



Hvor sterk er «duct tape»?

Forfatter: Sindre Haugland Paulshus, Vestby videregående skole

Det skulle undersøkes hvor stor kraft duct tape kan motstå på ulike materialer. Gjennom å bruke en metode hvor teipen løsner av at tyngden gjør et arbeid på den, kan vi finne en maksimumsverdi for kraften teipen kan motstå i 30 s. Resultatene viser at metall er et bedre materiale for duct tape enn tre. Duct tape på metall holdt i gjennomsnitt 2327 g, mens på tre holdt det i gjennomsnitt 1575 g. Resultatene er unøyaktige, men sannsynlige.

1. INNLEDNING, HYPOTESE OG PROBLEMSTILLING

Duct tape er en teiptype kjent for å være veldig sterk og ha mange bruksområder, for eksempel i hobby og hjemmefiksing. Det finnes flere variasjoner av duct tape, for eksempel gaffateip og varme-resistent folie. Gaffateip brukes mye i teater, film- og TV-industrien. Duct tape er oppbygd i tre lag («The sticky truth...», 2016). Det ytterste laget er en type plast kalt polyetylen. Polyetylen er den vanligste plasten i verden («Polyethylene», 2016). Det blir brukt som ytterste lag på duct tape, fordi limet ikke fester like godt i den som i andre materialer. Dette gjør at kan man lage duct tape-ruller. Det midterste laget er vevd stoff. Det kan være forskjellige typer, for eksempel bomull, polyester eller nylon. Stoffet gir teipen styrke, og gjør at den er lett å rive av. Det siste laget er limet. Limet er gummi-basert og er det man kaller «pressure-sensitive adhesive», altså lim som holder seg fast med fysiske krefter, ikke ved kjemiske reaksjoner mellom limet og materialet i det den påføres (Julia Layton, 2013). Dette betyr også at den kan tas av og brukes på nytt. Limet holder seg fast i en overflate ved hjelp av to krefter: Mekaniske krefter og Van der Waalske krefter (Julia Layton, 2013). Kreftene lager bindinger mellom limet og overflaten. Disse bindingene er ikke i seg selv veldig sterke, men siden det lages mange av dem sitter teipen godt fast («What are the...», 2012). De mekaniske kreftene er et produkt av at limet er fuktig. Molekylene i limet beveger seg mye og har svake kjemiske bindinger med hverandre. Ved å presse teipen mot en overflate kan limet sige inn i porer og ujevnheter. At limet siger inn i overflaten vil gjøre at den har mekanisk styrke, noe som gjør at den sitter fast. Desto bedre limet er til å sige, desto sterkere fysiske bånd blir laget. Over tid kan de fysiske båndene bli sterkere etter som limet fortsetter å sige inn i overflaten. Samtidig som limet lager fysiske bånd, virker Van der Waalske krefter for å styrke båndet med molekylene i overflaten. Van der Waalske krefter er tiltrekninger mellom nøytrale molekyler. I noen øyeblikk vil elektronene i molekylet være ulikt forskjøvet og vil gjøre molekylet polart, altså at den har en positiv og en negativ del. Dette kan påvirke et annet molekyl slik at det også polariseres. De momentane polare molekylene vil da tiltrekke hverandre, positiv mot negativ. Bindingen mellom de to molekylene kaller vi en Van der Waalsk binding («Van der Waalske krefter», 2016).

Vi tenker kanskje ikke på det, men vet vi egentlig hvor sterk duct tape er? Hvor mange kilogram kan den holde? Hvor stor kraft kan limet motstå? Det kan være nyttig å vite hvis man vet hvor store krefter teipen vil bli utsatt for. Da kan man finne ut av hvor mye teip man burde ha i ulike situasjoner. Logisk nok, burde materialet teipen er festet til ha noe å si for hvor sterk teipen er og derfor skal det også undersøkes. Det ble bare funnet én annen pålitelig forskning som var gjort på styrken til duct tape («Adhesive tape strength», 2016). I forsøket mitt ble det brukt «Duct Tape Professional» av Clas Ohlson.

Problemstilling: «Hvor stor kraft per areal kan limet i duct tape motstå?»

Hypoteser: «Styrken til duct tape vil være avhengig av hvilket materiale den er festet til»

2. UTSTYR

Se tabell 2 for dimensjoner og data.

Tabell 1: Det anvendte utstyret og materialer i forsøket. Vekten må kunne måle fra 1 g til 5000 g

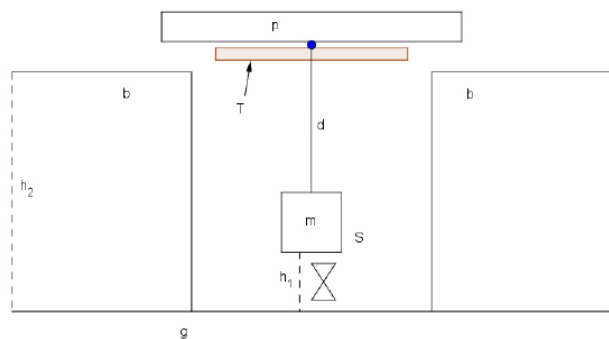
| Duct tape, «Duct Tape Professional» av Clas Ohlson | Metallplate | Treplate | Lift (evt. Labratoriejekk) | Bøtte (10 L) |
|--|-------------|----------|----------------------------|--------------|
| Vekt (1 g-5000 g) | Tråd | Blyant | 2 pulter | Vann |

3. METODE

For hver av platene ble det gjort følgende, som vist i figur 2: To pulter ble satt 45cm fra hverandre og den aktuelle platen ble lagt i mellom. En ca. 7 cm lang blyant ble lagt midt på platen. Blyanten ble lagt slik at tuppene pekte mot langsiden til platen. Det er valgt å bruke en blyant istedenfor å bruke bare tråd, fordi da vil kreftene distribueres likt i den delen av teipen blyanten er nær. Teipen ble målt til 20 cm og festet over blyanten i platens lengste retning. Midt på en ca. 80 cm lang tråd ble det hengt en bøtte og i endene på blyanten ble det knytt på endene av tråden. Under bøtten blir det lagt en lift. Liften brukes fordi når bøtten fylles på starten og henges på, vil det rykke i teipen. Ved å bruke liften skjer dette rykket over en kontrollert tid og vil sannsynligvis ikke påvirke teipen i en betydelig grad. I tillegg fungerer liften som en demper av fallet til bøtten. Når teipen løsner og bøtten faller ned vil liften stå rett under og ta imot. Da vil ikke vannet i bøtten kunne søles ut. Oppsettet er vist i figur 2. Dimensjoner og data er vist i tabell 2.



Figur 1: Liften brukt i forsøket. Den kan skrues til høyere og lavere høyde. Brukt for å hindre rykking.



Figur 2: Oppsettet. p er platen, T er teipen, m er vekten/bøtten, d er tråden, b er bord, g er gulv, h_1 er liften, h_2 er bordhøyden og den blå prikken er blyanten.

| DIMENSJONER OG DATA | | |
|---------------------|-----------------|---------------------------|
| Symbol | Data | Verdi |
| p | Plate-dimensjon | (50x15x2) cm ³ |
| T | Teip-dimensjon | (20x5) cm ² |
| d | Trådlengde | 40 cm |
| h ₂ | Bordhøyde | 100 cm |
| | Bøttemasse | 190 g |
| | Trådmasse | 8 g |
| | Blyantmasse | 4 g |

Tabell 2: Dimensjoner og data om ulike deler av utstyret og oppsettet.

Gjennomføringen skjedde i to faser, en forprøve og deretter de virkelige testene. Forprøven er ikke en del av resultatet, men ga en forståelse av gjennomføring og en ca. maksimalvekt teipen kunne holde. På bakgrunn av forprøven ble startvekten for platene i de virkelige testene valgt. Under begge fasene startet bøtten på liften, men deretter ble liften skrudd ned til en lavere høyde slik at bøtten hang etter tråden. Etter hvert som teipen løsnet og bøtten begynte å hvile på liften, ble liften skrudd ned ytterligere. Da en test var ferdig ble liften skrudd opp til original høyde. Testene ble gjennomført på følgende vis:

Testene:

- *Metallplate*: Bøtten ble fylt med vann til ca. 1700 g mens den hvilte på liften. Liften ble skrudd ned og bøtten fylt med ca. 50 g per 30 s til teipen løsnet.
- *Treplate*: Bøtten ble fylt med vann til ca. 900 g mens den hvilte på liften. Liften ble skrudd ned og bøtten fylt med ca. 50 g per 30 s til teipen løsnet.

Etter hver gang teipen hadde løsnet ble bøttens vekt med innhold veid og notert. Det ble lagt på ny teip for hvert enkelt forsøk. Det ble gjennomført et likt antall tester av hvert materiale.

For å kunne konkludere statistisk at det er en forskjell i styrke mellom materialene ble det gjennomført en t-test i Geogebra. Dette skjedde ved å legge resultatene inn i regnearket, markere disse og deretter velge «Analyse av flere variabler». Deretter ble det trykket på «Vis statistikk» og valgt «T-test, Differanse mellom gjennomsnitt». Da får man oppgitt en P-verdi. Bare ved en P-verdi under 0.05 kan man konkludere med at det er en statistisk forskjell.

4. RESULTATER

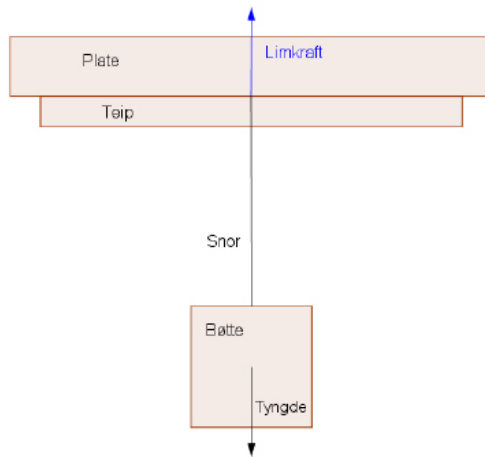
For å finne kraften teipen motstår blir det brukt Newtons 1. lov, at hvis summen av krefter er lik null på et system, må farten være konstant eller null ($\Sigma F=0 \leftrightarrow v=\text{konstant}$). Bøtten blir, som alt annet med masse, dratt ned av tyngdekraften. Kraften tyngdekraften trekker med kalles tyngden. Selv om bøtten trekkes ned av tyngdekraften står bøtten i ro når den henger fra teipen. Det betyr at kraften til teipen er like stor som tyngden, bare motsatt rettet. Det betyr at vi kan bruke Newtons 1. lov for å finne limkraften. Se figur 3. Under er vist med formelen hvordan man kan finne limkraften. m er vekten til blyanten, tråden, bøtten og vannet i bøtten. g er tyngdekraften ved overflaten på jorda. Positiv retning er valgt loddrett på tyngdekraften. Tyngden kan uttrykkes som: $Tyngde = m \cdot g$.

$$\Sigma F = 0$$

$$Limkraft - Tyngde = 0$$

$$Limkraft = Tyngde$$

$$Limkraft = m \cdot g$$



Figur 3: Kraftene vi utnytter for å finne limstyrken.

| Metallplate | | |
|-------------|----------------|------------|
| Nr. | Vekt holdt (g) | Styrke (N) |
| 1 | 2548 | 24.996 |
| 2 | 2343 | 23.985 |
| 3 | 2194 | 21.523 |
| 4 | 2034 | 19.954 |
| 5 | 2174 | 21.327 |
| 6 | 2467 | 24.201 |
| 7 | 2535 | 24.868 |
| Gjen. snitt | 2327 | 22.836 |

Tabell 3: Vekten teipen holdt i gram og styrken dens i newton. Snitt er gjennomsnittet i vekt holdt og styrke.

| Treplate | | |
|-------------|----------------|------------|
| Nr. | Vekt holdt (g) | Styrke (N) |
| 1 | 1222 | 11.988 |
| 2 | 1631 | 16.000 |
| 3 | 1260 | 12.360 |
| 4 | 1207 | 11.841 |
| 5 | 1718 | 16.854 |
| 6 | 2193 | 21.513 |
| 7 | 1796 | 17.519 |
| Gjen. snitt | 1575 | 15.454 |

Tabell 4: Vekten teipen holdt i gram og Gjen.snitt er gjennomsnittet i vekt holdt og styrke.

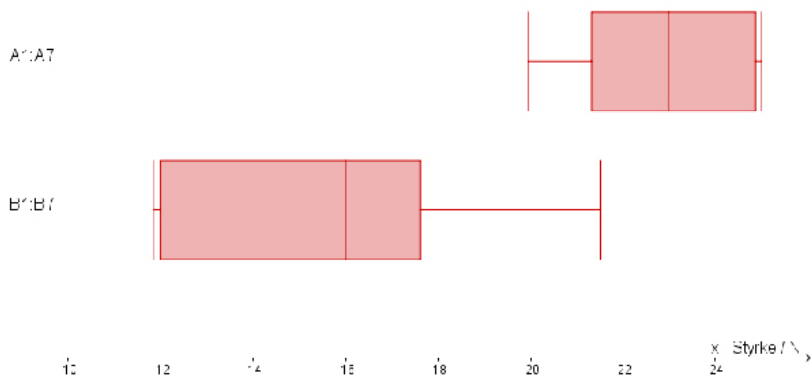


Diagram 1: Boksplott av resultatene laget i Geogebra. A1:A7 er metallplaten, B1:B7 er treplaten.

Statistisk analyse ved bruk av T-test, Differanse mellom gjennomsnitt (Geogebra) for sammenligning av resultatene med henholdsvis treplate og metallplate, ga en p-verdi på 0,00096.

For å finne styrken per areal settes styrken til teipen i forhold til arealet av teipen. Formelen ser slik ut, F er styrken:

$$\frac{\text{Styrke}}{\text{Areal}} = \frac{F}{(0.2m \cdot 0.05m)}$$

| | Styrke per areal: |
|---------------------------|----------------------|
| Gjennomsnitt metallplate: | 2283N/m ² |
| Gjennomsnitt treplate: | 1545N/m ² |

Tabell 5: Gjennomsnitt av teipens styrke per areal hos de to materialtypene.

5. DISKUSJON

Det er en del svakheter med gjennomføringen av dette forsøket som kan gi unøyaktige resultater. En feilkilde er at duct tape er kjent for å legge igjen limrester etter den er tatt av. Dette betyr at ujevnheter som limet skal sige inn i, kan bli tettet etter hvert og kan gjøre at resultatene senere i forsøket gir lavere styrke på teipen. Resultatene viser at dette ikke skjedde. De siste resultatene viste faktisk lik eller større styrke enn de på starten. Dette kan tyde på at limrestene kanskje binder seg til den nye teipen og faktisk gir økt styrke. En annen feilkilde, en tilfeldig feil, som godt kan ha skjedd, er at teipen ble påført med ulik kraft for hver test. Teipen ble festet etter beste evne, men måtte settes på for hånd og den kan ha blitt satt på litt forskjellig hver gang. Teipen er av typen «pressure sensitive» og hvor godt teipen ble trykket ned til hver test kan ha påvirket resultatet. Teipen måtte også klippes for hånd, derfor kan små arealforskjeller ha oppstått, men de er sannsynligvis for små til å ha noe å si. Noe annet å merke seg er at teipen bare ble testet 7 ganger på hvert materiale. For å kunne si noe mer sikkert, burde teipen blitt testet flere ganger på hvert materiale. Selv om resultatene virker sannsynlige, burde det ha bli gjort flere tester for å kunne være mer sikker på resultatene.

Vi kan først se at hypotesen «Styrken til duct tape vil være avhengig av hvilket materiale den er festet i» styrkes. Resultatene viser at teipen er sterkere på metall enn på tre. Dette kan illustreres godt med boksplottet i diagram 1. Ved bruk av T-test i Geogebra kan vi konkludere med at det er en statistisk forskjell i styrken til materialene, noe som styrker hypotesen ytterligere. Det kan virke litt motsigende at metallplaten var bedre enn treplaten, siden treplaten har flere ujevnheter som limet kan sige inn i. Det som sannsynligvis gjør at tre fortsatt er et dårligere materiale for teipen, er at ujevnheterne er for store for at limet kan sige inn i dem. Ujevnheterne virker da som steder teipen ikke får feste og gir dårligere styrke.

Den ene andre forskningen som hadde blitt gjort på dette feltet, av All-science-fair-projects.com, fikk resultater som var nærme mine egne. I følge dem kunne 20 cm av teipen holde 1950 g. Det var derimot noen negative sider ved gjennomføringen. De hadde for eksempel bare én parallell av testene med duct tape. Likevel vurderte jeg metoden deres som god og tok inspirasjon fra den. Å teste teipens styrke på denne måten gjorde det lett og trygt å vite hvor stor styrke den tåler.

Styrken per areal er en verdi som kan anvendes. Hvis man for eksempel vil holde noe oppe med duct tape og man vet vekten av gjenstanden, kan man regne ut hvor mye duct tape som trengs. For tre var dette 1545 N/m² og for metall var dette 2283 N/m².

7. KONKLUSJON

Skal vi svare på hvor sterk duct tape er får vi flere svar, på grunn av at styrken varierer fra materiale til materiale. Hypotesen «Styrken til duct tape vil være avhengig av hvilket materiale den er festet i.» er styrket. Teipen holdt 1575 g i gjennomsnitt på tre og 2327 g i gjennomsnitt på metall. Styrken per areal var 1545 N/m² for tre og 2283 N/m² for metall.

KILDELISTE

- Humantouchofchemistry.com, «The sticky truth about adhesive tape», 2016, tilgjengelig: <http://humantouchofchemistry.com/the-sticky-truth-about-adhesive-tape.htm> (02.01.2017)
- Wikipedia.com, «Polyethylene», 2016, tilgjengelig: <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene> (02.01.2017)
- Julia Layton, «How Adhesive Tape Works», 2013, tilgjengelig: <http://science.howstuffworks.com/innovation/everyday-innovations/adhesive-tape.htm> (02.01.2017)
- Wikipedia.com, «Duct Tape», 2016, tilgjengelig: https://en.wikipedia.org/wiki/Duct_tape (02.01.2017)
- All-science-fair-projects.com, «Adhesive tape strength», 2016, tilgjengelig: http://www.all-science-fair-projects.com/print_project_1198_147 (05.01.2017)
- Thekeytosurvival.com, «Military '100MPH Duct tape'», 2009, tilgjengelig: <http://www.thekeytosurvival.com/storetitles/usmilitarysurvgear/ducttape.html> (23.01.2017)
- Wikipedia.com, «Van der Waalske krefter», 2016, tilgjengelig: https://no.wikipedia.org/wiki/Van_der_Waalske_krefter (23.01.2017)
- Wikipedia.com, «P-verdi», 2017, tilgjengelig: <https://no.wikipedia.org/wiki/P-verdi> (26.04.2017)