

Rambøll Danmark er toneangivende på det danske marked for teknisk rådgivning. Vi leverer videnbaserede helhedsløsninger inden for hovedområderne: byggeri, transport og trafik, vand og miljø, energi, Olie/Gas, telekommunikation, industri og affald. Rambøll Danmark indgår i Rambøll Gruppen, der med mere end 4000 medarbejdere er den største nordiske rådgivergruppe.

Vi kan nu tilbyde, at du kan skrive din næste projektopgave ved Aalborg Universitet i samarbejde med medarbejdere på Rambølls kontor i Aalborg. Foruden at komme med ideer til projektets indhold vil vi også gerne vise dig, hvorledes opgaverne udføres i praksis og tage dig med på f.eks. byggepladsforsøg.

På de følgende sider har vi beskrevet nogle forslag til projektopgaver. Har du andre ideer er du altid velkommen til at kontakte os.

Med venlig hilsen

Kristian Birch Sørensen  
Civilingeniør

Thomas Simoni  
Afdelingsleder

## Musikkens Hus i Nordjylland

Musikkens Hus i Nordjylland er nyt multikulturelt hus placeret på havnen centralt i Aalborg. Huset skal være hjemsted for Aalborg Symfoniorkester, Aalborg Konservatorium samt Aalborg Universitets uddannelser inden for musik samt arkitektur og design. Rambøll er rådgiver på konstruktionerne og fundamentene på byggeriet.

Det samlede bygningskompleks måler ca. 180 m x 90 m og omfatter i alt ca. 28.625 m<sup>2</sup> bruttoetageareal. De enkelte bygningsdele er af varierende højde, fra 21 m for den laveste del til ca. 38 m for taget på det højeste punkt mod fjorden.

Projektet er så spændende ud fra en bygningsingeniørs syn, at der i denne bygning vil være opgaver nok for hel årgang. Herunder er oplistet nogle udvalgte:



3D illustration af Musikkens Hus i Nordjylland af CoopHimmelb(jau).

## Musikkens Hus - Projektforslag 1

**Retning:** Konstruktion

**Niveau:** Civil

**Emner:** Vindlast, aerodynamik, turbulens, CFD og programmering.

### Beskrivelse:

Stadig flere byggerier udføres i kreative faconer som f.eks. skalkonstruktionen på Musikkens Hus. Her kan DS 410 ikke anvendes til fastlæggelse af vindlasten, og det er derfor nødvendigt at udføre både dyre og tidskrævende vindtunnel forsøg. Derfor kunne det være interessant at få udviklet og testet beregningsmodeller, der således i stedet kunne anvendes til fastlæggelse af vindlasten på byggeriet. Der forelægger vindtunnelforsøg for byggeriet, hvorfor det også kunne være interessant at sammenligne teoretiske beregninger med måledataene.

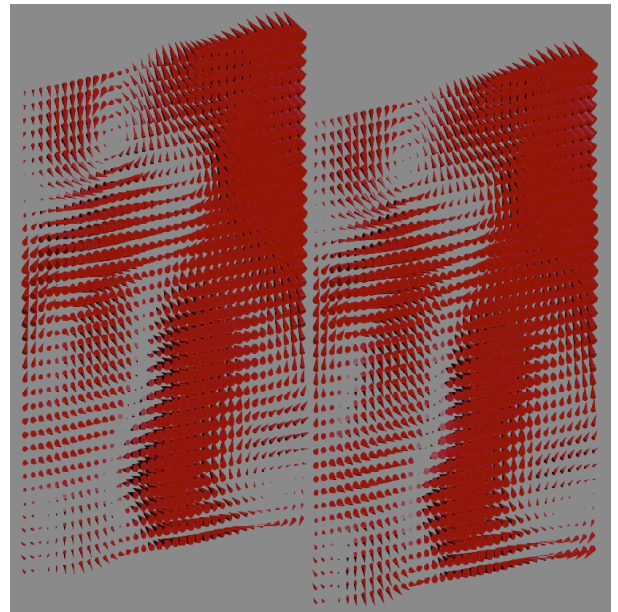


Illustration af snit i turbulent vindfelt.

## Musikkens Hus - Projektforslag 2

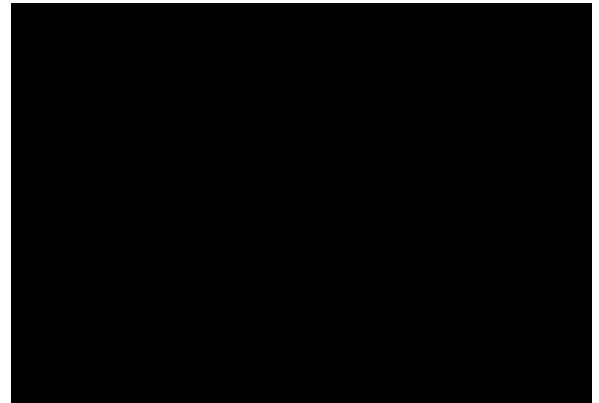
**Retning:** Konstruktion

**Niveau:** Diplom/civil

**Emner:** 3D projektering, stålkonstruktioner, programmering og optimering.

**Beskrivelse:**

Skalkonstruktionen på Musikkens Hus er en selvstændig stålkonstruktion, som omslutter de underliggende betonkonstruktioner. Her går opgaven ud på at få dimensioneret en stålkonstruktion, der er så billig og optimal så mulig uden at gå på kompromis med arkitektens formgivning. For at opnå dette kræver det også bl.a. at feltstørrelserne i konstruktionen optimeres så færrest mulige glasruder skal bukses og udføres med forskellig geometri, hvorledes gøres det?



3D illustration af Musikkens Hus i Nordjylland af CoopHimmelb(jau).

## Musikkens Hus - Projektforslag 3

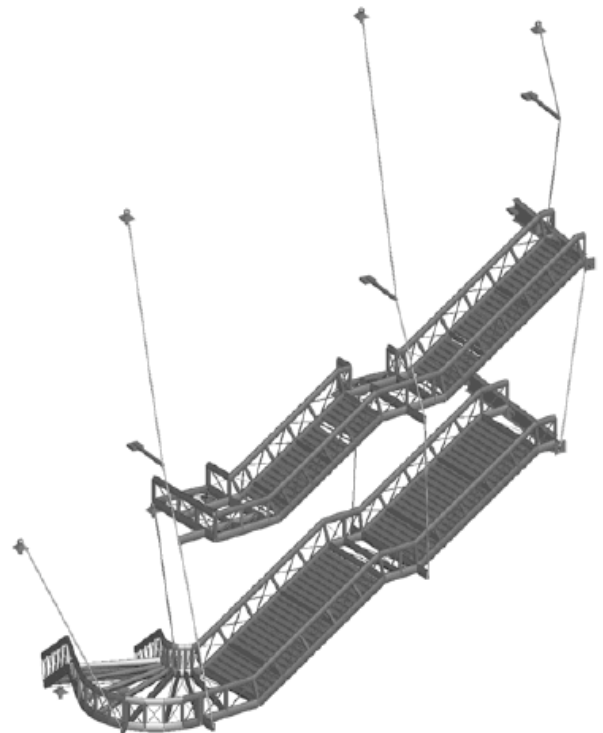
**Retning:** Konstruktion

**Niveau:** Civil

**Emner:** Svingningsteori, stålkonstruktioner, programmering og optimering.

**Beskrivelse:**

De frit hængende trapper i foyeren er fuldsvejste stålkonstruktioner, hvor rækværkerne indgår i den bærende konstruktion. Det er ikke styrkemæssige hensyn, der er dimensionsgivende for trapperne, men derimod hensynet til deres egensvingninger. Hvorledes kan trapperne optimeres, så stålet udnyttes bedst muligt uden at give anledning til svingningsproblemer eller kan der alternativt anvendes dæmpere, så der ikke opstår svingningsproblemer, og hvorledes dimensioneres disse ud fra en økonomisk betragtning?



Foyertrappen set fra nordvest. Illustration tegnet af Bollinger & Grohmann.

## Musikkens Hus - Projektforslag 4

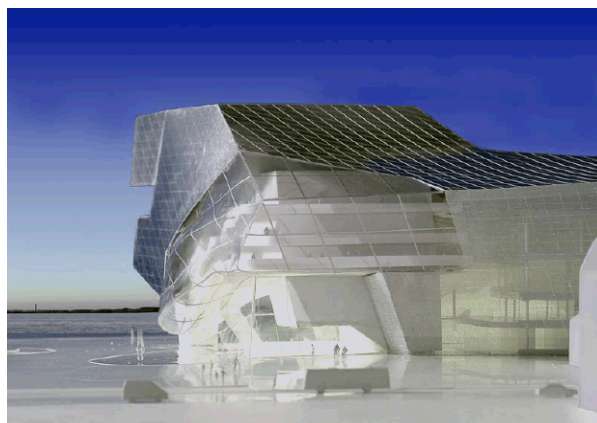
**Retning:** Byggeledelse

**Niveau:** Civil/diplom

**Emner:** Byggestyring, ledelse, planlægning og montage.

### Beskrivelse:

Opførelsen af Musikkens Hus stiller også store krav til entreprenørens evner. Her kunne det være interessant at undersøge hvorledes f.eks. montagen af de store konstruktioner bedst kan planlægges og styres i praksis. Der er stillet krav til entreprenøren om at stålkonstruktionen til taget skal præfabrikeres i så store dele som muligt, men hvordan gøre dette egentligt i praksis. Også planlægningen af montagen og transporten af betonelementerne kræver en del, da dette bl.a. omfatter 450 mm tykke massive vægge.



Billede fra model af Musikkens Hus i Nordjylland af CoopHimmelb()au.

## Musikkens Hus - Projektforslag 5

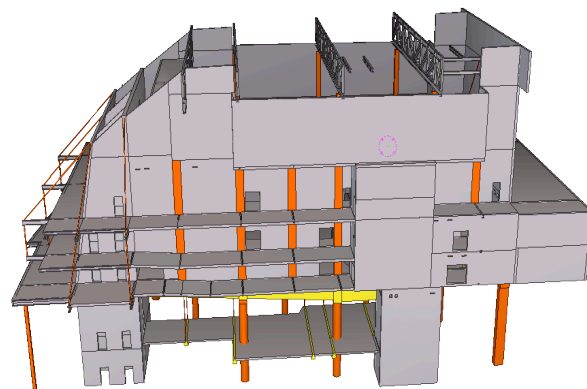
**Retning:** Konstruktion/byggeledelse

**Niveau:** Diplom/civil

**Emner:** 3D projektering, betonkonstruktioner, numeriske beregninger vs. håndberegning.

### Beskrivelse:

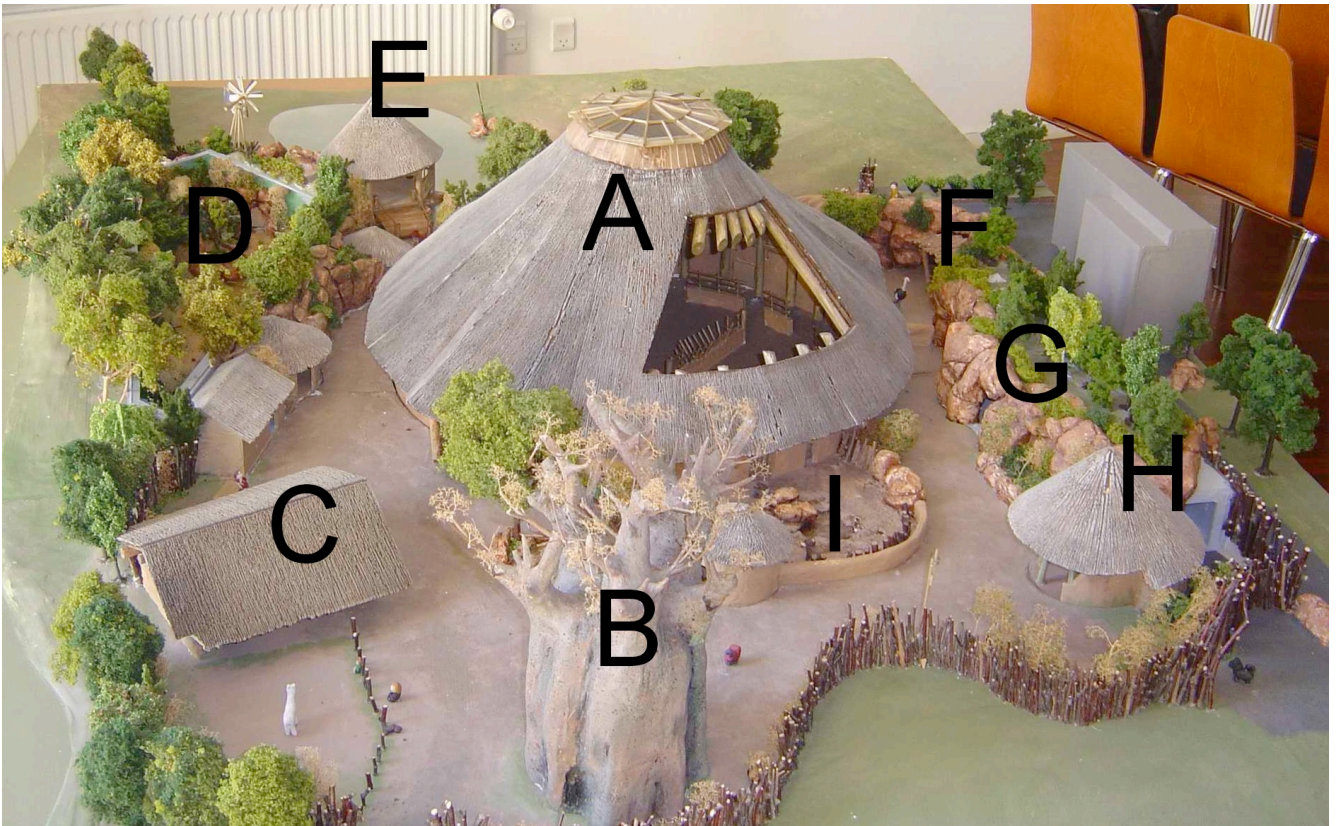
For det særligt komplicerede område omkring koncertsalen med plads til 1200 siddende gæster, er det valgt at anvende 3D CAD til projekteringen. Området er projekteret i tegneprogrammet Tekla Structures, der foruden at være et tegneprogram også udmærker sig ved at give mulighed for elektronisk sammenkobling af geometrien med beregningsprogrammet StaadPro, der anvendes ved beregning af konstruktionerne. Her kunne det for Rambøll være interessant at få testet, hvorledes denne sammenkobling mellem beregnings- og tegneprogrammer virker i praksis, samt få undersøgt hvorledes dimensioneringen af konstruktionerne med henholdsvis FEM-beregninger og de traditionelt anvendte stringermodeller for skiver samt brudlinjeberegninger for plader harmonerer.



3D-model af koncertsalen på Musikkens Hus fra beregningsprogrammet Tekla Structures.



**Aalborg Zoo – Den Afrikanske Landsby**



Aalborg Zoo er netop i gang med at opføre Den Afrikanske Landsby, der er Zoo's største byggeprojekt i mange år. Projektet omfatter mange forskellige bygninger, der skal fungere som stalde for de afrikanske dyr. Rambøll er rådgivende ingeniør på opgaven.

**Aalborg Zoo - Projektforslag**

**Retning:** Konstruktion

**Niveau:** Diplom

**Emner:** Trækonstruktioner, stålkonstruktioner, montage og samlingsdimensionering under hensyntagen til praktisk udførelse.

**Beskrivelse:**

Den centrale staldbygning bliver det største hus i Den Afrikanske Landsby med et areal på ca. 700 m<sup>2</sup>. Bygningen er cirkulær med en diameter på 30 meter, en højde på ca. 15 m og i én etage. Tagkonstruktionen har en hældning på 45° og bæres af bjælker i rundtømmer, som hviler på en tryk-ring af stål i toppen og en træk-ring tilsvarende i stål ved bunden. Den nederste stål-ring bæres af stålsøjler, som fører de lodrette og vandrette kræfter til et randfundament. Overfor symmetriske lodrette belastninger er der umiddelbart ligevægt i den cirkulære bygning. Asymmetriske og vandrette belastninger giver derimod anledning til udfordringer ved f.eks. dimensioneringen af samlingerne mellem stål og træ.

- A – Central Staldbygning udført af rundtømmer og stål.
- B – Baobabtræ i sprøjtebeton.
- C – Skolestue i rundtømmer.
- D – Dværgflodhestehus i beton med en tagkonstruktion i stål med transparente tagplader.
- E – Tømmerhytte ved Sø.
- F – Strudshus i beton.
- G – Teknikrum i beton.
- H – Tømmerhytte til information.
- I – Indhegning for vortesvin i sprøjtebeton.

## Flyvestation Karup - Kursus Ejendom

De digitale bygherrekrav, som der er under udarbejdelse under Det Digitale Byggeri, er på dette forsøgsbyggeri blevet testet af Rambøll i samarbejde med arkitektfirmaet C.F. Møller. Dette har tilført os en række kompetencer indenfor 3D-objektorienteret projektering, visualisering, digitalt udbud samt tilbudsindhentning på baggrund af digitalt mængdeudtræk fra en objektorienteret CAD-model. Rambøll er rådgiver på konstruktioner og installationer og har ved projekteringen bl.a. anvendt værktøjerne MagiCAD og Architectural Desktop.

Nærmere omtale fremgår af nedenstående link:

[http://www.ramboll.dk/dan/sites/other+sites/pressecenter/news/digital\\_licitation.htm](http://www.ramboll.dk/dan/sites/other+sites/pressecenter/news/digital_licitation.htm)

### Flyvestation Karup - Projektforslag 1

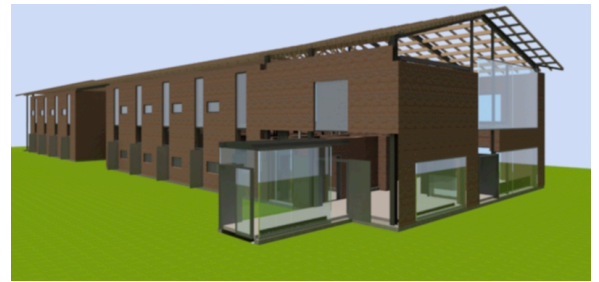
**Retning:** Konstruktion/byggeledelse

**Niveau:** Diplom

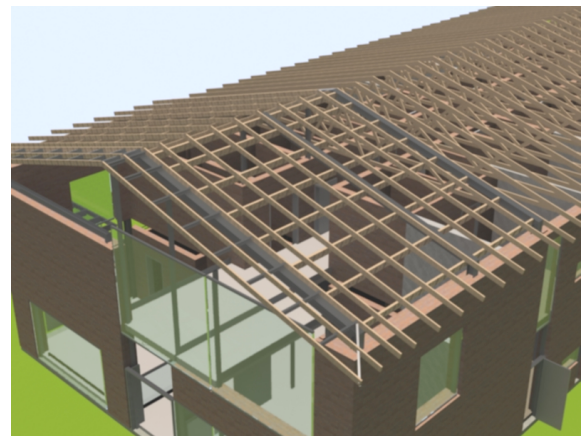
**Emner:** 3D projektering, FEM og anvendelse af moderne IT-værktøjer til projektering.

**Beskrivelse:**

Kursusejendommen der er projekteret for Forsvarets Bygningstjeneste er tegnet objektorienteret i 3D i ADT 2005. At bygningen er tegnet med et objektorienteret tegneværktøj giver muligheder for at anvende data fra bygningsmodellen i andre værktøjer. Mulighederne er næsten uendelige og det er derfor vanskeligt at overskue markedet samt finde de værktøjer, det er værd at satse på. Derfor ville det være ønskeligt at få kortlagt mulighederne for anvendelse af data fra ADT i f.eks. FEM-, drifts- og vedligeholdelses-, visualiserings-, lysberegnings-, installations- og tidsstyringsprogrammer etc. Dette kunne gøres med udgangspunkt i denne konkrete bygningsmodel.



3D-illustration af kursusejendom Flyvestation Karup



3D-view af tagkonstruktion, kursusejendom Flyvestation Karup.

### Flyvestation Karup - Projektforslag 2

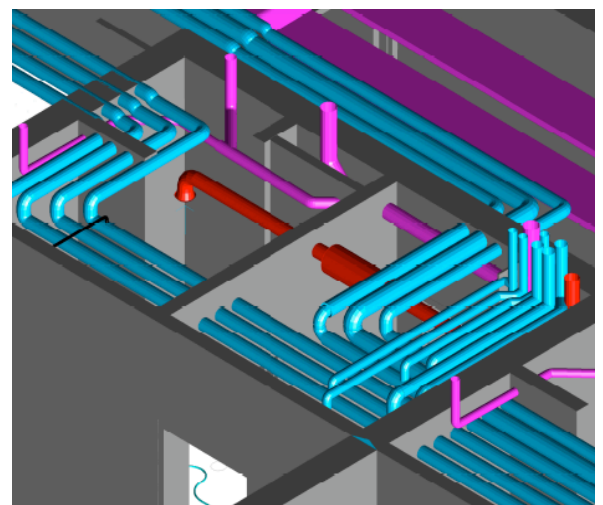
**Retning:** Indeklima/bygningsinstallationer

**Niveau:** Diplom/civil

**Emner:** 3D projektering, dimensionering og anvendelse af moderne IT-værktøjer til projektering.

**Beskrivelse:**

Installationerne i kursusejendommen er tegnet 3D i MagiCAD. Det har imidlertid vist sig vanskeligt at anvende programmet til dimensionering, hvis detaljeringen af de i 3D optegnede installationer bliver for stor. Derfor ser Rambøll det som vigtig opgave at få kortlagt i, hvilket omfang, det er muligt at anvende 3D værktøjer til projektering af installationer i praksis, samt undersøge hvorledes dette harmonerer med traditionelle beregningsværktøjer og håndberegninger.



Installationer over badeværelse.

## Bestemmelse af søjlers bæreevne

### Projektforslag

**Retning:** Konstruktioner

**Niveau:** Civil

**Emner:** Stålkonstruktioner, lineær/ikke-lineær FEM-beregning og eksperimentelle undersøgelser.

### Beskrivelse:

En søjles bæreevne afhænger ofte af mange parametre, som hver især kan tages i regning. Til brug for almindelige håndberegninger findes i den almindeligt tilgængelige litteratur særskilte bæreevneudtryk/kurver for f.eks. de i figuren viste påvirkninger på en søjle, men hvorledes disse effekter hænger sammen er ikke umiddelbart tilgængeligt. Opgaven vil heraf bestå i at bestemme den samlede effekt på søjlebæreevnen ved f.eks. henholdsvis analytiske og numeriske beregninger samt eftervisning af dette ved forsøg.

