

Nikolai Eugen Lamøy

TEKNOLOGI & LÆRING

En økonometrisk analyse av sammenhengen mellom elevprestasjoner og tilgang på PC i klasserommet, ved PIRLS-data fra Norge, England og USA.

Bacheloroppgave i Økonomi og administrasjon

Veileder: Bjarne Strøm

Mai 2020

Nikolai Eugen Lamøy

TEKNOLOGI & LÆRING

En økonometrisk analyse av sammenhengen mellom elevprestasjoner og tilgang på PC i klasserommet, ved PIRLS-data fra Norge, England og USA.

Bacheloroppgave i Økonomi og administrasjon
Veileder: Bjarne Strøm
Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for økonomi
NTNU Handelshøyskolen



Kunnskap for en bedre verden

Innholdsfortegnelse

Figurliste	s. 2
Tabelliste	s. 2
1 Innledning	s. 3
1.1 Tema og motivasjon	s. 3
1.2 Problemstilling	s. 3
1.3 Framgangsmåte og funn	s. 4
2 Teori	s. 5
2.1 Teoretisk rammeverk	s. 5
2.2 Litteratur og tidligere funn	s. 6
3 Metode & empirisk strategi.....	s. 7
4 Datamateriale	s. 11
4.1 Datasett	s. 11
4.2 Variabler	s. 12
4.3 Deskriptiv statistikk for avhengig variabel	s. 13
4.4 Deskriptiv statistikk for interessevariabel	s. 14
4.5 Deskriptiv statistikk for kontrollvariabler	s. 14
4.6 Kommentar om korrelasjonsmatriser for datamaterialet	s. 16
5 Resultater	s. 16
5.1 Modellvarianter	s. 16
5.2 Modellresultater	s. 17
6 Konklusjon	s. 19
Referanseliste	s. 20

Figurliste

Figur 1 – t-test	s. 9
Figur 2 – F-test	s. 9
Figur 3 – Histogram avhengig variabel	s. 14
Figur 4 – Kryssplot med enkel regresjonslinje av read mot clsize	s. 15
Figur 5 – Kryssplot med enkel regresjonslinje av read mot teacher_exp	s. 15

Tabelliste

Tabell 1 – Land	s. 11
Tabell 2 – Variabler og definisjoner	s. 12
Tabell 3 – Deskriptiv statistikk for avhengig variabel	s. 13
Tabell 4 – Deskriptiv statistikk for interessevariabel	s. 14
Tabell 5 – Deskriptiv statistikk for avhengig variabel gitt interessevariabelen	s. 14
Tabell 6 – Deskriptiv statistikk for kontinuerlige kontrollvariabler	s. 14
Tabell 7 – Estimeringsresultater ved ulike modeller	s. 18
Tabell 8 – F-tester	s. 19

1 Innledning

1.1 Tema og motivasjon

Vår samtid er svært preget av en hurtig adopsjon av teknologiske nyvinninger. I løpet av kort tid har verden blitt stadig mer digitalisert, hvor informasjonsteknologi og sofistikerte datamaskiner er mer eller mindre gitte aspekter ved våre liv. Denne utviklingen gjelder både på individnivå og organisasjonsnivå - så vel privat som for forretning og stat.

De fleste personer går med computere flere størrelsesordener mer kraftige i lomma, i form av sine smarttelefoner, enn de som ble brukt til månelandingen for vel 50 år siden. Verden har sett fremveksten av flere globale selskaper med en forretningsmodell tuftet på innhenting, bearbeiding og salg av vidtomfattende aggregerte data. En kan i stor grad både handle, arbeide og sosialisere seg på nett. Et kritisk og reflekterende syn på denne utviklingen bør være av allmenn interesse.

Flere klasserom, særs i den vestlige verden, har for lengst tatt i bruk skole-PCer som del av sin opplæring. Den gamle krittavla, er gjerne byttet med whiteboard supplert med digital projeksjon, eller annen teknologibruk. Under Coronapandemien har man sett stor bruk av digitale klasserom, hvor undervisningen pågår over nett - slik at elevene får fortsatt sin skolegang, tross samfunnsmessig karantene for å hindre en u håndterlig spredning av Wuhanviruset og COVID-19. Et viktig tema er her betydningen av teknologi for læring.

1.2 Problemstilling

En positiv læringseffekt av denne teknologien er ikke uten videre gitt. Validiteten av tanken om at teknologiadopsjon skal komme oss og kommende generasjoner pedagogisk til gode, avhenger av en god forståelse av kausale forhold. Formålstjenlig ressursallokering og riktige avgjørelser vil her som ellers være betinget av tilgjengelig kunnskap. I et slikt øyemed kan statistiske metoder og samfunnsøkonomisk forskning være behjelpelig, herunder ved å hypoteseteste empiriske data og tallfeste sammenhenger ved økonometri.

Problemstillingen til denne bacheloroppgaven er undersøke i hvilken grad elevenes tilgang på PC i klasserommet innvirker på deres leseferdigheter. Dette gjøres ved data fra den omfattende internasjonale undersøkelsen Progress in International Reading Literacy Study (PIRLS) - om leseferdigheter blant grunnskoleelever ved 35 deltakende nasjoner gjennomført

i 2001. Oppgaven avgrenses her til en økonometrisk analyse av datamaterialet fra Norge, England og USA.

1.3 Framgangsmåte og funn

For å besvare oppgavens problemstilling benyttes lineær regresjons ved minste kvadraters metode, slik at en kan tallfeste sammenhengen mellom tilgang på skole-PC og målte leseferdighetsprestasjoner. Dette gjøres ved forskjellige modeller med økende kompleksitet, for å utelukke tillagte kontrollvariablers potensielle innvirkning og korrelasjon med interessevariabelen og den avhengige variabelen.

Ved utvalg av kontrollvariabler benyttes tidligere forskning og teori om skoleproduktfunksjonen, for å øke modellenes suksessive forklaringskraft. Dette slik at en kan få et klarere bilde på interessevariabelens innvirkning. Flere typer forklaringsfaktorer blir her utprøvd, herunder tre skolefaktorer - hvor to av disse er lærerkarakteristika, to medelevkarakteristika, samt fem familie-/elevkarateristika. I alt kontrolleres det for lærerens alder og ansiennitet, klassestørrelse, andelen medelever fra økonomisk trange kår, andelen medelever født i et annet land, foreldrenes utdanning og ansettelsesgrad, husholdningens inntekt, hvorvidt eleven snakker testspråket hjemme, samt hvorvidt eleven har gått på barnehage. Flere av disse er ved PIRLS-datasettet kategoriske variabler, som for regresjonsanalysen konverteres til dummyvariabler.

Modellenes restledd testes så konsekvent grafisk/visuelt for normalfordeling av restledd, slik at hypotesetesting ved t-fordelings- og F-fordelingstester er rimelige å benytte. Modellene er også kontrollert for heteroskedastisitet ved Breusch-Pagan testing, og robuste standardavvik og tester benyttes hvor forventningene om homoskedastisitet brister.

For alle regresjonsmodeller testet har tilgangen på skole-PC en koeffisient med positivt fortegn. Denne sammenhengen er dog kun statistisk signifikant for mindre omfattende modeller. Ved modeller med økende kompleksitet reduseres også koeffisienten betraktelig, særs for tillegg av kontrollvariabler for familie-/elevkarakteristika. Ved siste modell utgjør tilgang på skole-PC en økning av 6,2 poeng på lesetesten, men en hypotese om at den reelle effekten er null kan her ikke forkastes ved konvensjonelle signifikansnivåer.

2 Teori

2.1 Teoretisk rammeverk

Oppgavens teoretiske rammeverk består av at effekten av skolegangen forenklet kan anses som et produkt av forskjellige innsatsfaktorerers funksjon (Hanushek, 2020; Bonesrønning, 2004). Denne produktfunksjonen for utdanning, eller «Education Production Function» på engelsk, kan på enkel form for testresultater (T) oppstilles som følgende:

$$T = f(S, P, F)$$

Hvor **S** er skolekarakteristika, **P** er medelevkarakteristika («peer group characteristics») og **F** er familie-/elevkarakteristika. Skolefaktorer er her innsatsfaktorene utdanningsinstitusjonen direkte råder over - eksempelvis klassestørrelse, lærerkarakteristika som alder og ansiennitet, samt hvorvidt eleven har PC tilgjengelig i klasserommet. Medelevkarakteristika har så med elevenes innvirkning på hverandre - og kan illustreres ved andelen medelever av forskjellig sosiokulturell bakgrunn. Familie-/elevkarakteristika er så forholdene den enkelte elev kommer fra - tilknyttet familiebakgrunn, tidligere erfaringer, evner og utvikling.

Bonesrønning (2004) påpeker her at betegnelsen produktfunksjon kan bli misvisende, hvor likningen bedre er å forstå som en redusert form følgende av en mer komplisert underliggende strukturmodell.¹ Poenget er her at forholdene mer presist er å forstå som resultatet av alle parter anstrengelse og nyttemaksimering i forhold til slike utdanningsrelevante faktorer. Et tiltak kan eksempelvis være svært effektivt ved å bespare elevene for stor anstrengelse ved sitt kunnskapsverv, men hvor elevene har ulike preferanser for læringsprestasjoner versus fritid behøver ikke dette gi sitt utslag i økte testresultater. Liknende refleksjon kan også gjøres for både lærere, medelever, foresatte, beslutningstakere mv. Optimum for resultatmålingen vil da være maksimal innsats fra alle parter, men hvor elevenes egeninnsats er å anse mest avgjørende.

Bildet er her sammensatt og det er vanskelig å tilegne seg sikker kunnskap om årsaks-virkningsforhold. Her må det forskes og eksperimenteres om man ønsker å oppnå et formålstjenlig resultatstyringssystem, hvor innspill fra økonomer så vel som fagpedagoger kan gi viktige bidrag. Hittil indikerer forskningsfunnene ikke noen entydig sammenheng, men heller en ineffektiv forvaltning av ressurser:

¹ Bonesrønning, 2004, s. 16 og 18.

«The general conclusion from the existing work is that *how* resources are used is generally more important than *how much* is used.» (Hanushek, 2020, s. 168).

2.2 Litteratur og tidligere funn

For studier av teknologibenyttelse i læringsprosessen kan funnen også sies å være tvetydige. Dette gjør seg gjeldende ved sammenlikningen av flere studier av læringseffekten ved informasjons- og kommunikasjonsteknologiinvesteringer, instruksjon ved hjelp av computerprogram, samt bruken av computere hjemme (Bulman & Fairlie, 2015).

Flere funn bærer her samlet preg av at det er ingen sikker korrelasjon, tross av at mange slike undersøkelser er gjort ved supplementær ressursbruk, slik at dette isolert sett skulle favorisere målingen av positive sammenhenger. Tolkningen av dette kan være i retning av å moderere forventningene relatert til teknologiadopsjonen - en bør ikke forvente seg teknologiinvesteringer som en mirakelkur for bedring av testresultater.

Noen unntak - hvor en finner hold for en positiv målt læringseffekt av teknologibruk, er for programmer med instruksjon via computerprogram myntet på matematiske ferdigheter fremfor språkferdigheter. Det samme gjør seg også til større grad gjeldende for prosjekt i utviklingsland.

En god innvending mot å utelukke satsing på teknologi til læringsformål er likevel at det kan være mange undervisningsgunstige effekter som ikke fanges opp ved målingen av akademiske resultater (Bulman & Fairlie, 2015, s. 46). Eksempelvis kan en her tenke seg mer generell læringsrelevant informasjons-, kommunikasjons- og koordineringsbruk. Også for dette er det viktig å understreke at *bruksmåten* av ressursene teknologien bringer ikke er ensartede.

Dette kan videre illustreres ved quasi-eksperimentell forskning av PC-bruk i college (Patterson & Patterson, 2017). Her ble institusjonelle forhold utnyttet til å få en tilnærmet tilfeldig variasjon i bruken av PC i klassen. Computerbruken medførte negative resultater sammenlignet med studenter som ble oppfordret til ikke å benytte PC. Den negative effekten var økt for kvantitative fag, samt for menn og studenter som allerede hadde lav måloppnåelse. Avslutningsvis sonderes det her om computerne's uheldige evne til å distrahere, blant annet ved funn som indikerer negative effekter på hukommelse ved digital notattaking sammenlignet med penn og papir.²

² Patterson & Patterson, 2017, s. 77.

Betydningen av bruksmåte kan her også understrekes ved funnene hos mer omfattende datamateriale internasjonalt, så vel som nasjonalt i USA (Bouygues, 2019). Her påpeker forskningen at faktisk bruk av læringsteknologi er åpenbart viktigere enn tilgjengelighet, samt at bruksavkastningen sannsynligvis ikke er lineær. Dette underbygges med størst positiv korrelasjon ved lav til moderat eller uregelmessig bruk av skolecomputere. En eksessiv bruk - flere timer per skoledag, viste sammenheng med en sterk reduksjon i resultatoppnåelse.

3 Metode & empirisk strategi

Som teorien om økonometrisk utdanningsforskning illustrerer - forenklet oppsummert ved produktfunksjonen for utdanning, må læring ses i sammenheng med en rekke forklaringsfaktorer. For å få et troverdig bilde av betydningen av virkningen til en enkeltfaktor - her tilgang på PC i klasserommet, bør det derfor også kontrolleres for flere andre faktorer innvirkning.

Som typisk ved økonometriske undersøkelser av læring vil det her benyttes en lineær approksimasjon av skoleproduktfunksjonen, som på kompakt vis kan uttrykkes som følgende:

$$(\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + \beta_i X_i + \varepsilon$$

I likningen over er «(read)» elevenes testresultater for leseferdigheter, β_0 et konstantledd, «(pc_class)» en dummy variabel som tar verdien 1 om eleven har pc tilgjengelig i klasserommet, hvor effekten av dette på testresultatene er δ_1 . β_i er så koeffisienten av respektive kontrollvariabler X_i som legges til. Her benyttes δ_i som koeffisienter av dummy variabler og β_i for kontinuerlige variabler. ε er så et stokastisk restledd som representerer virkningen av alle andre variabler som ikke er inntatt i modellen.

Estimeringsmetoden som benyttes er lineær regresjon ved minste kvadraters metode OLS («Ordinary Least Squares»), hvor en tilpasser en linje til datamengden som minimerer summen av de kvadrerte avstandene til observasjonene. Dette kan illustreres ved å tenke seg at forholdet mellom to variabler, Y og X , kan uttrykkes via følgende formel:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$$

Hvor α og β er de uobserverte sanne parameterne. En minimerer her residualkvadratsummen $\sum \varepsilon_i^2$, hvor ε_i er det empiriske motstykket til det uobserverte sanne stokastiske restleddet ε_i . OLS estimatorer \mathbf{b} for β og \mathbf{a} for α , som oppfyller en slik kvadrert residualminimering kan matematisk vises å være gitt ved:

$$\mathbf{b} = \frac{\sum_i (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2} \quad a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

Gjennomsnittsverdiene som måles av variablene, som her er betegnet med toppstrek, kan videre vises å være OLS estimatorer for variablenes forventning. Estimat for standardavviket til estimatoren \mathbf{b} , $\mathbf{S}(\mathbf{b})$ kan så utregnes via matriseregning i følgende formel:

$$\mathbf{S}(\mathbf{b}) = \Sigma(\mathbf{y}_i - \mathbf{x}_i^T \mathbf{b})^2 = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{b})^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{b})$$

Et mål på hvor godt modellen så forklarer variasjonen i datamengden er så gitt ved determinasjonskoeffisienten R^2 . Denne kan redegjøres for på følgende måte:

$$R^2 = \frac{SSE}{SST} = \frac{SST - SSR}{SST} = 1 - \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum e_i^2}{\sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}$$

SSE er her forklart kvadratsum («Sum of Squares Explained»), **SST** er total kvadratsum («Sum of Squares Total») og **SSR** er kvadratsummen av residualene («Sum of Squares Residual»).

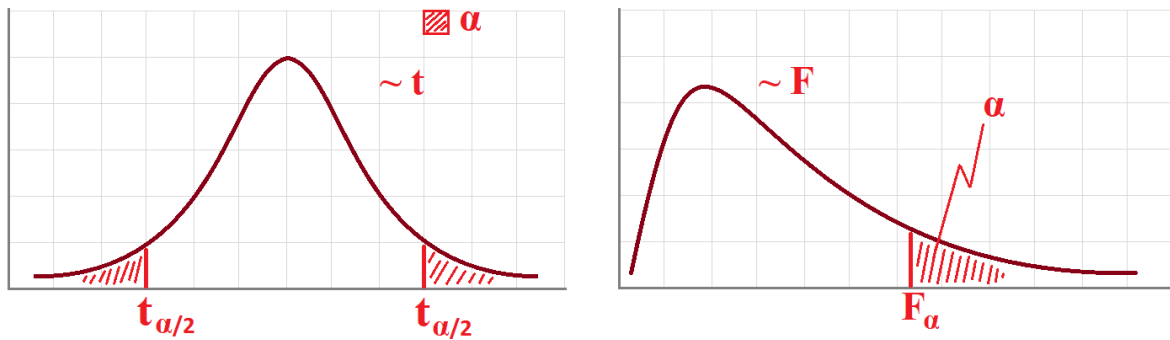
Under gitte Gauss-Markov forutsetninger er de lineære OLS estimatorene BLUE («Best Linear Unbiased Estimators») - det vil si variansminimale og forventningsrette. Disse listes opp på følgende måte, med tillegg for betingelser for realiserte stokastiske X-er:

$$(1) \mathbf{E}(\boldsymbol{\varepsilon}_i | \mathbf{X}_i) = \mathbf{0} \quad (2) \mathbf{Var}(\boldsymbol{\varepsilon}_i | \mathbf{X}_i) = \boldsymbol{\sigma}^2 \quad (3) \mathbf{Cov}(\boldsymbol{\varepsilon}_i, \boldsymbol{\varepsilon}_j | \mathbf{X}_i, \mathbf{X}_j)$$

Med ord betyr dette at de betingede forventningene av restleddene skal være null, den betingede variansen til restleddene skal være lik kvadratet av det faktiske standardavviket i underliggende populasjon, samt at de betingede kovariansene mellom forskjellige restledd skal være null.

I tillegg kan man her tilføye at restleddene må være normalfordelte, for å kunne benytte hypotesetester etter t- og F- fordelinger som en da vet basert på antall frihetsgrader og størrelsen på utvalget målt ved antall observasjoner \mathbf{N} . Hypotesetesting kan her videre

illustreres ved hjelp av **Figur 1 – t-test** & **Figur 2 – F-test**:



Figurene illustrerer området for det kritiske nivå ved henholdsvis en tosidig t-test og en F-test. Ved ensidig t-test vil det kritiske nivået være t_{α} - slik at dobles for det retningsforholdet man utelukkende tester.

Hypotesetestene starter ved å formulere en nullhypotese og en alternativhypotese.

Nullhypotesen kan eksempelvis være at det er ingen signifikant forskjell mellom to datasett, eller at det ikke foreligger signifikant korrelasjon mellom noen variabler. Alternativhypotesen kan tilsvarende være at det er signifikant forskjell mellom to datasett, eller at det er signifikant korrelasjon mellom noen variabler. Hypotesene betegnes H_0 og H_1 respektivt.

En avgjør så hvilket signifikansnivå α en vil benytte ettersom hvor sterke bevis en vil ha. Her ligger dog i utgangspunktet et bytteforhold mellom risikoen for to feiltyper, hvor signifikansnivå utgjør sannsynligheten for å forkaste nullhypotesen hvor den er sann - dette er type I feil som vil bety å godta en falsk positiv. Feil av type II er så hvor testen ikke forkaster nullhypotesen hvor denne er sann - altså å godta en falsk negativ. Feil av type II kan så mitigeres ved å anse testen kun som falsifiseringsforsøk ved ikke å foreta noen bedømmelse dersom testen ikke forkaster nullhypotesen.³

Signifikansnivået kan så presiseres å være restarealet under en fordeling fratrukket ønsket konfidensintervall. Det signifikansnivået som oftest benyttes er 0,05 – som svarer til et 95% konfidensintervall. Endelig resultat for hypotesetesten får en så av å sammenligne en test observator **TS** («test statistic») med grensene gitt ved ønsket signifikansnivå sammenliknet med verdier dette tilsvarer i den gitte t- eller F-distribusjonen. Her kan en også sammenlikne signifikansnivået med en p-verdi - som er sannsynligheten for å få et resultat fra utvalget som

³ Se Thomas, 2005, s. 146.

er like stort eller større, gitt at nullhypotesen er sann for den underliggende populasjonen utvalget gjøres fra.

Om Gauss-Markov forutsetningene er brutt, byr dette på store utfordringer angående hvilke slutninger en kan dra fra en regresjonsanalyse ved OLS. Noen slike utfordringer er perfekt multikollinearitet, problemer ved utelatt variabel, samt heteroskedastiske restledd.

Perfekt multikollinearitet kan sies å være hvor en modell inneholder samme variabel to ganger ved at det er perfekt sammenheng mellom noen forklaringsvariabler. Dette er blant annet relevant ved inklusjon av en kategorisk variabel gjennom flere dummyvariabler. Her må en av kategoriene utelates slik at modellen kan benytte denne som referanse for å si noe om de øvrige dummies innvirkning.

Problemer ved utelatt variabler kan så sies å være en underdefinering av modellen i forhold til hva man prøver å si noe om. Her kan en relevant utelatt variabel eksempelvis korrelere med både den avhengige variabel - slik at modellens forklaringskraft generelt sett er redusert, og med interesse variabelen samtidig. Hvor en slik variabel utelates får man neppe sakt noe sikkert om effekten til interessevariabelen - ettersom denne avhengig av sammenhengen kan bli mye større eller mindre ved en underdefinert modell enn den reelt sett er. Det er av den grunn det er viktig å inkludere flere kontrollvariabler fra skoleproduktfunksjonen for å si noe kredibelt om effekten av interessevariabelen «(pc_class)».

Heteroskedastisitet er så situasjonen hvor restleddet ikke har konstant varians. Dette kan undersøkes blant annet gjennom en Breusch-Pagan test - hvor en hypotesetester for signifikant sammenheng mellom estimerte residualer fra en regresjonsmodell og modellens forklaringsvariabler. Dette gjøres ved en sekundær hjelperegresjon med estimerte residualer som avhengig variabel, og samme forklaringsvariabler som i opprinnelig regresjon.

Nullhypotesen er her at den opprinnelige modellen er homoskedastisk, ved at det ikke finnes signifikant restleddskorrelasjon. For oppgaven gjøres dette kontinuerlig, med et signifikansnivå på 5% - ettersom komplekse sammenhenger har en tendens til å bryte med homoskedastisitetsforutsetningen.

Om en så kommer til at nullhypotesen om homoskedastisitet må forkastes, kan man gå over i å benytte robuste (Eicker–Huber–White) standardavvik, samt robuste F-tester, for å kompensere noe for dette. Mange av utregningene nødvendig for OLS, er svært komplekse – dette gjelder særs slike robuste utregninger. Det er da god hjelp i softwarepakken STATA, som automatiserer utregningene ved bruk av riktige kommandoer.

Oppgaven tar for seg flere lineære regresjonsmodeller med suksessivt flere kontrollvariabler. Variabler fra alle hovedgrupper av karakteristika fra teorien benyttes ved endelig modell. Det undersøkes grafisk/visuelt hvorvidt restleddene er normalfordelte, før modellene testes for heteroskedastiske restledd. Om nullhypotesen må forkastes på 5% signifikansnivå, kjøres så en robust regresjon før det t-testes og F-testes for tillagte variablers signifikans – da tar også STATA automatisk og benytter robuste versjoner av disse utregningene.

4 Datamateriale

4.1 Datasett

Data for analysen er hentet fra den internasjonale leseferdighetsundersøkelsen Progress in International Reading Literacy Study (PIRLS), utført med deltakelse fra 35 land.

Undersøkelsen ble gjennomført av International association for the evaluation of educational achievement (IEA), hvor data ble innsamlet våren 2001. Undersøkelsesobjektet var om lag 10 år gamle barn og flere faktorer for deres læring. I tillegg til testing av elevene, ble data innhentet ved spørreskjemaer til elevene og deres foreldre, samt lærerne og skolenes ledelse.

Blant de deltakende landene er det her valgt å benytte data fra Norge, England og USA.

Observasjonene fordeler seg nokså likt mellom disse landene illustrert ved **Tabell 1 – Land:**

Land	Observasjoner	Prosent
Norge	3,459	33.33
England	3,156	30.41
USA	3,763	36.26
Totalt	10,378	100.00

Noen fordeler ved datasettet er at det er resultatet av en omfattende systematisk undersøkelse, med mange observasjoner og et betryggende utvalg som tilsynelatende er stokastisk tilfeldig – dette er faktorer som styrker generaliseringsevnen til funnene for populasjonene de er trukket fra. Undersøkelsen måler videre mange parametere, slik at det er større grunn til å tro at man kan fange opp en god del av det som forklarer variasjonen av testresultatene.

Ulemper med datasettet kan være at det ikke er et oversiktlig og kontrollert eksperimentelt design, slik at en på best mulig vis får skilt ut kausale sammenhenger. Det kan videre sies at datasettet er tidvis begrenset og gir et øyeblikksbilde for hvordan ting var i 2001 - man har slik sett ikke muligheten til å si noe for sikkert utover dette, man kan kun fastslå faktorer som

i øyeblikket var korrelert. Avslutningsvis er datainnhentingene blant annet gjenstand for subjektiv utfylling av spørreskjema, hvor en ikke er helt klar på hvorvidt det ligger noe systematisk i spørsmål som enkelte velger å ikke besvare.

4.2 Variabler

Variabler som her blir benyttet i den økonometriske analysen kan defineres på følgende vis

Tabell 2 – Variabler og definisjoner:

Variabel	Definisjon
read	Testresultat på leseferdighetsprøven. Kontinuerlig variabel.
pc_class	PC tilgjengelig i klasserommet. Dummyvariabel.
teacher_exp	Antall år læreren har jobbet i yrket. Kontinuerlig variabel.
teacher_age	Lærerens alder. Kategorivariabel med 6 verdier omgjort til dummyer:
tage_u25 *	Lærerens alder er under 25 år. Dummyvariabel.
tage_25_29	Lærerens alder er 25 til 29 år. Dummyvariabel.
tage_30_39	Lærerens alder er 30 til 39 år. Dummyvariabel.
tage_40_49	Lærerens alder er 40 til 49 år. Dummyvariabel.
tage_50_59	Lærerens alder er 50 til 59 år. Dummyvariabel.
tage_o60	Lærerens alder er 60 år eller mer. Dummyvariabel.
clsiz	Klassestørrelse, antall elever i klassen. Kontinuerlig variabel.
pct_disadv	Prosent medelever fra økonomisk trang kår. Kategorivariabel, 4 dummyer:
pdisad_u10 *	0-10% medelever fra økonomisk trang kår. Dummyvariabel.
pdisad_11_25	11-25% medelever fra økonomisk trang kår. Dummyvariabel.
pdisad_26_50	26-50% medelever fra økonomisk trang kår. Dummyvariabel.
pdisad_o50	Mer enn 50% medelever fra økonomisk trang kår. Dummyvariabel.
pct_abroad	Prosent medelever som er født i et annet land. Kategorivariabel, 4 dummyer:
pabr_u10 *	0-10% medelever som er født i et annet land. Dummyvariabel.
pabr_11_25	11-25% medelever som er født i et annet land. Dummyvariabel.
pabr_26_50	26-50% medelever som er født i et annet land. Dummyvariabel.
pabr_o50	Mer enn 50% medelever som er født i et annet land. Dummyvariabel.
par_edu	Foreldrenes høyeste fullførte utdanning. Kategorivariabel, 5 dummyer:
pedu_uni	Foreldrenes høyeste fullførte utdanning er en universitetsgrad. Dummyvariabel.
pedu_post	Foreldrenes høyeste fullførte utdanning er høyskole. Dummyvariabel.
pedu_upper	Foreldrenes høyeste fullførte utdanning er videregående. Dummyvariabel.
pedu_lower	Foreldrenes høyeste fullførte utdanning er ungdomsskole. Dummyvariabel.
pedu_nosec *	Foreldrenes har ikke fullført ungdomsskoleutdanning. Dummyvariabel.
par_emp	Foreldrenes ansettelsesgrad. Kategorivariabel, 4 dummyer:

pemp_full	Begge foreldrene jobber fulltid. Dummyvariabel.
pemp_one *	En av foreldrene jobber fulltid, ikke begge. Dummyvariabel.
pemp_less	Begge foreldrene jobber mindre enn fulltid. Dummyvariabel.
pemp_not	Foreldrene jobber ikke. Dummyvariabel.
income	Husholdningens årlige inntekt målt i USD. Kategorivariabel, 6 dummyer:
hinc_u20k *	Husholdningens årlige inntekt i USD er mindre enn 20 000. Dummyvariabel.
hinc_20k29	Husholdningens årlige inntekt i USD er mellom 20 000 og 29 999. Dummy.
hinc_30k39	Husholdningens årlige inntekt i USD er mellom 30 000 og 39 999. Dummy.
hinc_40k49	Husholdningens årlige inntekt i USD er mellom 40 000 og 49 999. Dummy.
hinc_50k59	Husholdningens årlige inntekt i USD er mellom 50 000 og 59 999. Dummy.
hinc_o60k	Husholdningens årlige inntekt i USD er 60 000 eller mer. Dummyvariabel.
speak_testlang_home	Hvorvidt eleven snakker testlandets språk hjemme. Kategorisk, 3 dummyer:
speakhome_always *	Eleven snakker alltid testlandets språk hjemme. Dummyvariabel.
speakhome_sometimes	Eleven snakker av og til testlandets språk hjemme. Dummyvariabel.
speakhome_never	Eleven snakker aldri testlandets språk hjemme. Dummyvariabel.
kinderg_att	Eleven har gått på barnehage. Dummyvariabel.

*Dummyvariabler som benyttes implisitt som referansekategori.

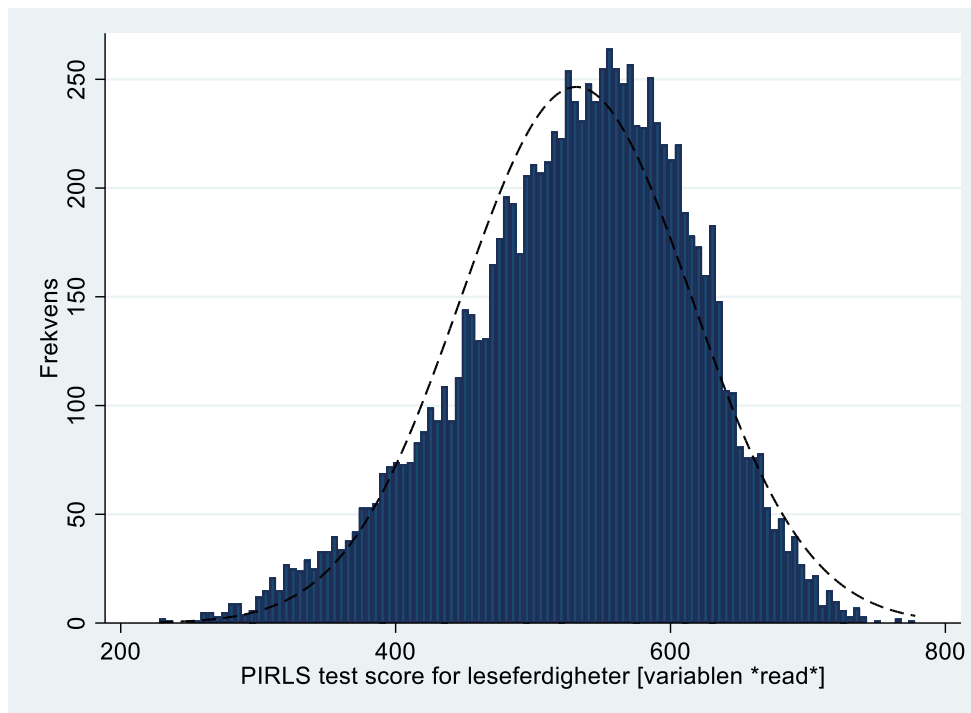
I tabellen over er den avhengige variabelen for analysen markert med oransje og interessevariabelen markert med fet skrift. Forklaringsvariablene er videre markert blått for skolefaktorer, gult for medelevkarakteristika og grønt for familie-/elevkarakteristika.

4.3 Deskriptiv statistikk for avhengig variabel

Tabell 3 – Deskriptiv statistikk for avhengig variabel:

Variabel	Observasjoner	Gjennomsnitt	Standardavvik	Min	Max
read	10,378	531.53	83.98	228.06	773.38

Figur 3 – Histogram avhengig variabel:



4.4 Deskriptiv statistikk for interessevariabel

Tabell 4 – Deskriptiv statistikk for interessevariabel:

Variabel	Observasjoner	Gjennomsnitt	Standardavvik	Min	Max
pc_class	10,120	.93	.25	0	1

Tabell 5 – Deskriptiv statistikk for avhengig variabel gitt interessevariabelen:

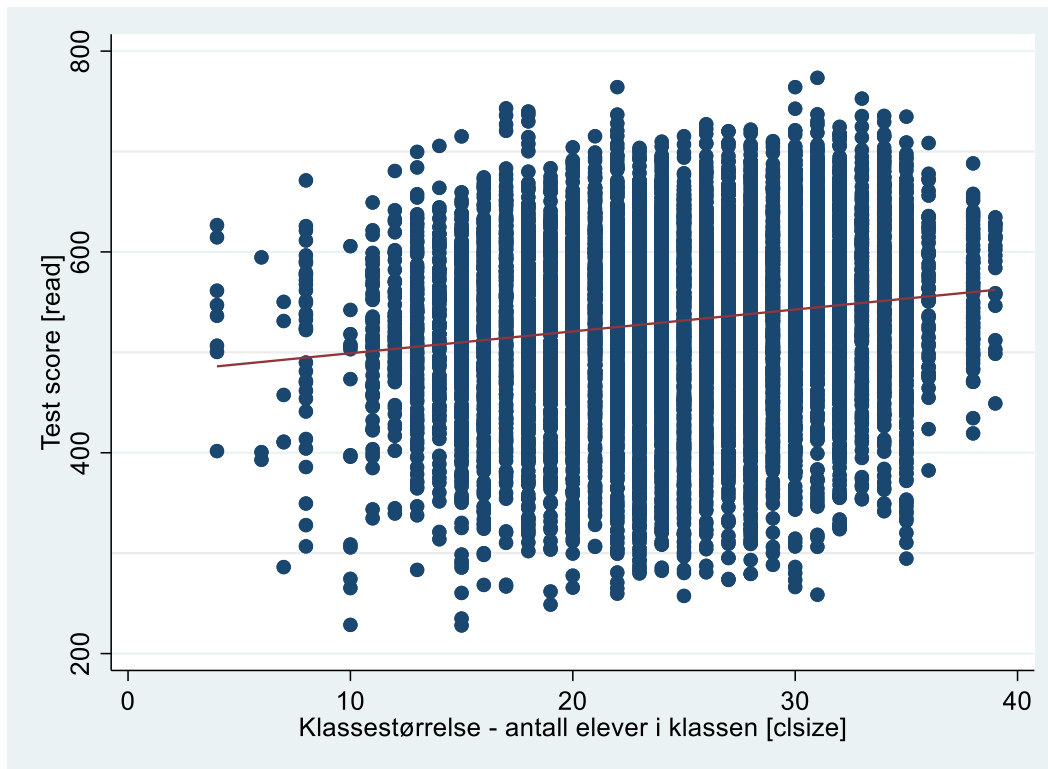
Betinget variabel	Observasjoner	Gjennomsnitt	Standardavvik	Min	Max
read pc_class = 1	9,457	534.02	83.57	228.06	773.38
read pc_class = 0	663	498.73	83.37	228.60	707.04

4.5 Deskriptiv statistikk for kontrollvariabler

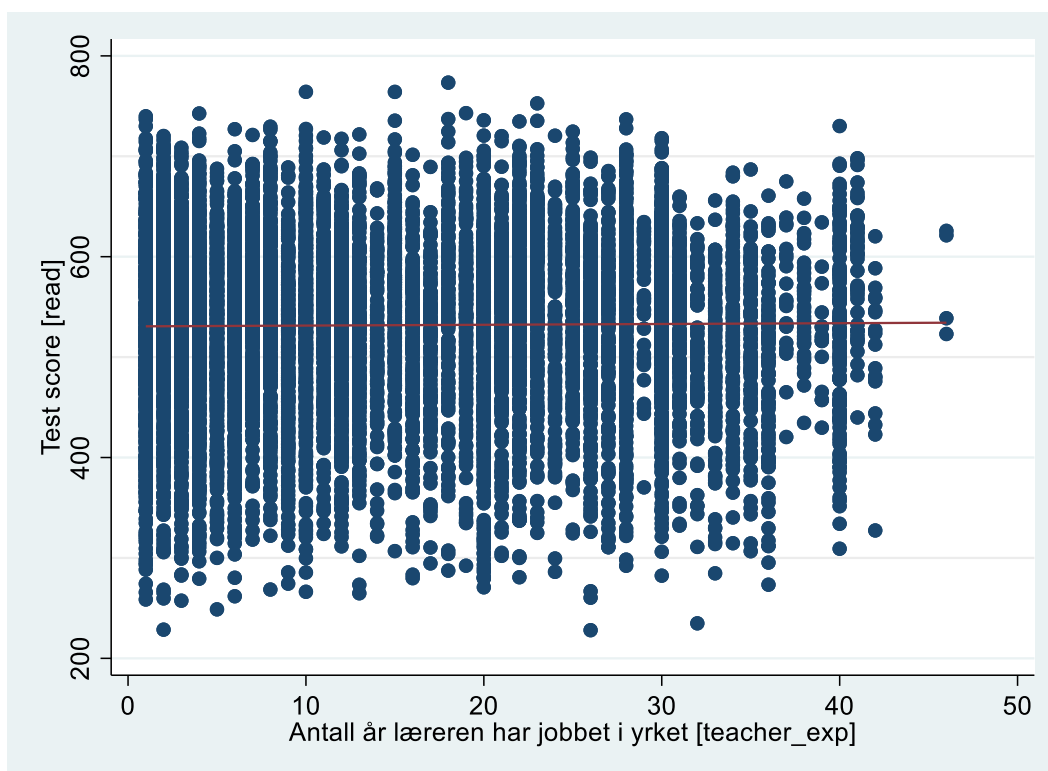
Tabell 6 – Deskriptiv statistikk for kontinuerlige kontrollvariabler:

Variabel	Observasjoner	Gjennomsnitt	Standardavvik	Min	Max
teacher_exp	9,961	15.23	10.89	1	46
clsiz	10,141	24.93	5.89	4	39

Figur 4 – Kryssplot med enkel regresjonslinje av read mot clsize:



Figur 5 – Kryssplot med enkel regresjonslinje av read mot teacher_exp:



Øvrig deskriptiv statistikk for fordelingen av dummys fra de kategoriske variablene er å finne ved å benytte do-filen via STATA på datasettet vedlagt som appendiks til

bacheloroppgaven. Det samme gjør seg gjeldende for korrelasjonsmatriser, ettersom datamengden her er svært omfattende og vanskelig å oppgi i mer komprimert form.

4.6 Kommentar om korrelasjonsmatriser for datamaterialet

En simpel korrelasjonsmatrise mellom alle variablene som her blir inntatt i regresjonsanalysen, viser at flere av kontrollvariablene har relativt høy korrelasjon med interessevariabelen `pc_class` og `read`. Det vises her tilbake til problematikken tilknyttet utelatte relevante forklaringsvariabler, omtalt i kapittel 3, og understrekes at flere faktorer fra produktfunksjonen for utdanning må kontrolleres for om en ønsker å si noe om den sanne effekten av interessevariabelen.

5 Resultater

5.1 Modellvarianter

Om en inkluderer en regresjon for kun interessevariabelen mot den uavhengige variabelen, er det her testet 6 forskjellige versjoner av det generelle lineære utgangspunktet, som for oppfriskningens skyld gjengis under:

$$(\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + \beta_i X_i + \varepsilon$$

Første regresjonsmodell var altså:

$$(1) \quad (\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + \varepsilon$$

Det ble deretter tillagt en lærerkarakteristika i form av ansiennitet for å se om tillegget av denne kontinuerlige variabelen endret regresjonsresultatene til noen særlig grad:

$$(2) \quad (\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + \beta_1(\text{teacher_exp}) + \varepsilon$$

Etter dette ble også den kategoriske variabelen for lærerens alder tillagt ved dummyvariabler for 5 av sine 6 kategorier:

$$(3) \quad (\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + \beta_1(\text{teacher_exp}) + \delta_2(\text{tage_25_29}) + \dots$$

$$\dots \delta_3(\text{tage_30_39}) + \delta_4(\text{tage_40_49}) + \delta_5(\text{tage_50_59}) + \delta_6(\text{tage_o60}) + \varepsilon$$

Deretter ble klassestørrelse tillagt som siste skolefaktor, hvor denne modellen kan komprimert skrives som:

$$(4) \quad (\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + f(S) + \varepsilon$$

Som femte modelliterasjon ble kategoriske dummyvariabler for andelen medelever fra økonomisk trange kår og andelen medelever født i et annet land tillagt - dette for å representere virkningen av medelevkarakteristika:

$$(5) \quad (\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + f(S) + f(P) + \varepsilon$$

Avslutningsvis ble variablene for foreldrenes ansettelsesgrad og utdanning, husholdningens årsinntekt, dummy for om eleven har gått på barnehage, samt hvorvidt eleven snakker testlandets språket hjemme tilføyd. Dette, for å ende opp med en modell som forklarer en god andel av testresultatene varians - og som inkluderer kontrollvariabler fra alle de tre store gruppene av faktorer som inngår i den teoretiske diskusjonen om skoleproduktfunksjonen:

$$(6) \quad (\text{read}) = \beta_0 + \delta_1(\text{pc_class}) + f(S) + f(P) + f(F) + \varepsilon$$

5.2 Modellresultater

På neste side angis testresultatene til de forskjellige modellformuleringene ved en omfattende tabell. Estimatenes tolkning kan her illustreres ved å fylle inn for modell 3 - dette gir følgende funksjon:

$$(3) \quad (\text{read}) = 498.4 + 35.90(\text{pc_class}) - 0.189(\text{teacher_exp}) - 2.571(\text{tage_25_29}) \dots \\ \dots - 4.089(\text{tage_30_39}) + 3.476(\text{tage_40_49}) + 10.61(\text{tage_50_59}) + 9.387(\text{tage_o60}) + \varepsilon$$

For å oppnå høyst mulig testscore på basis av denne svært forenklete estimerte modellen ønsker man derfor at eleven skal ha tilgang på pc i klasserommet og bli undervist av en lærer mellom 50 og 59 år, men som ikke har noen erfaring innen læreryrke - ettersom fortegnet til koeffisienten til (teacher_exp) er negativt. En t-test indikerer derimot at effekten av (teacher_exp) ikke er statistisk signifikant, ved at en selv ved en ensidig test med signifikansnivå på 5% - som tilsvarer en tosidig test med signifikansnivå 10%, ikke vil kunne forkaste en nullhypotese om at den reelle verdien til β_1 er null. Retningen ved en slik ensidig t-test virker heller ikke rimelig her, ettersom det likeså godt er å forvente at en erfaren lærer skulle ha en positiv virkning på elevenes leseferdigheter. Kritisk refleksjon over kausalitetssammenhenger, samt utelukkning av variabler med for lav signifikans er derfor nyttig for å oppnå en troverdig modell - som ikke er unødvendig komplisert.

En uventet, men signifikant sammenheng oppdaget ved regresjonsanalysen er her at kontrollvariabelen for klassestørrelse har en koeffisient med positivt fortegn - noe som antyder at å være del av en større klasse henger sammen med økte leseferdigheter.

TABELL 7 – ESTIMERINGSRESULTATER VED ULIKE MODELLER (estimerte standardavvik i parentes)						
	(1) read	(2) read	(3) read	(4) read	(5) read	(6) read
pc_class	35.29 (3.357)	34.90 (3.421)	35.90 (3.464)	30.78 (3.403)	28.56 (3.483)	6.204 (4.365)
teacher_exp		0.143 (0.0772)	-0.189 (0.130)			
tage_25_29			-2.571 (4.468)	-1.615 (4.420)	8.176 (4.402)	-7.135 (7.343)
tage_30_39			-4.089 (4.194)	-2.876 (4.101)	7.851 (4.039)	0.439 (7.071)
tage_40_49			3.476 (4.323)	4.505 (3.948)	9.926 (3.916)	-7.437 (6.779)
tage_50_59			10.61 (4.963)	8.193 (3.986)	13.10 (3.943)	-5.292 (6.943)
tage_o60			9.387 (6.416)	2.183 (4.961)	8.785 (4.984)	-0.354 (8.068)
clsize				2.082 (0.139)	2.526 (0.147)	3.623 (0.224)
pdisad_11_25					2.495 (2.275)	18.31 (3.519)
pdisad_26_50					-1.811 (2.836)	19.52 (5.908)
pdisad_o50					-33.67 (2.525)	19.68 (9.115)
pabr_11_25					-10.58 (2.633)	-9.746 (4.586)
pabr_26_50					-10.85 (4.882)	-19.40 (11.39)
pabr_o50					-40.43 (5.627)	-10.02 (27.08)
pedu_uni						37.46 (8.894)
pedu_post						50.65 (16.34)
pedu_upper						1.489 (8.958)
pedu_lower						23.33 (8.915)
pemp_full						-12.18 (2.744)
pemp_less						-23.75 (13.91)
pemp_not						-19.92 (8.048)
hinc_20k29						15.75 (6.499)
hinc_30k39						20.61 (6.323)
hinc_40k49						20.88 (6.499)
hinc_50k59						25.78 (6.671)
hinc_o60k						36.08 (6.561)
speakhome_sometimes						-27.94 (4.922)
speakhome_never						-85.00 (15.78)
kinderg_att						6.397 (4.217)
_cons	498.7 (3.245)	497.0 (3.600)	498.4 (4.996)	448.5 (5.981)	442.4 (5.980)	394.8 (14.49)
N	10120	9921	9859	9979	9195	3560
R²	0.011	0.010	0.013	0.034	0.074	0.199

En kan her undersøke videre hvorvidt modell 6 inneholder overflødige variabler ved å tabellarisk oppstille resultat for F-tester av alle variablene. F-testing benyttes her for å se alle de kategoriske dummyvariablene under ett. Nullhypotesen er her at den sanne verdien på koeffisientene er null, evt. at samlet effekt er null - for sammenhørende dummyer.

Signifikansnivå er her satt til 5%, **Tabell 8 – F-tester:**

Variabler	TS (frihetsgrader i parentes)	Konklusjon om H_0
pc_class	2.02 (1, 3531)	Ikke forkast
tage_...	1.27 (5, 3531)	Ikke forkast
clsize	262.26 (1, 3531)	Forkast
pdisad_...	10.64 (3, 3531)	Forkast
pabr_...	2.32 (3, 3531)	Ikke forkast
pedu_...	34.34 (4, 3531)	Forkast
pemp_...	8.50 (5, 3531)	Forkast
hinc_...	7.41 (5, 3531)	Forkast
speakhome_...	29.93 (2, 3531)	Forkast
kinderg_att	2.30 (1, 3531)	Ikke forkast

Det kan videre sies at p-verdien for interessevariabelen er på 0.1553. Her er det verdt å merke seg at man også får samme konklusjon ved F-test for interessevariabelen også ved frafall for øvrige variabler hvor nullhypotesen ikke kan forkastes.

6 Konklusjon

En kan etter den multivariate økonometriske regresjonsanalysen som her er foretatt, ikke på konvensjonelle signifikansnivå forkaste en hypotese om at effekten av tilgang på PC er null for testresultatene ved PIRLS leseferdighetsundersøkelse. Dette gjør seg gjeldene for de data som er innhentet fra landene Norge, England og USA i 2001. Den tilsynelatende positive korrelasjonen til PC-tilgang for leseferdighetsprestasjoner avtar betraktelig ved kontroll for flere variabler jf. teorien om produktfunksjonen for utdanning.

Det er likevel viktig å påpeke at modellen, som på sitt beste her forklarer om lag 20% av variasjonen i den avhengige variabel, kan videre utbedres med kontroll for ytterligere variabler. Videre er også modellen begrenset tidsmessig og i forhold til underliggende populasjoner, hvor disse forholdene utgjør en ytre ramme for forsvarlig generalisering. Analysen er således å regne som kun et begrenset funn i en større vitenskapelig forskningssammenheng.

Referanseliste

Bonesrønning, H. (2004) *Utforming av utdanningspolitikken - hva kan økonomene bidra med?*. Økonomisk forum 58 (3), 14-23.

Bouygues, H. L. (2019) *Does Educational Technology Help Students Learn? An analysis of the connection between digital devices and learning*. Reboot Foundation.

Bulman, G. & Fairlie, R. W. (2015) *Technology and Education: Computers, Software, and the Internet*. eScholarship California Digital Library.

Hagen, P. C. (2014) *Innføring i sannsynlighetsregning og statistikk*. 7. utgave. Cappelen Damm Akademisk Forlag.

Hanushek, E. A. (2020) *Education production functions*. Bradley, S. og Green, C. (red.): Economics of Education, 2nd Edition, London: Academic Press, 161-170.

Midtbø, T. (2007) *Regresjonsanalyse for samfunnsvitere*. Oslo: Universitetsforlaget.

Patterson, R. W. & Patterson, R. M. (2017) *Computers and productivity: Evidence from laptop use in the college classroom*. Economics of Education Review 57, Elsevier ScienceDirect, 66-79.

Thomas, R. L. (2005) *Using statistics in economics*. McGraw-Hill Education.

