**Design en svævebane**

**Beboerne i den afsides nordvestlige kinesiske Yunnan-provins oplever problemer med at transportere sig selv og deres varer rundt i regionen på tværs af de mange kløfter i området langs Salween-floden. I denne øvelse skal eleverne bygge en svævebane, der kan bringe beboerne og deres varer sikkert over Salween-floden.**

Credits Fritz Hoffmann

|  |
| --- |
| **En engineering-øvelse til fysik Lærervejledning** |

## **UdARBEJDET AF**

Engineer the Future med støtte fra Villum Fonden, Novo Nordisk Fonden og Lundbeckfonden.

|  |
| --- |
| **Fag:** Introduktionsøvelse til engineering-metoden i fysik.  **Antal lektioner:** 1-2 à 90 minutter  **Udarbejdet af**: Engineer the Future  **engineering-introduktionsøvelse**   * Introduktion til engineering-undervisning og til engineering designprocessen * Opstart/afslutning på forløb om mekanik (gnidningsmodstand, bevægelse på skråplan) * Opstart/afslutning på forløb om energi (energibevarelse, energikæder) * Hyggelig/sjov aktivitet før/efter sommer- eller juleferie   **Kernestof i fysik**   * Energi * Mekanik |

**INTRODUKTION TIL FORLØBET**

I denne engineering-øvelse skal eleverne i hold designe og bygge en svævebane ved hjælp af forskellige snore og en spændeskive. Eleverne kan udstyre spændeskiven med forskellige elementer, der bremser eller øger hastigheden, så spændeskiven bruger så tæt på 20 sekunder som muligt på at komme ned ad svævebanen.

Alle hold får udleveret de samme materialer og har den samme tid til rådighed.

Øvelsen fungerer som en introduktion til engineering designprocessen og de forskellige delprocesser. Øvelsen kan kombineres med introduktions-præsentationen: [PPT: Introduktion til engineering](https://engineerthefuture.dk/undervisning/engineering-i-gymnasiet/undervisningsmaterialer/engineering-forloeb/engineering-introduktion/%20)%20.)

**INDDRAGELSE AF Engineering-didaktikKEN**

*(Læs mere om engineering-designprocessen længere nede i dokumentet).*

Svævebane-øvelsen er en gruppeøvelse, og det er derfor vigtigt at holde øje med, at alle eleverne i gruppen engageres i både planlægning og udførelse. Dette kan naturligvis tænkes ind, allerede når/hvis der laves grupper. Hver gruppe skal desuden udpege en **referent**, der er ansvarlig for at beskrive gruppens proces i stikord og i forbindelse med gruppens fremvisning af deres svævebane fremlægge proces og refleksioner over processen samt gruppens valg af løsninger.

Man kan vælge at lade grupperne udpege en **procesansvarlig** med ansvar for, at engineering-designmodellen bruges aktivt i deres løsning af udfordringen, og for at gruppen arbejder sig systematisk igennem delprocesserne. Man kan også overveje at udpege en **præsentationsansvarlig** med ansvar for at dokumentere gruppens proces og valg af løsning, og for at gruppens arbejde kommunikeres til øvrige grupper. Læreren kan evt. udpege de ansvarlige i hver gruppe på forhånd.

**Elevopgaven**

|  |
| --- |
| **Narrativ OG PROBLEM**  Beboerne i den afsides nordvestlige kinesiske Yunnan-provins oplever problemer med at transportere sig selv og deres varer rundt i regionen på tværs af de mange kløfter i området langs Salween-floden. De har gennem mange år benyttet sig af hjemmelavede svævebaner til at krydse floden, men efter en række ulykker på svævebanerne, grundet for høj fart, har de lokale myndigheder besluttet sig for at gøre noget ved problemet. Derfor har de hyret et hold af eksperter, som skal designe en svævebane, der sikrer en forsvarlig hastighed på banerne.  **problem**  Hastigheden på svævebanerne er svær at kontrollere og bliver ofte for høj, når beboerne skal transportere deres varer over kløfterne.  **UdfordrinG**  I skal designe og bygge en svævebane, som sikrer lav og forsvarlig hastighed på svævebanerne over Salween-floden.  **Rammer og kriterier**   * Svævebanen skal starte i 2,3 meters højde og have en længde på 5 meter. * I skal bruge en **spændeskive**, som repræsenterer en person eller varer, der skal transporteres med svævebanen. * Det skal tage **så tæt på 20 sek.** som muligt for spændeskiven at komme ned. * Snoren skal **igennem** spændeskiven * Spændeskiven må udstyres med diverse elementer, der bremser farten * I må kun anvende de **materialer, I får udleveret**, men de kan bruges frit både i form af valg af snor/bånd til glidebanen og i ’udsmykning’ af spændeskiven. * I har **45 min**. til at løse udfordringen.   **krav til jeres samarbejde**   * I skal vælge en referent, der løbende beskriver jeres proces i stikord. * I skal samarbejde og involvere alle i gruppen i både design og afprøvning af jeres svævebane. |

**ENGINEERING DESIGNPROCESSEN**

Engineering designprocessen består af syv delprocesser. Delprocesserne præsenteres herunder i den rækkefølge, man oftest vil gennemgå dem første gang, man gennemløber processen. Som lærer må man dog tilrettelægge den bedste proces ud fra elevernes erfaringer og kompetencer samt rammer som fx tid og ressourcer. Husk, at der er god hjælp at hente til alle delprocesser i den samling metodekort, som er udviklet til EDP-modellen og er rettet mod elevernes arbejde. Du finder dem på Engineer the futures hjemmeside [Hvad er engineering (engineerthefuture.dk)](https://engineerthefuture.dk/undervisning/engineering-i-gymnasiet/hvad-er-engineering/).

**model2.pdf**

*Engineering designprocesmodellen (EDP). Modellen er også i elevarket, således, at eleverne bruger modellen aktivt i deres løsning af udfordringen, og for at gruppen arbejder sig systematisk igennem de enkelte delprocesser.*

**Delproces: Forstå udfordringen**

I *Forstå udfordringen-delprocessen* skal eleverne forstå den udfordring, de er blevet stillet, eller som de selv har været med til at formulere.

*Videre til næste delproces?* Eleverne er klar til at gå videre til næste delproces, når alle har en god forståelse af udfordringen, er motiverede for at arbejde mod en god løsning og har afstemt forventningerne internt i gruppen både fagligt og socialt.

**Delproces: Undersøge**

I denne delproces kortlægger eleverne deres relevante, eksisterende viden samt indkredser og skaffer sig den viden, de har brug for/mangler.

*Videre til næste delproces?* Eleverne bør først gå videre fra denne delproces, når de har undersøgt materialerne tilstrækkeligt.

**Delproces: Få idéer**

I denne delproces skal eleverne udvikle ideer, samt forklare, forhandle og udvælge de ideer, de mener, kan løse udfordringen. Som lærer bør man være opmærksom på, at eleverne opnår variation og volumen på deres ideer fx ved hjælp af brainstorm-metodekort. Hjælp også gerne eleverne til at skabe ideer sammen, da dette mindsker konkurrence og indbyrdes sammenligning. Fx ved at eleverne arbejder videre på hinandens ideer, så alle ideer er fælles ideer.

*Videre til næste delproces?* Sørg for, at alle grupper har udvalgt én idé, som de arbejder videre med, og at alle er (nogenlunde) enige om, hvad ideen indeholder, og at den er tilpas afgrænset. Bed eleverne om at beskrive deres idé (gerne skriftligt) og redegøre for, hvilke hypoteser, deres idé bygger på.

**Delproces: Konkretisere**

Eleverne konkretiserer en udvalgt idé ved fx at lave en skitse af det, de skal konstruere. Derudover planlægger og fordeler de det videre arbejde. I denne delproces er det vigtigt, at læreren er opmærksom på at spørge ind til elevernes beslutninger, valg og fravalg.

*Videre til næste delproces?*Før de går videre til næste delproces, skal eleverne have reflekteret over, hvilke(t) element(er) af deres idé de undersøger, når de bygger deres prototype.

**Delproces: Konstruere**

I denne delproces omsætter eleverne deres idé til et konkret bud på en løsning i form af en prototype. Hjælp eleverne til at reflektere over deres prototype: Hvorfor fungerer prototypen, som den gør? Hvad skal der til for at gøre den bedre? Hvad har vi lært?

**Delproces: Forbedre**

I denne delproces testes og forbedres elevernes løsningsforslag (prototype) vha. undersøgelser eller målinger.

*Videre til næste delproces?* Denne delproces kan tage lang tid, da der altid vil være rum for forbedring. Derfor må det være op til læreren og fagets modulregnskab, hvor meget tid der kan afsættes til denne proces. Afgørende er det dog, at eleverne når til en løsning, som løser udfordringen godt nok, dvs. som lever op til de opstillede krav og kriterier.

**Delproces: Kommunikere**

Det er afgørende, at eleverne løbende kommunikerer omkring deres løsning - til læreren (fx i en logbog), til klassen eller til hinanden, da dette kvalificerer deres løsning og læring(?). Mange lærere vil også afslutte et engineering-forløb med, at eleverne laver en mundtlig eller skriftlig præsentation. I den virkelige (ingeniør) verden er det produktet, som er afgørende, men i en læringssituation er det processen og læringen, som er vigtigst. Dette bør derfor også være i fokus i elevernes præsentation. Det kan være tidsbesparende at lade eleverne præsentere for hinanden gruppevis. Dette kan også mindske præstationspresset og konkurrencekulturen i klassen. Som lærer skal du være opmærksom på følgende i denne delproces:

* Hjælp eleverne til at holde fokus på proces/læring og ikke kun prototype/løsning. Det kan fx være at bede dem redegøre for deres proces fra ideer til konkret løsning, reflektere over hvilke undersøgelser og optimeringer de har udført eller forklare/tegne/illustrere udviklingen af deres design.
* Bed eleverne reflektere over, hvordan de blev klogere vha. deres fejl.
* Sørg for, at eleverne er klædt på til at give feedback til hinanden, hvis de skal præsentere for hinanden.

**Naturvidenskabelige undersøgelser**

Da denne øvelse er kort og primært har til formål at introducere eleverne til engineering-metoden og træne dem i at arbejde i de forskellige delprocesser, fylder faglighed ikke nødvendigvis så meget. Undersøgelserne til denne øvelse vil derfor primært være materialeundersøgelser. Hvor meget friktion skaber de forskellige materialer? Hvordan kan materialernes egenskaber bringes i spil på kreative måder for at bremse farten?

**FORSLAG TIL RELEVANTE FYSIKFALIGE UNDERSØGELSER**

Energi:

* Beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning, eksempler på energiformer og en kvantitativ behandling af omsætningen mellem mindst to energiformer.

Mekanik:

* Kinematisk beskrivelse af bevægelse i én og to dimensioner.
* Kraftbegrebet og Newtons love, herunder tyngdekraft, normalkraft, gnidningskraft og luftmodstand.
* En krafts arbejde og tilhørende energiforhold.
* Systemer med energibevarelse, herunder mekanisk energi i et homogent tyngdefelt.

**FYSIKFAGLIGE UDVIDELSER**

For at få faglig tyngde på øvelsen kan det være en fordel at udføre nogle målinger, men det kan være svært at få ”ordentlige” data, hvis svævebanen ikke kører jævnt.

Dataopsamling af bevægelsen kan enten ske ved:

* Filmanalyse.
* Ultralydssensor (flagermus).
* Opmåle strækninger på banen og måle den tid, det tager at passere.

Bestemmelse af hældningen af banen ved:

* Billedanalyse.
* Vinkelmåler (gammeldags eller på telefonen).
* Måling af højde og længde (forskellige steder, hvis der er mistanke om, at hældningen ikke er konstant).

Mulige undersøgelser:

* Energiomdannelse og energibevarelse: Måling af potentiel- og kinetiskenergi.

Er der energibevarelse? Hvordan kan energibevarelsen forbedres? Er vi interesserede i energibevarelse?

* Bevægelse på skråplan: Hvordan afhænger accelerationen af massen, hældningen og gnidnings- og luftmodstanden?
* Luftmodstand: Hvad afhænger luftmodstanden af? Masse, hældning, størrelse, form, ...?
* Gnidningsmodstand: Hvad afhænger gnidningsmodstanden af? Masse, hældning, kontaktflade...?

Andre udvidelser:

* Hvordan kommer manden hjem igen?
* Hvad skal man gøre, hvis manden rejser uden ko, dvs. massen er ændret?
* Virker den også i regnvejr? I stormvejr? Er banen temperaturafhængig (der er ofte store temperaturudsving i bjergene)?
* Aktiviteten kan også udvides med frit materialevalg for eleverne. Det vil sige, at opgaven stadig er at kontrollere svævebanen, men valget af snor samt ’udsmykning’ af skiven er frit. Efterfølgende kan eleverne præsentere og begrunde deres design ud fra de kræfter, der påvirker spændeskivens hastighed.

**Lærerforberedelser og gode råd til udførslen**

1. Vurdér, hvor meget plads I skal bruge til svævebane-aktiviteten. Det er vigtigt at have nok hældning på banen for at få spændeskiven til at glide. Fx 2,3 m i højden og 5 m i længden (målt på gulvet). Det giver banen (linen) en længde på ca. 5,5 m.
2. Sørg for at have alle materialer klar og pakket til grupperne på forhånd.
3. Beslut tidsrammen for aktiviteten (fx 20 min. til at design, udvikling og afprøvning og 5-20 min. til den afsluttende prøve). Husk at sætte tid af til, at alle præsenterer deres løsning og til efterfølgende refleksion!!
4. Beslut dig for, hvordan du vil sammensætte elevgrupperne.
5. Afrunding: Få eleverne til at reflektere over deres resultater sammenholdt med deres materialevalg og design af bane og spændeskive. Sammenlign også grupperne imellem: Fx hvilken snor/bånd gav den længste nedfartstid for spændeskiven. Hvilke andre faktorer påvirkede tiden? Hvordan var spændeskiven ’pyntet’, og hvordan påvirkede det evt. gnidnings- eller luftmodstanden?

**Udvidelser**

1. Aktiviteten kan udvides med, at alle grupper, efter den fælles evaluering, forbedrer deres design, hvorefter alle svævebaner afprøves igen – eller for at spare tid: At eleverne blot fortæller, hvordan de ville forbedre deres svævebaner, hvis de havde tid.
2. Før evaluering og før eleverne forbedrer svævebane, præsenterer de deres svævebaner og begrunder deres design. Herefter kan elever og lærer i fællesskab diskutere de forskellige svævebaner og drøfte, hvilke faktorer der påvirker spændeskivens hastighed, for eksempel gnidningsmodstand, luftmodstand og tyngdekraft, og om og hvordan eleverne kan ændre på disse variabler.
3. Læreren kan også diskutere design og ingeniørvidenskab med eleverne. For eksempel at ingeniører i modsætning til forskere typisk arbejder med at løse et givent problem, men at de samtidig også er underlagt visse rammer og begrænsninger i for eksempel materialevalg, tid til rådighed og økonomi – præcis som i denne aktivitet.

Herunder kan læreren drøfte med eleverne:

* Hvor bruger man svævebaner, hvilke typer findes der, hvad kan man transportere, hvordan er de typisk bygget/af hvilke materialer? Fx svævebaner på legepladser, kabelbaner med vogne til transport af mennesker/gods op ad bjergskråninger, skilifte.
* Hvorfor kan det være nødvendigt at bremse/kontrollere hastigheden på en svævebane?
* Hvilke oplysninger er det nødvendigt at have, hvis man udvikler en rigtig svævebane (fx vægt af gods, hældning og længde på banen, vind- og vejrforhold osv.)?
* 4. Endelig kan svævebane-aktiviteten også bruges til at øve videnskabelige metoder med eleverne, fx at eleverne opstiller hypoteser for forskellige materialer eller, spændeskiver, indsamler data og drager konklusioner samt diskuterer usikkerheder.

**FORSLAG TIL TIDSPLAN**

* 15 min.: Introduktion til øvelsen og narrativ
* 50 min.: Svævebaneøvelse
  + Brug evt. de første 20 min. til at lade eleverne arbejde med idegenerering, så de ikke springer direkte til opgaveløsningen.Her kan metodekortet *”Bordet rundt”* bruges til at fastholde dem i delprocessen *”Få ideer”.*Metodekortene findes her: [Metodekort](https://engineerthefuture.dk/undervisning/engineering-i-gymnasiet/undervisningsmaterialer/metodekort/).
* Fremlæggelse for hinanden (5-7 min./gruppe)
* 20 min.: Fælles refleksion

**FORSLAG TIL MATERIALER PR. ELEVGRUPPE**

* 7 m fiskesnøre
* 7 m snor (fx sejlgarn, bomuldssnor eller lign.)
* 7 m gavebånd
* 2 x 1 m malertape
* 3 store papirklips – længde 5 cm (hvoraf den ene kan bruges til at fastgøre line til loft/væg)
* 1 mellemstor spændeskive (fx 24 mm, huldiameter 12 mm)
* 1 saks
* Evt. 1 målebånd

Materialesamlingen kan udvides til at inkludere flere typer snor og for eksempel et eller flere stykker papir eller en lille plasticpose (for eksempel den som materialerne bliver udleveret i), som eleverne kan bruge til at øge luftmodstanden med.

**OM Materialerne**

Et billede, der indeholder cirkel, kunst

Automatisk genereret beskrivelse

*Eleverne skal bruge en* ***spændeskive****, som repræsenterer en person eller varer, der skal transporteres med svævebanen. Snoren skal* ***igennem*** *spændeskiven.*

Et billede, der indeholder linje/række, Kurve, diagram, Font/skrifttype

Automatisk genereret beskrivelse

*Svævebanen skal starte i 2,3 meters højde og have en længde på 5 meter ud fra væggen.*

Et billede, der indeholder legetøj, håndlavet, saks, håndværk

Automatisk genereret beskrivelse

*Her kan I se et eksempel på materiale, som udleveres til eleverne. Spændeskiven må udstyres med diverse elementer fra det udleverede materiale, som kan bremse farten.*



Et billede, der indeholder Font/skrifttype, Grafik, grafisk design, design

Automatisk genereret beskrivelseEt billede, der indeholder tekst, Font/skrifttype, skærmbillede, logo

Automatisk genereret beskrivelse

Forløbet er udviklet af Engineer the Future og med støtte fra Villum Fonden, Novo Nordisk Fonden og Lundbeckfonden.