLRhna5_X7uWuuBIQw1sel6J_vQct1zjXz&index=252</p> |  <p>A 3D stress simulation of an L-shaped steel structure. The structure is shown in a perspective view, colored with a stress gradient from blue to red. Two downward-pointing arrows represent applied loads. The simulation is titled 'Model name: Part1', 'Study name: Steel Structure Simulation', 'Plot type: Static model stress Stress1', and 'Deformation scale: 15'.</p> |
| <p>Øving 6.3 (ca 15 min) SolidWorks Simulation Tutorial Model Mania Part 3 https://www.youtube.com/watch?v=svzpWZA7H10&index=366&t=0s&list=PLRhna5_X7uWuuBIQw1sel6J_vQct1zjXz</p> |  <p>A 3D stress simulation of a complex, multi-hole mechanical part. The part is shown in a perspective view, colored with a stress gradient from blue to red. Several downward-pointing arrows represent applied loads. The simulation is titled 'Model name: Part1', 'Study name: Static', 'Plot type: Static model stress Stress1', and 'Deformation scale: 270.877'.</p> |

6.3 Oppgaver

- a. Utfør to styrkeanalyser på både oppgave 4.1 og 4.2. En analyse på en enkelt del og en på den sammensatte konstruksjonen. (ca 30 min)
- b. Finn en oppgave i læreboken i mekanikk. Modeller denne oppgaven og sammenlign svarene på styrke og utbøying med det du får for hånd.
- c. Lag en bolteflens og dimensjoner antallet og størrelsen på boltene ved en selvvalgt belastning. (Denne kan løses på flere måter, god test for å vurdere dimensjonering og optimalisering)

6.4 Dampmotor

Gjennomfør to enkle simuleringer på dampmotoren. En simulering av en enkelt del og en av hele konstruksjonen, se på eventuelle forskjeller i belastning ved de to gjennomføringene.

Se Bacheloroppgaven til Sondre Thunold for mer detaljerte eksempler fra optimalisering av Del 5 og 9.

7 Konklusjon

Etter gjennomføring av dette opplegget skal du ha laget en fungerende dampmotor med samtlige deler både selvlaget og importert, samt ha laget 2D tegninger til alle deler, en animasjon og gjennomført en simulering. Utdanningsmålet er nådd dersom et lignende prosjekt kan gjennomføres med minimal veiledning og at du som kadett vet å finne de nødvendige ressursene for å gjennomføre det.

For videre trening eller kontroll av kompetanse anbefaler jeg å velge et prosjekt å gjennomføre, et som gjerne inneholder tilsvarende mengde deler eller flere. Her tilbyr f.eks CAD CAM mange kule prosjekter som er å anbefale. Dette kan også brukes som et prosjekt som kan konstrueres på verkstedene eller som en konkurranse internt i klassen på, f.eks, nøyaktighet eller lavest vekt eller rimeligst å lage.

En del av bacheloroppgaven dette kompendiet ble laget for gikk ut på å optimalisere to utsatte deler. Jeg valgte å optimalisere Del 9 Pinne og Del 5 Stempel. De tekniske tegningene til disse delene er vedlagt, samt tegningene til noen av de andre delene jeg justerte for å øve på modifikasjoner av modeller.

8 Vedlegg

Vedlegg 1 – 6 Tekniske tegninger til alle oppgaver (inkludert alle deltegninger til oppgave 4.1 og 4.2)

Vedlegg 7 Tekniske tegninger original dampmotor

Vedlegg 8 Tekniske tegninger SW dampmotor

Vedlegg 9 Tekniske tegninger optimaliserte deler dampmotor