

# Bygge statistisk modeller med kategoriske variabler (ANOVA, t-test)

Christian Magelssen

2021-04-02



# Contents

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Datasett</b>	<b>7</b>
2.1	Bør man trene med ett eller flere sett i styrketrening? . . . . .	7
2.2	Gjennomsnitt for de to gruppene . . . . .	9
2.3	Figur av datasettet . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Koding av kategoriske variabler</b>	<b>13</b>
3.1	Dummykoding . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Bygge statistisk modeller</b>	<b>15</b>
4.1	Hensikten med modellbygging . . . . .	15
4.2	Modellbygging med ‘Null-Hypothesis Significance Testing (NHST)’	19
4.3	Null-modellen (null-hypotesen) . . . . .	20
4.4	Alternativ modell (alternativ hypotese) . . . . .	26
4.5	ANOVA-tabell (variansanalyse) . . . . .	29
4.6	T-test . . . . .	31
<b>5</b>	<b>Hvordan finne linjen i modellen?</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Write-up</b>	<b>37</b>



# Chapter 1

## Introduksjon

I dette kapittelet skal vi lære å bygge statistiske modeller for å teste om **to eller flere grupper er forskjellige på en avhengig variabel som er kontinuerlig**.

En variabel kan sies å være **kontinuerlig** når vi kan bestemme hvor presist vi ønsker å måle den. For eksempel regnes tid som en kontinuerlig variabel fordi det (i prinsippet) ikke finnes noen grenser hvor presist vi kan måle det; vi kan måle det i år, måneder, uker, dager, timer, minutter, sekunder, tideler, hundredeler eller tusendeler.

**Grupper** defineres i psykologifaget som en samling mennesker som deler bestemte karakterstikker. Det kan være spillere på et fotballag, individer på et treningssenter, eller menn og kvinner. Dette er også eksempler på naturlig inndelte grupper i samfunnet. Noen ganger kan det være interessant å se om disse gruppene er forskjellige. For eksempel kan det være interessant å se om individer som trener på treningssenter er sterkere enn de som ikke trener på treningssenter.

Andre ganger kan det være interessant å teste om to grupper, som var like før et eksperiment, har blitt forskjellige fordi vi har behandlet dem ulikt. Vi randomiserer individer i to ulike grupper, slik at vi sikrer at vi blander disse individene godt (f.eks kjønn, motivasjon, interesser). Hvis eksperimentet har blitt gjennomført godt at det ikke er noen andre forklaringer på at disse to gruppene har blitt forskjellige etter intervensjonsperioden, så kan vi trekke en slutning om disse to gruppene trolig ikke kommer fra samme populasjon lenger; eksperimentet har gjort at disse to gruppene trolig kommer fra to forskjellige populasjoner.



## Chapter 2

# Datasett

### 2.1 Bør man trene med ett eller flere sett i styrketrening?

Mange utrente lurer på hvor mange serier de bør gjennomføre for å oppnå maksimal treningseffekt i styrketrening. Noen føler at de blir slitne etter ett sett og at dette derfor er tilstrekkelig. Andre mener at et hardere treningstimuli er nødvendig, selv om man er utrent, og at to eller flere sett derfor er bedre. En forsker som var tidlig ute med å undersøke var Bent Rønnestad (Rønnestad et al., 2007)

Eksperimentet ble gjennomført som et **between-subject design** med to grupper: en gruppe trente 1 sett på underkroppen og 3 sett på overkroppen; En annen gruppe trente 3 sett på underkroppen og 1 sett på overkroppen. Disse gruppene kalte han henholdsvis **1L-3U** og **3L-1U** (L=lower; U=Upper).

De to gruppene trente 3 ganger i uken i totalt 11 uker. Forskergruppen ville så se hva som ga mest fremgang i 1RM på underkroppsøvelser. Den avhengige variabelen ble derfor %-fremgang på 1RM på underkroppsøvelser.



Vi har ikke tilgang til dette datasettet, men vi har simulert dette datasettet i R basert på verdiene som ble oppgitt i artikkelen. Datasettet blir tilnærmet likt, men siden det er en simulering blir det aldri helt identisk. Datasettet ser du i tabellen under.

Du kan få nøyaktig samme datasett ved å klippe ut og lime inn følgende kode i en skript-fil i R (husk å laste inn tidyverse-pakken, `library(tidyverse)`). Du kan også laste ned datasettet som en .csv fil fra canvas.

```
set.seed(2002) #viktig å ha med denne for å få nøyaktig samme datasett
tre.sett <- rnorm(n = 12, mean = 41, sd = 5) #12 individer
ett.sett <- rnorm(n = 12, mean = 21, sd = 5) #12 individer

#lager en tibble fra tidyverse-pakken. Må ha lastet inn tidyverse library(tidyverse) i
dat <- tibble(individ = seq(1:24),
              gruppe = rep(c("tre.sett ", "ett.sett"), c(length(tre.sett), length(ett.sett))),
              rm = c(tre.sett , ett.sett))
```

**Oppgave** Før du går videre er det greit at du gjør deg kjent med datasettet som vi har generert. Studer datasettet og svar på følgende spørsmål:

- Hvor mange kolonner er det i tabellen over?
- Hvor mange deltakere var med i studien?
- Hvilke to verdier kan variabelen gruppe? og

## 2.2 Gjennomsnitt for de to gruppene

Bra! Det er alltid viktig å bli kjent med sitt eget datasett, men nå som du har det kan vi gå videre. Vi er interessert i om det er forskjeller mellom de to gruppene ("tre.sett" vs. ett.sett) på % fremgang fra pre- til post-test. Så kanskje vi kan starte med å se om det er forskjeller i gjennomsnitt mellom to gruppene? Dette kan enkelt gjøres i R, Jamovi eller excel. Her er en kode for å gjøre dette i R:



Table 2.1: Simulert datasett

individ	gruppe	rm
1	tre.sett	40.46704
2	tre.sett	49.07223
3	tre.sett	47.94131
4	tre.sett	44.51389
5	tre.sett	52.28750
6	tre.sett	40.01750
7	tre.sett	49.48425
8	tre.sett	29.21048
9	tre.sett	40.59293
10	tre.sett	37.58676
11	tre.sett	35.42651
12	tre.sett	42.49354
13	ett.sett	17.70576
14	ett.sett	17.07181
15	ett.sett	18.26811
16	ett.sett	25.42594
17	ett.sett	32.70313
18	ett.sett	19.10226
19	ett.sett	22.23827
20	ett.sett	22.27148
21	ett.sett	26.17889
22	ett.sett	20.34857
23	ett.sett	23.52773
24	ett.sett	17.95966

```
#jeg lager et oobjekt som heter mean_rm
mean_rm <- dat %>%
  #Jeg grupperer etter gruppe, slik at jeg får et mean for hver gruppe istf. for å få
  #group_by er en funksjon for dette
  group_by(gruppe) %>%
  #deretter bruker jeg summarise funksjonen for å regne gjennomsnitt
  summarise(mean.fremgang.1RM = mean(rm))
```

Koden gir oss følgende tabell: \begin{table}

\caption{Gjennomsnittlige %-vis fremgang for de to gruppene}

gruppe	mean.fremgang.1RM
ett.sett	21.90013
tre.sett	42.42450

\end{table} **Oppgave a)** Hvilken gruppe hadde mest fremgang? ett.sett  
tre.sett‘

## 2.3 Figur av datasettet

Vi kan også presentere dataen i en figur. For denne typen data er det veldig vanlig å bruke et **stolpediagram**:

Et stolpediagram er pent å se på, men er egentlig designet for å kategoriske data. For eksempel er det fint å bruke dette når vi skal presentere frekvensen antall som har kjørt bil til skolen og antall personer som har gått. Les (Weissgerber et al., 2015)(<https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1002128>). Deretter svar på følgende spørsmål for å se om du har forstått problemene ved å bruke stolpediagram på kontinuerlig data.

### Oppgave.

- Stolpediagram er designet for kontinuerlig kategorisk data.
- Høyden på stolpen representerer (bruk det norske begrepet!), hvilket vil si at det også må ligge noen observasjoner over og under stolpen.
- Et stolpediagram viser ikke standard error standardavvik CI fordelingen av observasjonene, og dette spesielt være problematisk ved store små.
- Forfatterne av artikkelen anbefaler mer bruk av bar graph scatterplot for kontinuerlige variabler.
- Ofte er det brukt error sammen med stolpediagram.

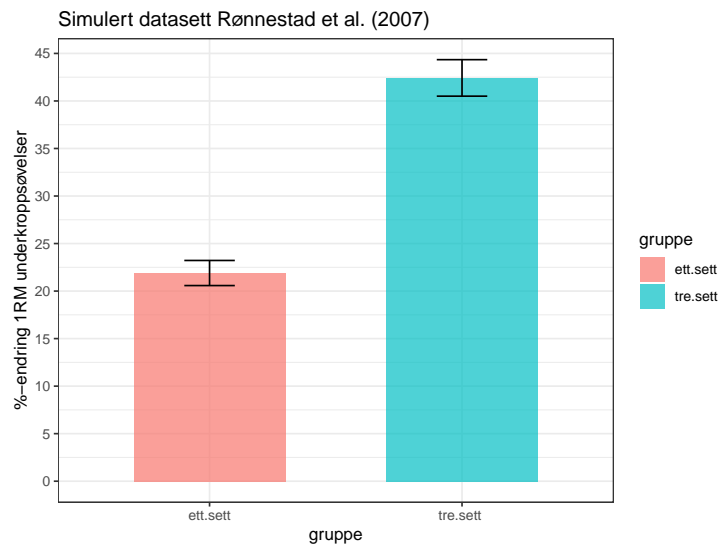


Figure 2.1: Here is a nice figure!

Hvis man likevel ønsker å bruke et stolpediagram for å presentere dataen er det viktig at man forteller om man har brukt SE, SD eller CI. Stanard error for gjennomsnittet regnes ved å ta  $SD/\sqrt{n}$ , så ved store utvalg vil standard error være høyt lite. Standardavviket er kun  $\sqrt{\text{varians}/n - 1}$ , så denne vil i større mindre grad være påvirket av utvalgsstørrelsen”.



## Chapter 3

# Koding av kategoriske variabler

I tabellen på s. kan du se at vi har en tabell med tre kolonner: en kolonne for hver variabel vi har i vårt datasett. Variabelen **gruppe** er en kategorisk variabel som har to ulike verdier: “ett.sett” og “tre.sett”. Dette er de to gruppene som vi skal teste om er forskjellige. I programmeringsverdenen kalles disse denne typen data for et tekstobjekt, “strings” (python/javascript) eller “characters” (R). På norsk kalles disse verdiene for ord. Uansett navn er problemet at vi ikke kan putte ord inn i en statistisk modell; vi er nødt til å representere denne kategoriske variabelen med tallverdier. Det er flere måter å gjøre dette på, men de forskjellige måtene gir ulik resultat. Derfor må vi vie en god del tid på dette. Vi går gjennom to måter å gjøre dette på.

### 3.1 Dummykoding

En vanlig metode kalles **dummykoding** eller **treatment-koding**. Den går ut på å lage en eller flere variabler med 0 og 1 som de to mulige verdiene. Antall variabler vi trenger avhenger av antall grupper vi vil sammenligne. Siden vårt datasett kun inneholder to grupper, så trenger vi kun en variabel. Vi kan den ene gruppen og den andre 1. Hovedregelen er at vi gir 0 til baselinegruppe og 1 til den eksperimentelle gruppen. Vi gir derfor 0 til 1.sett-gruppen og 1 til 3.sett-gruppen. Gjør dette før du går videre.

I R og Jamovi kan du gjøre det med følgende if/else statement. I R kan du bruke følgende kode:

```
#lager et nytt objekt som heter dummykodet.dat  
dummykodet.dat <- dat %>%
```

```
# her lager jeg en ny kolonne som heter dummykoder. If gruppe == 'ett.sett', gi verd  
mutate(dummykodet = if_else(gruppe == "ett.sett", 0, 1))
```

I jamovi ville jeg sett følgende video:

## Chapter 4

# Bygge statistisk modeller

### 4.1 Hensikten med modellbygging

Modellbygging er en av forskernes viktigste oppgaver. Vi bygger modeller for å beskrive dataen som vi har samlet inn. Disse modellene vil aldri være en perfekt beskrivelse av dataen eller verden rundt oss, men de kan hjelpe oss til å forstå den bedre. Noen ganger er modellene vi bygger gode; da beskriver de dataen godt. Andre ganger er de dårligere, og da er det ikke noe poeng å bruke de. En modell er en enkel representasjon av dataen, men som sier noe om hva vi forventer at individ hadde på den avhengig variabelen vi har målt, som i dette tilfellet er % fremgang i 1RM maks.

Modellene vi skal bygge vil alltid være en variant av ligningen under. Vi bare bytter ut det i parentes med en spesifikk modell som vi ønsker å bygge.

Mange frykter ligninger. Vi også. Men det er ikke så ille når man blir vant til det, og det kommer vi til å bli med litt øving. Som vi sa kommer vi til å bruke denne ligningen til alle være statistiske tester.

$$data_i = (modell) + error_i$$

La oss bryte denne ligningen ned:

**Data** er den faktiske observasjonen et individ har hatt på den avhengige variabelen. I dette tilfellet er det fremgang i 1RM underkropp. Legg merke til den lille  $i$ -en som står bak data og error i ligningen. Denne betyr individ og betyr bare at vi kan bruke en modell til å si noe om hva at individ hadde på den avhengig variabelen. Vi kan erstatte  $i$ -en med 3 eller 8. Da betyr det bare

at vi kan bruke en modell til å si noe om individ 3 og 8. Vi bruker i for å holde det generelt. Statistikere bruker ofte begrepet begrepet predikere. Å predikere er et verb synonymt med å forutsi. Min måte å tenke på det er at vi ønsker å si hva en person hadde som faktisk observasjon på den målte avhengig variabelen.

**Modell** er egentlig bare en representasjon av denne dataen, mens **error** er hvor mye modellen bommer fra den faktiske observasjonen (dvs. data). Dette blir nok mer oppklarende om vi bruker et eksempel:

Forestill deg at du er lege, og at du får inn en pasient som sier hun har feber. Du vet at den normale kroppstemperaturen er 37, så da kan vi bruke 37 som modell.

$$kroppstemperatur_i = 37 + error_i$$

Det neste du gjør er å ta en febermåling av pasienten, og du måler kroppstemperaturen hennes til å være 40.

$$40 = 37 + error$$

Modellen din tar feil med 3 grader, fordi  $40 - 37 = 3$ . Vi kaller slike feil for error.

$$40 = 37 + 3$$

Formelt sett regner vi error for en hvilken som helst modell ved å få error i ligningen alene, ved å reorganisere ligningen.

$$data_i = modell + error_i$$

$$error_i = data_i - modell$$

$$3 = 40 - 37$$

Gratulerer, du har bygget din første modell. Denne modellen var riktignok nokså enkel, men du vil nok se at det vi skal gjøre videre ikke er så annerledes. Vi bygger riktignok ikke modeller for å passe perfekt til ett enkelt individ, men til et helt datasett. I en studie har du ofte mange deltakere med, og modellen vi skal bygge bør være en god representasjon av disse individene. Med andre ord bør erroren i modell være så liten som mulig. **Dette er viktig!** Vi ønsker å bygge statistiske modeller som er gode, og vi ønsker å sammenligne ulike modeller for å se hvilke av disse modellene som reduserer erroren mest mulig.

Det er en mer korrekt og presis måte å skrive ligningen under på, og som du ofte ser i artikler og statistikkbøker:



Vi kommer til å benytte denne måten å skrive på fordi det er den dere ser i statistikkbøker og artikler. Tolkningen er akkurat lik.

$$data_i = (modell) + error_i$$

$$Y_i = (b_0) + error_i$$

Her er  $Y_i$  den avhengige variabelen som vi faktisk har målt for et individ,  $i$ . Hvis det kun står  $b_0$ , så betyr det at vi kun estimerer ett enkelt parameter. I slike tilfeller bruker vi kun ett enkelt parameter til å si noe om hva det enkelte individ hadde i observasjon på den avhengig variabelen, og da predikerer modellen likt for alle individene.

Vi kan også bruke en mer kompleks modell, som i ligningen under:

$$Y_i = (b_0 + b_1 X_i) + error$$

**X\_i** er dette individets faktiske måling på variabel,  $X$ , som vi ofte kaller for prediktorvariabel. Prediktorvariabelen har også  $b_1$  heftet på seg. Denne forteller oss forholdet mellom prediktorvariabelen ( $X_i$ ) og den avhengig variabelen ( $Y_i$ ).  $b_0$  blir her vår prediksjon når  $X_i$  er **null** og **0**.

Figuren under gjør ligningen i mer forståelig

I figurene under ser tre ulike modeller med uinteressante  $X$  og  $Y$  variabler.

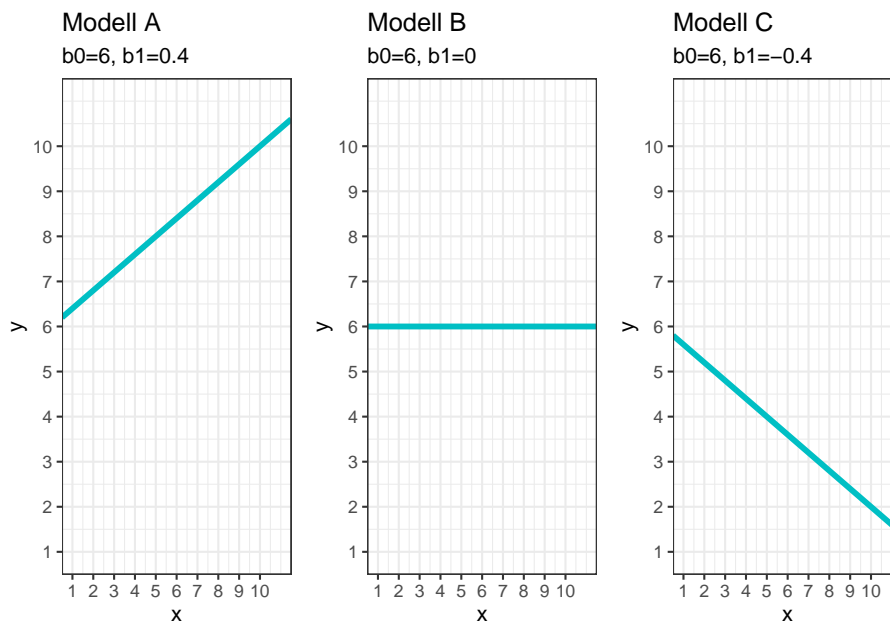
Alle har samme  $b_0$ , mens de har forskjellig  $b_1$ . Husk at  $b_1$  forteller om forholdet mellom  $X$  og  $Y$ . I **modell A** ser du at når  $X$  øker så øker  $Y$  med 0.4 **for hver enhets økning i X**.

Dette er slik du skal tolke  $b_1$ . For hver enhets økning i  $X$ , dvs gå fra 1 til 2, så forventer vi at  $Y$  øker med. På norsk kalles  $b_1$  for stigningstallet

I **modell B** er det ingen relasjon mellom  $X$  og  $Y$ , så for en enhets økning i  $X$ , vil vi forvente at  $Y$  forblir den samme. I **modell C** er det en negativ relasjon mellom  $X$  og  $Y$ . Denne modellen sier at for en enhets økning i  $X$ , vil vi forvente at  $Y$  går ned med 0.4 (siden den er negativ).

Bruk tid til å reflektere over det du nettopp leste og det du ser i figurene. Det er viktig å forstå!

### Oppgave

Figure 4.1: **\*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\***

- a. La oss si at vi hatt med et målt et individ sin **X** og **Y** (du kan bytte ut X og Y med hvilken som helst variabel (f.eks. høyde, vekt), hvis du vil). Individet sitt mål på X er 8. Hvis du bruker modell A, hva vil du forvente at denne personen har på Y?

I figuren ser du tre modeller som har forskjellige  $b_0$ , men samme  $b_1$ .  $b_0$  er verdien på Y når X er 0.

### Oppgave

- a. La oss si at vi hatt med et målt et individ sin **X** og **Y** (du kan bytte ut X og Y med hvilken som helst variabel (f.eks. høyde, vekt), hvis du vil). Individet sitt mål på X er 3. Hvis du bruker modell B, hva vil du forvente at denne personen har på Y?

Håper du har fått en liten innføring i ulike modeller.

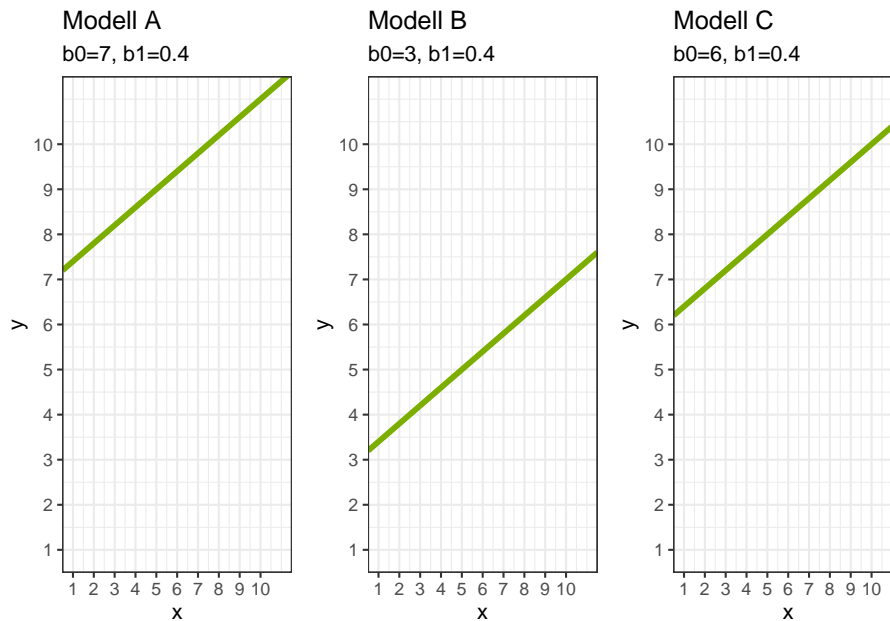


Figure 4.2: \*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\*

## 4.2 Modellbygging med 'Null-Hypothesis Significance Testing (NHST)'

Nå som du har en fått en innføring i hvordan du kan bygge modeller er det på tide at vi begynner å spesifisere hvilke modeller vi skal bygge. Som du sikkert er kjent med jobber forskere innenfor et paradigme som kalles for **Null-Hypothesis Significance Testing (NHST)**. Dette går ut på at forskeren fremstiller to hypoteser:

1. **H<sub>0</sub>**: En null-hypotese som sier at det ikke er noen effekt (f.eks. ingen forskjeller mellom grupper, ingen sammenheng mellom variablene)
2. **H<sub>1</sub>**: En alternativ/eksperimentell hypotese som sier at det er en effekt (f.eks. det er en forskjell mellom gruppene)

For å teste disse hypotesene må forskeren bygge to modeller: - en modell for null-hypotesen (vi kaller denne for **null-modellen**) - en alternativ-modell som sier det at det er en relasjon eller forskjeller mellom grupper.

Vi regner ut hvor mye error det er i hver av disse modellene for å se hvilke av disse modellene det er klokt å benytte. Husk at målet er å benytte modeller som er gode og som har lite error. Hvis null-modellen er god nok, så er det

ikke noe poeng å bruke den alternative modellen. Men hvis den alternative modellen er mye bedre enn null-modellen, da bør benytte denne.

Statistikken hjelper oss med å ta en beslutning om hvilke av disse modellene vi skal bruke. Forskeren gjennomfører deretter en **statistisk test** som representerer den alternative hypotesen. Utfallet av testen er en **verdi**, for eksempel en *z-verdi*, *t-verdi* eller *f-verdi*, som vi kan bruke til å regne ut sannsynligheten (*p-verdi*) for, gitt at null-hypotesen er sann. Forskjellige tester opererer med forskjellige navn på verdiene sine (sorry, men det er bare slik det er).

Vi kommer til å ha fokus på å bygge modeller her

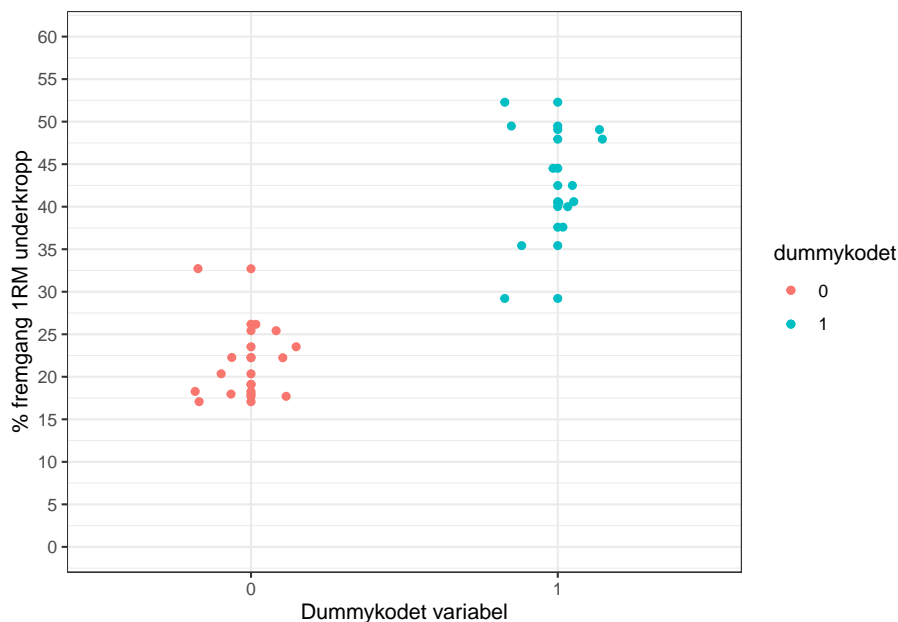


Figure 4.3: \*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\*

### 4.3 Null-modellen (null-hypotesen)

I vår studie ønsker vi å teste om det er forskjeller mellom de to gruppene som har blitt disponert for ulikt treningsopplegg (3 versus 1 sett). Husk at vi har laget en variabel hvor vi har kodet disse som 0 og 1; 0 hvis de trente med ett sett og 1 hvis de trente tre sett. Null-hypotesen er at det ikke er noen forskjeller mellom gruppene. I så fall er gjennomsnittet 1 RM fremgang av alle

deltakerne kanskje en god modell. Dette er modellen som representerer null-hypotesen. Med andre ord vår null-modell

$$Y_i = (b_0) + error$$

$$fremgang.1RM = (mean) + error$$

Det er ofte enklere å se denne modellen i tabellform, slik som dere ser under.

Null-modellen (mean)

individ
gruppe
rm
modell.mean
error
1
tre.sett
40.467
32.162
8.305
2
tre.sett
49.072
32.162
16.910
3
tre.sett
47.941
32.162
15.779
4
tre.sett
44.514
32.162

12.352

5

tre.sett

52.288

32.162

20.125

6

tre.sett

40.018

32.162

7.855

7

tre.sett

49.484

32.162

17.322

8

tre.sett

29.210

32.162

-2.952

9

tre.sett

40.593

32.162

8.431

10

tre.sett

37.587

32.162

5.424

11  
tre.sett  
35.427  
32.162  
3.264  
12  
tre.sett  
42.494  
32.162  
10.331  
13  
ett.sett  
17.706  
32.162  
-14.457  
14  
ett.sett  
17.072  
32.162  
-15.091  
15  
ett.sett  
18.268  
32.162  
-13.894  
16  
ett.sett  
25.426  
32.162  
-6.736  
17

ett.sett

32.703

32.162

0.541

18

ett.sett

19.102

32.162

-13.060

19

ett.sett

22.238

32.162

-9.924

20

ett.sett

22.271

32.162

-9.891

21

ett.sett

26.179

32.162

-5.983

22

ett.sett

20.349

32.162

-11.814

23

ett.sett



23.528

32.162

-8.635

24

ett.sett

17.960

32.162

-14.203

**Oppgave**

La oss prøve hvordan denne modellen virker. For individ 1 målte vi en fremgang i 1RM underkropp på **40.467**, men modellen vår sa **32.162**. Så modellen bommet med 8.305, dvs. en error på **8.305**.

$$fremgang.1RM = (mean) + error$$

$$40.467 = 32.162 + 8.305$$

- a. Prøv modellen du også: For individ nr. 8, sier modellen at individet hadde en skår på , men denne personen hadde faktisk en skår på . Modellen bommet derfor med .

Vi kan fortsette slik for alle deltakerne vi har hatt med i studien. Husk at vi ikke er interessert i hvir mye bommer for hvert enkelt individ, men for alle indivene.

- b. Hva får du hvis du summerer all erroren for alle indidene? null 0 3 -3.

tenk over hvorfor du får dette svaret før du leser videre.

Som du så i forrige oppgave blir det feil å summere alle erroren, vi kan løse dette effektivt ved ved å regne **Sum of Squared Error**. Det vi gjør er å gange error med seg selv ( $error^2$ ) før vi summerer alt dette sammen.

- c. Hvis vi regner ut **Sum of Squared Error** for null-modellen fpr vi:

Dette tallet er viktig! Dette er null-hypotesen vår! Hvis det ikke er noen forskjell mellom de to treningsgruppene våre er det like greit å bruke denne null-modellen. Men hvis vi finner ut at modellen vår blir bedre (dvs. reduserer Sum of Squared Error) ved å legge til en prediktorvariabel som består er av gruppevariabelen vår, da bør vi gjøre dette.

Før du går videre er det greit å visualisere hvordan null-hypotesen ser ut rent visuelt. Den prikkete streken i figuren under representerer modellen vår som er mean. Som du ser, så gjør den ingen justeringer for de ulike individene. Erroren er avstanden fra den linjen og opp til hvert datapunkt. Så hvis vi får til å bygge en bedre modell så vil denne avstanden reduseres for alle individene.

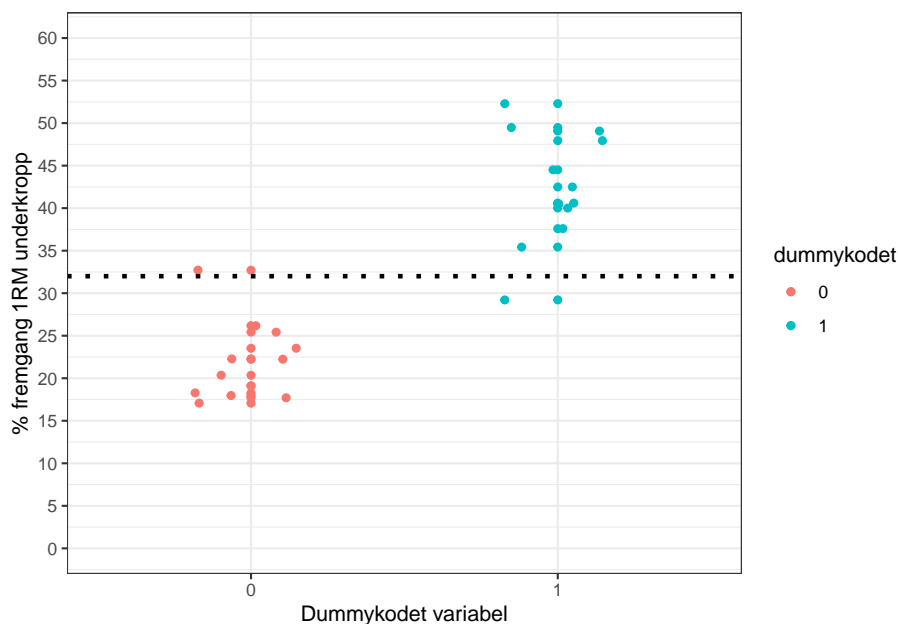


Figure 4.4: \*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\*

## 4.4 Alternativ modell (alternativ hypotese)

I forrige avsnitt sa vi at **null-hypotesen (H0)** representerer en modell som gir samme prediksjon for alle deltakerne som var med i studien uavhengig av hvilken treningsgruppe de tilhører. Vi kalte denne for null-modellen. Vi regnet oss også frem til at denne modellen ga oss en Som of Squared error på 3243.784.

Spørsmålet vi skal stille i dette nå er om vi kan redusere error fra denne ved å benytte en mer kompleks modell som benytter (vår dummykodede kategoriske variabel) som prediktorvariabel:

$$Y_i = (b_0 + b_1 X_i) + error$$

Prediktorvariabelen b1 er en gruppevariabelen vår som vi dummykodet med tallene 0 og 1.

$$Fremgang.1RM_i = b_0 + b_1(Gruppe) + error_i$$

For å holde dette på et overordnet nivå, så vil jeg gi dere de estimerte verdiene for b0 og b1. Målet er å vise dere hvordan denne modellen fungerer. Senere skal gå gjennom hvordan vi regner ut disse verdiene. Trykk her hvis du ønsker å finne ut hvordan du regner ut disse verdiene med en gang.

$$Fremgang.1RM_i = b_0(21.90) + b_1(20.52 * Gruppe) + error_i$$

Modellen sier at vår b0 er 21.90. Dette er den forventede verdien på Y (Fremgang.1RM) når prediktorvariabelen er 0. Modellen sier også at b1 er 20.52. Med andre ord den forventede økning i Y for en enhets økning i X (også kalt stigningstallet). Husk at vi lagde en gruppe-variabel der vi kodet de to gruppene våre med 0 og 1. Så hvis et individ tilhørte gruppe 0, blir vår prediksjon:

$$Fremgang.1RM_i = 21.90 + b_1(20.52 * 0) + error_i$$

Fordi  $0 * 20.52 = 0$ , blir stående igjen med b0. Vår prediksjon av et individ som tilhører gruppe 0 blir

$$Fremgang.1RM_i = 21.90 + 0 + error_i$$

$$Fremgang.1RM_i = 21.90 + error_i$$

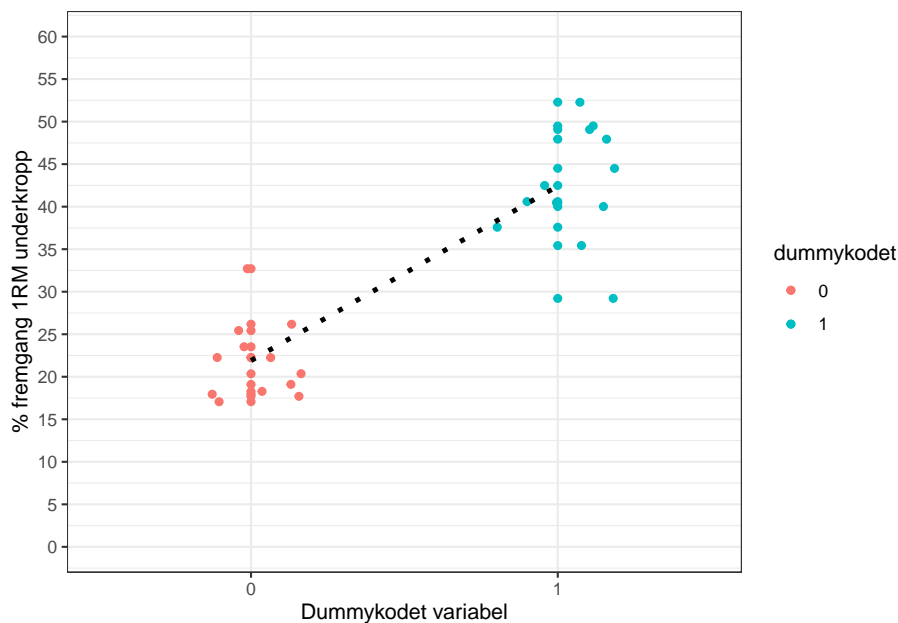
Hvis individet derimot tilhører 1 predikerer modellen at individet sin skår blir 42.48.

$$Fremgang.1RM_i = 21.90 + b_1(20.52 * 1) + error_i$$

$$Fremgang.1RM_i = 42.48 + error_i$$

Visualisert fremstilt blir modellen vår seendes slik ut:

```
ggplot(dat, aes(dummykodet, rm, color=dummykodet)) +
  geom_point() +
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, 60, 5)) +
  coord_cartesian(ylim = c(0, 60)) +
  geom_jitter(width = 0.2) +
  stat_summary(geom = "line", fun = mean, group = 1, color="black", linetype="dotted", size=1.2) +
  labs(y="% fremgang 1RM underkropp", x="Dummykodet variabel") +
  theme_bw()
```

Figure 4.5: **\*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\***

**Oppgave** Tabellen under viser 6 individer som tilhørte treningsgruppe. Du ser deres faktiske fremgang i 1RM kolonnen. La oss bruke det vi har lært til å predikere disse personene sin fremgang. Vi bruker samme modell som over

$$Fremgang.1RM_i = b_0(21.90) + b_1(20.52 * Gruppe) + error_i$$

- Hva predikerer modellen at individ nummer 3 hadde i skår? (to desimaler)
- Hva hadde individ nr i skår?
- hvor mye error blir det?
- i Squared Error blir denne erroren?
- nå som du har jobbet med denne modellen, så lurte jeg på om det er noe kjent med disse verdiene i modellen. Gå tilbake til [\[link\]](#) hvis du trenger et hint.
- bo er (norskt ord) for gruppen som er kodet med 0.
- b1 er (norsk ord) mellom gruppen som er kodet med 0 og gruppen som er kodet med 1.

Table 4.1: Dummy koding

individ	gruppe	rm	dummykodet
1	tre.sett	40.467	1
2	tre.sett	49.072	1
3	tre.sett	47.941	1
4	tre.sett	44.514	1
5	tre.sett	52.288	1
6	tre.sett	40.018	1

h.  $b_0 + b_1$  er (norsk ord) for gruppen som er kodet med 1.

I forrige oppgave regnet du ut error for ett enkelt individ. Men vi er interessert i den totale erroren for modellen. Formelen for denne er:

total error in den alternative modellen:

$$SS\_R = \sum_{n=1}^N (observert_i - modell_i)^2$$

Med andre ord er det kvadraten av den faktiske observasjonen - hva modellen sa. Bruk formelen til å regne ut dette. (to desimaler)

## 4.5 ANOVA-tabell (variansanalyse)

Nå har vi bygget to modeller og regnet ut hvor mye error det er hver av disse modellene - **null-modell** og **den alternative modellen**. Vår neste oppgave er å sammenligne disse modellene. For å gjøre det helt tydelig, så skal vi steste om modellen til høyre er bedre enn modellen til venstre. Når vi sier bedre, så mener vi at den har mindre error i seg.

For å sammenligne disse modellene er det vanlig å bruke en ANOVA-tabell. Dette er en ganske vanlig tabell som dere kommer til å se mange ganger, så det er bare å bli vant til å se disse. Dere har allerede regnet ut all nødvendig informasjon for å lage en ANOVA-tabell, så dere kan lage den selv.

### ANOVA-tabell

Modell	SS	df	MS	F	R2
The model sum of squares (SSM)					
The residual sum of squares (SSR)					
The total sum of squares (SST)					

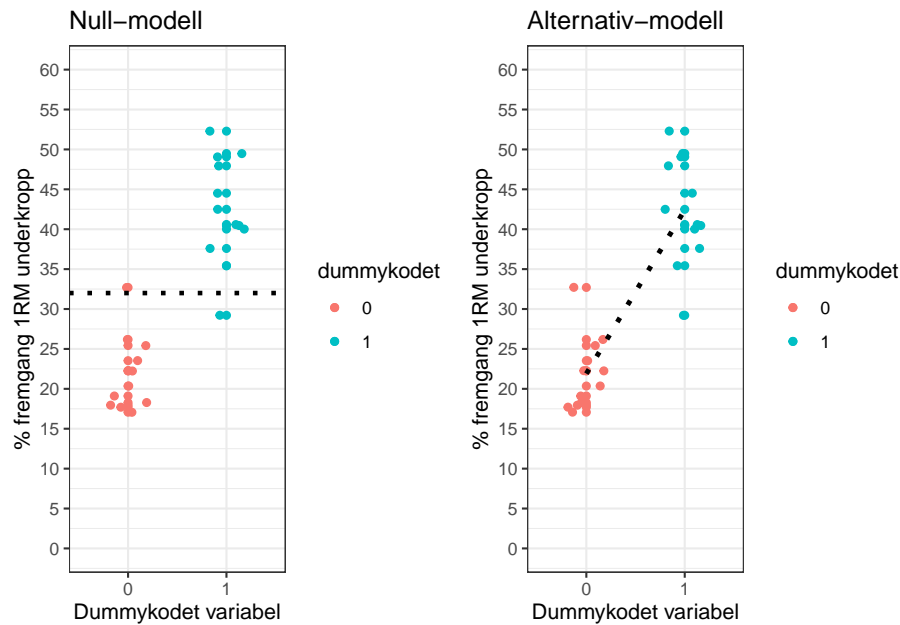
### Oppgave

a. Hva var sum of squared error for null-modellen?

(Sett dette inn i total sum of squares (SST))

b. Hva var sum of squared error for den alternative modellen?

(Sett dette inn i residual sum of squares (SSR)). Dette er error som er igjen etter at man har brukt den alternative-modellen. Men »andre ord. Man kalles dette residuals.

Figure 4.6: **\*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\***

- c. Hvor mye sum of squared error er redusert ved å bruke den alternative modellen i forhold null-modellen?

Dette kalles The model sum of squares (SSM) eller regression i statistiske programmer.

- d. Hva er (SST) - (SSR)?

(Hvis du ikke fikk til oppgave er dette svaret)

- e. Hva er  $(SSM / (SST)) * 100$ ?

(uten %-tegnet)

proportional reduction in error (PRE),  $R^2$  og  $n^2$ . Men de referer alle til det samme og kommer med 'output' fra testen dere kjører.

Det kan høres ut som at en errorreduksjon på 78 % er mye, og det er det! Men tenk om vi hadde lagt til flere

prediktorvariabler i modellen. Nå har vi kun lagt til ett ekstra parameter i forhold til null-modellen; vi gikk fra  $Y_i = b_0$  til  $Y_i = b_0 + b_1 X_i$ . Så vi har lagt til et ekstra parameter i modellen. Men kunne i prinsippet ha gått fra  $Y_i = b_0$  til  $Y_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 X_i + b_3 X_i + b_4 X_i + b_5 X_i$ . Da ville vi garantert ha fått en stor errorreduksjon. Derfor regner vi **Mean Squared Error (MSE)**. Det jeg vil at dere skal forstå er at en høy PRE/R<sup>2</sup> er mer imponerende hvis du har få parametere med i modellen enn hvis du har mange.

- f. Regn ut **Mean Squared Error (MSE)** og putt den inn i ANOVA-tabellen.

For å regne MSE må du ta SSM / df. Her er df antall ekstra parametere v har lagt til i modellen. Vi hadde 2 parametere i den alternative modellen og 1 i null-modellen, så 2-1.

- g. Regn ut **Mean Squared Error (MSE)** og putt den inn i ANOVA-tabellen.

For å regne MSE må du ta SSM / df. Her er df antall ekstra parametere v har lagt til i modellen. Vi hadde 2 parametere i den alternative modellen og 1 i null-modellen, så 2-1 = 1. Legg

- h. I cellen under har jeg kjørt en ANOVA-test. Virker resultatene kjent. Skriv *p*-verdien din inn i?

```
#aov er en forkortelse for analysis of variance (ANOVA)
#dette er funksjon som kommer mer R.
summary(aov(rm ~ dummykodet, dat))
```

```
##              Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## dummykodet   1 2527.5   2527.5    77.63 1.15e-08 ***
## Residuals   22   716.3     32.6
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

## 4.6 T-test

ANOVA. En annen måte vi kan teste om det er forskjeller mellom to grupper er å teste om det er forskjeller er å kjøre en uavhengig t-test. Ofte sier man at det - Og når ikke. Men har istf. valgt å bygge opp den statistiske kunnskapen vår ved å kjøre en ligning. Så når blir ikke forskjellen så stor.

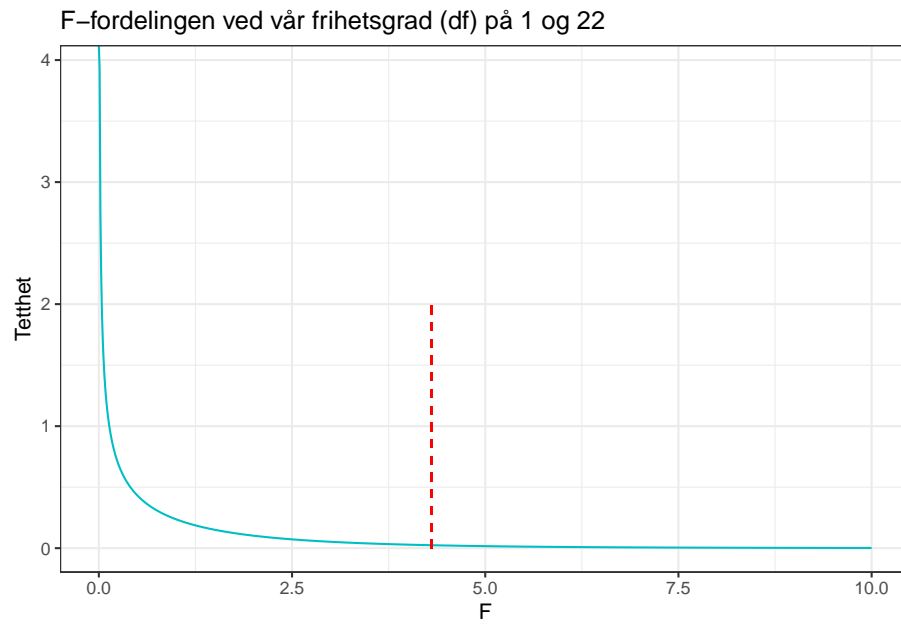


Figure 4.7: \*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\*

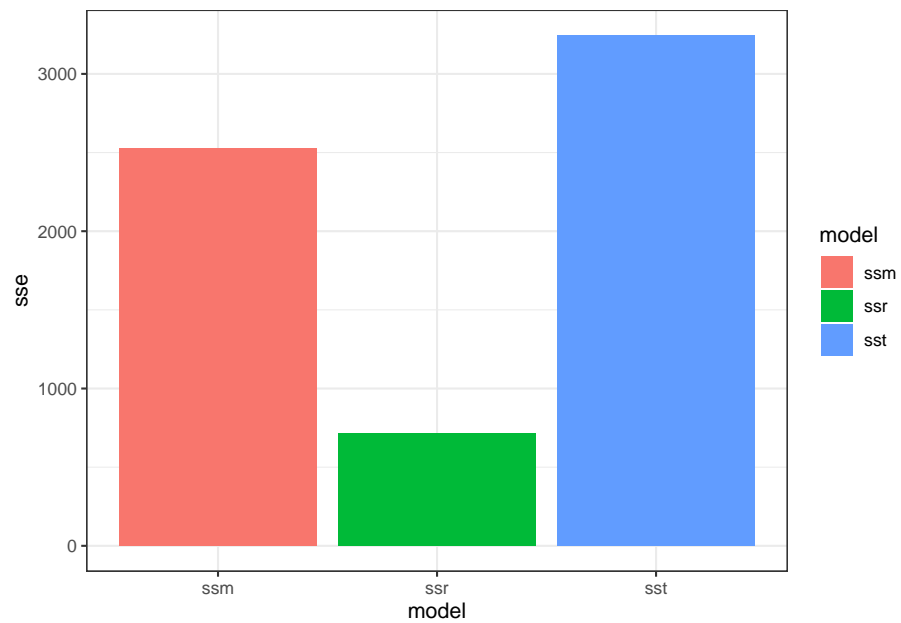


Figure 4.8: \*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\*



## Chapter 5

# Hvordan finne linjen i modellen?

Nå som vi er kjent med hvordan vi kan bygge og teste statistiske modeller, er det på tide å vise hvordan vi finner regresjonslinjen som vi skal bruke. Mer presist, hvilke verdier skal vi ha for  $b_0$  og  $b_1$  som beskriver denne linjen? Hittil har dere fått disse verdiene av meg, men det vi skal lære nå er hvordan vi kan regne ut disse verdiene for hånd. En viktig sannhet om denne linjen er at regresjonslinjen (les modellen) er plassert slik at den reduserer Sum of Squared Error mest mulig. Med andre ord, verdiene på  $b_0$  og  $b_1$  (som beskriver denne linjen) er slik at det er umulig å redusere error mer. Spørsmålet er hvordan vi finner verdiene på  $b_0$  og  $b_1$  som beskriver denne linjen. En tilnærming kan være å gjette seg fram til hva  $b_0$  og  $b_1$  skal være. Vi kan teste ut ulike verdier for  $b_0$  og  $b_1$ , og evaluere hvor mye sum of Squared Error disse gir. I figuren under har jeg prøvd tre ulike modeller, og regner ut hvor mye sum of squared error disse gir.

**Oppgave a)** Hvilken av modellene over gir mest sum of squared error?  
(SSModel)

$b_0=30$   $b_1=7$   $b_0=25$   $b_1=28$   $b_0=10$   $b_1=30$

Vi kan holde på slik med slik prøving-og-feiling til vi faktisk finner linjen som reduserer error mest. Det er bare å teste nok verdier. **Minste kvadraters metode** garanterer oss å alltid gi oss er svar. Jeg har laget en video til dere som viser vi kan prøve-og-feile til vi kommer frem til en løsning (se denne):

Det er en mer effektiv måte å løse dette problemet på. For å finne  **$b_1$**  kan vi bruke følgende formel:

$$b_1 = \frac{SCP}{SS_x}$$

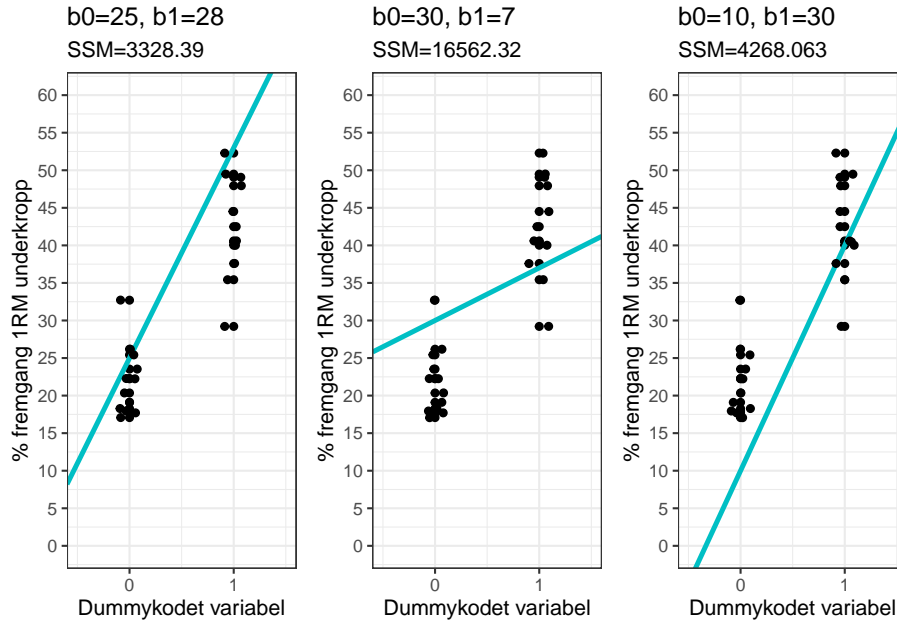


Figure 5.1: \*\*CAPTION THIS FIGURE!!\*\*

Her var det et nytt begrep, **SCP**. SCP står for sum of cross-product deviations. Det brukes til å finne relasjonen mellom to variabler, og er grunnlaget for en rekke utregninger i statistikken, så det kan være lurt å lære seg. SCP finner ut av om en person som er over eller under gjennomsnittet på en variabel, også er over eller under gjennomsnittet på den andre variabelen.

$$b_1 = \frac{SCP = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{SS_x}$$

$\bar{x}$  er gjennomsnittet på x-variabelen (gruppe), mens  $\bar{y}$  er gjennomsnittet for y-variabelen (1RM). I tabellen under ser du hvordan vi regner dette. Kolonnen CrossProduct er  $(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ .

$$b_1 = \frac{SCP = 20.52436}{SS_x}$$

Nå som vi har regnet SCP er det bare å regne  $SS_x$  (sum of squared error for prediktorvariabelen) er fordi man ønsker å ta høyde for hvor mye prediktorvariabelen avviker fra mean. Jeg har dessverre ikke noen supergod forklaring, og jeg synes heller ikke Field forklarer dette godt. Så jeg bare vet at jeg må gjøre det.

Table 5.1: Utregning av Sum of Cross Product (SCP)

individ	gruppe	gj.snitt.x	error.x	rm	gj.snitt.y	error.y	CrossProduct
1	1	0.5	0.5	40.46704	32.16231	8.3047301	4.1523651
2	1	0.5	0.5	49.07223	32.16231	16.9099106	8.4549553
3	1	0.5	0.5	47.94131	32.16231	15.7789994	7.8894997
4	1	0.5	0.5	44.51389	32.16231	12.3515740	6.1757870
5	1	0.5	0.5	52.28750	32.16231	20.1251864	10.0625932
6	1	0.5	0.5	40.01750	32.16231	7.8551872	3.9275936
7	1	0.5	0.5	49.48425	32.16231	17.3219362	8.6609681
8	1	0.5	0.5	29.21048	32.16231	-2.9518368	-1.4759184
9	1	0.5	0.5	40.59293	32.16231	8.4306117	4.2153059
10	1	0.5	0.5	37.58676	32.16231	5.4244472	2.7122236
11	1	0.5	0.5	35.42651	32.16231	3.2641906	1.6320953
12	1	0.5	0.5	42.49354	32.16231	10.3312265	5.1656133
13	0	0.5	-0.5	17.70576	32.16231	-14.4565510	7.2282755
14	0	0.5	-0.5	17.07181	32.16231	-15.0905068	7.5452534
15	0	0.5	-0.5	18.26811	32.16231	-13.8942055	6.9471027
16	0	0.5	-0.5	25.42594	32.16231	-6.7363771	3.3681886
17	0	0.5	-0.5	32.70313	32.16231	0.5408147	-0.2704074
18	0	0.5	-0.5	19.10226	32.16231	-13.0600552	6.5300276
19	0	0.5	-0.5	22.23827	32.16231	-9.9240435	4.9620217
20	0	0.5	-0.5	22.27148	32.16231	-9.8908322	4.9454161
21	0	0.5	-0.5	26.17889	32.16231	-5.9834246	2.9917123
22	0	0.5	-0.5	20.34857	32.16231	-11.8137453	5.9068726
23	0	0.5	-0.5	23.52773	32.16231	-8.6345853	4.3172926
24	0	0.5	-0.5	17.95966	32.16231	-14.2026514	7.1013257

$$b_1 = \frac{SCP = 20.52436}{6}$$

$$b_1 = 20.52436$$

Nå gjenstår det bare å finne **b<sub>0</sub>**. Denne er enkel å finne når vi først har funnet **b<sub>1</sub>**. Husk at modellen vår er en ligning, så ved enkelt finne **b<sub>1</sub>** ved omorganisere ligningen: trekker vi fra  $b_1 X_i$  på hver side av likhetstegnet får vi **b<sub>0</sub>** alene:

$$Y_i = (b_0 + b_1 X_i)$$

$$Y_i - b_1 X_i = (b_0)$$

Men må ligningen med verdier. Og da bruker man gjennomsnittet for Y variabelen og gjennomsnittet for X variabelen.

$$32.16231 - (20.52436 * 0.5) = (21.90013)$$

## Chapter 6

### Write-up

Det er en ganske standardisert måte å rapporte en statistisk test på. Først skriver du hva har testet. Husk at du bare har gitt statistikprogrammet noen tall og fått et resultat. Nå må du kommunisere til andre.

'Deltakerne i 1L-3U 3L-1U-gruppen hadde i gjennomsnitt mindre større en lavere % fremgang 1RM, på underkroppsovelser (M=,SD=), enn som [].

Denne forskjellen, [], CI [], var signifikant,  $t([]) = []$ ,  $p = []$ ,  $d=[]$ .



# Bibliography

- Rønnestad, B., Egeland, W., Kvamme, N., Refsnes, P., Kadi, F., and Raastad, T. (2007). Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21:157–63.
- Weissgerber, T. L., Milic, N. M., Winham, S. J., and Garovic, V. D. (2015). Beyond Bar and Line Graphs: Time for a New Data Presentation Paradigm. *PLOS Biology*, 13(4):1–10. Publisher: Public Library of Science.