



## PAPIRS BRUDSTYRKE: UDFØR DIN UNDERSØGELSE

I klassen har I talt om, hvad det betyder, at papir er stærkt. I har også talt om, hvordan man kan sammenligne forskellige papirs styrke. I skal nu undersøge, om hypotesen her er rigtig:

Hypotese: Jo tungere et stykke papir er, desto større brudstyrke har det.

For at undersøge hypotesen skal I lave en undersøgelse, hvor I sammenligner forskellige typer papirs styrke med deres vægt.

### Før undersøgelsen

1. Indsaml materialer og udstyr. I skal bruge:

- 5 forskellige typer papir
- 50 glaskugler
- 1 papirklips
- 1 ½ liters bæger
- 1 hullemaskine
- 1 snor

2. Klip strimler i samme størrelse af hver type papir. Strimlerne skal være 5 x 20 cm.

3. Vej nu hver strimmel og skriv vægten ned i skemaet på side 3.

4. Hvilket materiale har den laveste brudstyrke? Begrund jeres gæt i hypotesen.

---

---

5. Hvilket materiale har den højeste brudstyrke? Begrund jeres gæt i hypotesen.

---

---

6. Giv materialerne numre fra 1-5, hvor 5 er det materiale, som I tror, er det stærkeste. Skriv det i skemaet på side 3.

## Undersøgelse

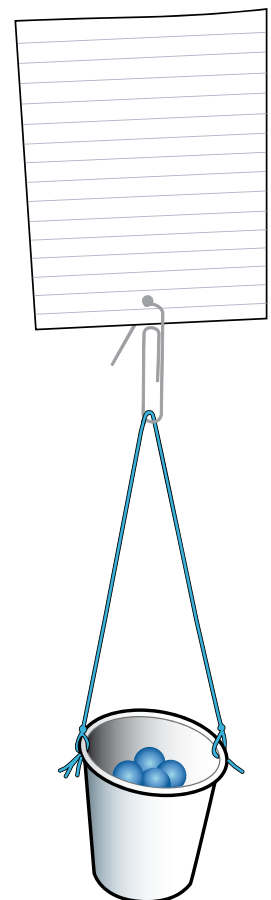
### 1. Lav opstillingen til undersøgelsen.

- Lav et hul i hver ende af hver papirstrimmel med hullemaskinen. Prøv at lave alle huller i midten og i samme afstand fra enden af hver papirstrimmel.
- Lav et hul i hver side af bægeret med hullemaskinen.
- Stik snorens ender igennem hver deres hul. Bind en knude i hver ende af snoren, så den sidder fast i bægeret.
- Fold papirklipsens ene ben lidt ud til siden.
- Træk snoren på klipsen, så bægeret hænger på klipsen ved hjælp af snoren.



### 2. Udfør jeres undersøgelse med det første papirmateriale.

- Vælg det materiale, I vil undersøge først.
- Stik papirklipsen frie ben igennem i hullet i papirstrimlen.
- Fyld forsigtigt bægeret med glaskugler en af gangen, indtil papiret bliver revet i stykker.
- Tæl antallet af glaskugler i bægeret. Skriv jeres tal ned i skemaet herunder – i feltet ”Antal glaskugler (1)”.
- Gentag nu undersøgelsen med den anden ende af papiret.
- Tæl igen antallet af glaskugler i bægeret. Skriv jeres tal ned i feltet ”Antal glaskugler (2)”.
- Regn gennemsnittet af kugler ud for de to forsøg.
- Gentag nu punkt 3 for hver af de andre papirstrimler. Husk at lave undersøgelsen to gange for hver strimmel. Regn gennemsnittet af de to undersøgelser ud.



PAPIRTYPE	VÆGT (gram)	FORUDSIG (Giv materialer numre fra 1-5, hvor 5 er det stærkeste)	ANTAL GLASKUGLER (1)	ANTAL GLASKUGLER (2)	GENNEMSNIT $\frac{(1) + (2)}{2}$	RESULTAT (Giv materialer numre fra 1-5, hvor 5 er det stærkeste)

**Efter undersøgelsen. Diskussion af resultater (i grupper)**

1. Hvilket materiale havde den laveste brudstyrke?

---

2. Hvad tror I, det bliver brugt til? Hvorfor behøver det ikke have så høj en brudstyrke?

---

---

3. Hvilket materiale havde den højeste brudstyrke?

---

4. Hvad tror I, det bliver brugt til? Hvorfor skal det være så stærkt?

---

---

5. Hvordan passer resultaterne med jeres hypotese? Passer det, at papirets styrke stiger med dets vægt? Eller kunne der også være andre ting, der påvirker papirets styrke?

---

---

---

6. Har I brug for at lave en ny hypotese? Hvis ja, så skriv jeres forslag til en ny hypotese ned her.

---

---

---

---

Skriv jeres resultater op i skemaet på tavlen.

---



## PAPIRS BRUDSTYRKE: UDFØR DIN UNDERSØGELSE

I klassen har I talt om, hvad det betyder, at papir er stærkt. I har også talt om, hvordan man kan sammenligne forskellige papirs styrke. I skal nu undersøge, om hypotesen her er rigtig:

Hypotese: Jo tungere et stykke papir er, desto større brudstyrke har det.

For at undersøge hypotesen skal I lave en undersøgelse, hvor I sammenligner forskellige typer papirs styrke med deres vægt.

### Før undersøgelsen

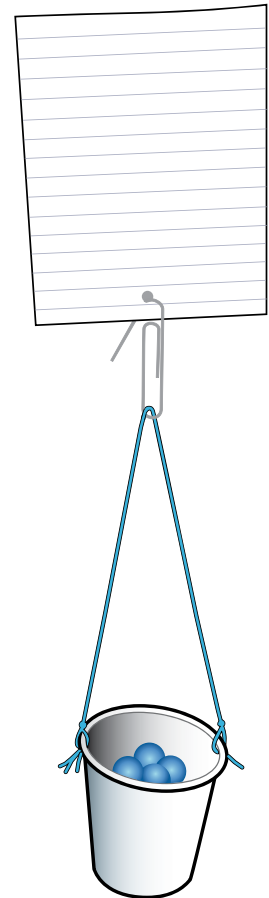
1. Indsaml materialer og udstyr. I skal bruge:
  - 5 forskellige typer papir
  - 50 glaskugler
  - 1 papirklips
  - 1 ½ liters bæger
  - 1 hullemaskine
  - 1 snor
2. Klip strimler i samme størrelse af hver type papir. Strimlerne skal være 5 x 20 cm.
3. Vej nu hver strimmel og skriv vægten ned i skemaet på side 3.
4. Hvilket materiale har den laveste brudstyrke? Begrund jeres gæt i hypotesen.
5. Hvilket materiale har den højeste brudstyrke? Begrund jeres gæt i hypotesen.
6. Giv materialerne nummer fra 1-5, hvor 5 er det materiale, som I tror, er det stærkeste. Skriv det i skemaet på side 3.

### Undersøgelse

1. Lav opstillingen til undersøgelsen.
  - a. Lav et hul i hver ende af hver papirstrimmel med hullemaskinen  
*For at kunne sammenligne resultaterne er det en god ide, at prøve at lave alle huller i midten og også i samme afstand fra enden af hver papirstrimmel.*
  - b. Lav et hul i hver side af bægeret med hullemaskine.
  - c. Stik snorens ender igennem hver deres hul. Bind en knude i hver ende af snoren, så den sidder fast i bægeret.
  - d. Fold papirklipsens ene ben lidt ud til siden.
  - e. Træk snoren på klipsen, så bægeret hænger på klipsen ved hjælp af snoren.
2. Udfør jeres undersøgelse med det første papirmateriale.
  - a. Vælg det materiale, I vil undersøge først.
  - b. Stik papirklipsens frie ben igennem i hullet i papirstrimlen.



- c. Fyld forsigtigt bægeret med glaskugler en af gangen, indtil papiret bliver revet i stykker.
- d. Tæl antallet af glaskugler i bægeret. Skriv jeres tal ned i skemaet herunder – i feltet ”Antal glaskugler (1)”.
- e. Gentag nu undersøgelsen med den anden ende af papiret.
- f. Tæl igen antallet af glaskugler i bægeret - skriv jeres tal ned i feltet ”Antal glaskugler (2)”.
- g. Regn gennemsnittet af kugler ud for de to forsøg.
- h. Gentag nu punkt 3 for hver af de andre papirstrimler. Husk at lave undersøgelsen to gange for hver strimmel. Regn gennemsnittet af de to undersøgelser ud.



### Efter undersøgelsen. Diskussion af resultater (i grupper)

1. Hvilket materiale havde den laveste brudstyrke?
2. Hvad tror I, det bliver brugt til? Hvorfor behøver det ikke have så høj en brudstyrke?
3. Hvilket materiale havde den højeste brudstyrke?
4. Hvad tror I, det bliver brugt til? Hvorfor skal det være så stærkt?
5. Hvordan passer resultaterne med jeres hypotese? Passer det, at papirets styrke stiger med dets vægt? Eller kunne der også være andre ting, der påvirker papirets styrke?  
*Der er flere måder, hvorpå man kan øge papirs styrke. Man kan selvfølgelig gøre papiret tykkere, men man kan også øge styrken ved at folde det, som i bølgepap eller ved at behandle overfladen kemisk.*
6. Har I brug for at lave en ny hypotese? Hvis ja, så skriv jeres forslag til en ny hypotese ned her.
7. Skriv jeres resultater op i skemaet på tavlen.

### Efter undersøgelsen. Diskussion af design (i klassen)

Her er formålet at fokusere på det generelle ved undersøgelsen, for at eleverne lærer, hvad der udgør en god undersøgelse, nemlig at:

- resultaterne fra én undersøgelse kan sammenlignes med en anden (sammenlignelig undersøgelse).
- undersøgelsen kan gentages af andre med samme resultat (reproducérbar undersøgelse).
- man undgår eller minimerer fejlkilder og usikkerheder.

1. Bed grupperne sammenligne deres resultater. Har alle fået det samme resultat?
2. Hvis ikke, så spørg eleverne, om de kan få øje på fejlkilder eller usikkerheder ved undersøgelsen, der har gjort det svært at få de samme resultater?
  - a. Er der fx. trin i undersøgelsen, som grupperne har udført forskelligt?
  - b. Har der været for store usikkerheder fx ved udmåling af materialernes størrelse eller aflæsning af målinger?
  - c. Har grupperne brugt forskelligt udstyr eller materialer?
  - d. Hvordan kunne evt. fejlkilder og usikkerheder fjernes?
3. Bed også eleverne identificere de forhold ved deres undersøgelse, som fungerede godt.
  - a. Hvordan undgik de fejlkilder og usikkerheder?
  - b. Hvordan sikrede de sig, at grupperne kunne sammenligne deres resultater.
4. Spørg evt. eleverne, hvordan de tror, man i industrien undersøger papirs styrke<sup>1</sup> og hvordan de selv ville gøre, hvis de ikke skulle tage hensyn til tid og begrænsninger i udstyr på skolen.

MODUL 2-4: DTU-UNDERSØGELSE AF STYRKE 2 - GLASKUGLER



PAPIRTYPE	VÆGT (gram)	FORUDSIG (Giv materialer numre fra 1-5, hvor 5 er det stærkeste)	ANTAL GLASKUGLER (1)	ANTAL GLASKUGLER (2)	GENNEMSNIT $\frac{(1) + (2)}{2}$	RESULTAT (Giv materialer numre fra 1-5, hvor 5 er det stærkeste)

Eksempel på resultater med 25 mm kugler:

PAPIRTYPE	VÆGT (GRAM)	ANTAL KUGLER (25 MM DIAMETER, 19 g)	BELASTNING I ALT (GRAM)	RESULTAT
Pap	8	43	813	4
Glat plakatpapir	3	19	366	3
Printerpapir (kraftigt)	2	13	250	2
Avispapir	2	6	116	1