

Handelshøyskolen BI - campus Stavanger

BTH 16131

Bacheloroppgave - Anvendt makroøkonomi

Bacheloroppgave

Arbeidsledighet og Automatisering

Navn	Fredrik Aurbakken Enoksen, Jon Braut
------	--------------------------------------

Utlevering:	09.01.2017 09.00
-------------	------------------

Innlevering:	02.06.2017 12.00
--------------	------------------

1. Oppsummering	2
2. Innledning	2
3. Arbeidsmarkedet og automatisering	4
3.1 Arbeidsmarkedet	4
3.2 Teknologi	6
3.3 Automatisering og eksisterende litteratur	7
4. Teori	11
4.1 Sammenhengen mellom strukturell arbeidsledighet og teknologisk utvikling	11
4.2 Arbeidsledighet og strukturell arbeidsledighet	12
4.3 Steigums arbeidsmarkedsmodell	14
4.4 Keynes og to motstridende krefter	19
5. Metode	21
5.1 BLUE og OLS	21
5.2 Autokorrelasjon	22
5.3 Stasjonaritet	24
6. Data	25
6.1 Kilder for data	25
6.2 Regresjonsligningene	25
7. Analyse	27
7.1 Trend arbeidsledighet	27
7.2 Endring trend arbeidsledighet	28
7.3 Endring trend total sysselsetting	28
7.4 Endringer i sektor-sysselsetting	29
8. Konklusjon	33
9. Referanser	34
10. Vedlegg:	36

Takk

Vi ønsker å takke Lars Bruno for god veiledning i løpet av semesteret.

1. Oppsummering

I denne oppgaven ser vi om det eksisterer en sammenheng mellom teknologisk utvikling og den strukturelle arbeidsledigheten, ettersom vi forutsetter at automatiseringen av arbeidsoppgaver har tiltatt i nyere tid. For å undersøke denne sammenhengen benytter vi oss av en kvantitativ analyse med data fra USA. Vi ser på arbeidsledighetstrend, sysselsettingstrend og sektorsysselsetting mot investeringer i IT/programvare, separat og samlet. Eksisterende økonomisk litteratur forteller oss at produktivitetsfremmende innovasjoner har en positiv effekt på den strukturelle arbeidsledigheten, gitt at markedet er tilstrekkelig i stand til å finne ny bruk for arbeidskraft som eventuelt blir frigjort. Resultatene våre kommer ikke frem til en annen konklusjon enn det økonomisk teori allerede tilsier.

2. Innledning

I de siste årene har vi sett stor utvikling innenfor teknologi og automatisering. Det virker som vi står overfor et nytt skifte innen den digitale- og teknologiske revolusjonen som har foregått siden introduksjonen av datamaskiner og internett. Google har greid å produsere selvkjørende biler, mens Amazons lagervirksomhet i større grad er blitt automatisert ved bruk av roboter (Waymo, 2017: Business Insider, 2017). "Big data", kunstig intelligens og algoritmebasert maskinlæring gjør at teknologiens kapasiteter utvides til nye områder, og begrensningene for hva maskiner kan komme til å greie i fremtiden virker få (Osbourne & Frey, 2011, s. 47-48). Denne utviklingen har også ført med seg frykt blant samfunnsdebattanter som er redd utviklingen kan føre til høyere arbeidsledighet (Sysla, 2017: E24). Årsaken er at teknologien, i økende grad, tilsynelatende kan erstatte menneskelig arbeidskraft i utførelsen av mange arbeidsoppgaver gjennom automatisering. Osbourne og Frey (2013, s. 48) estimerte også at opp mot 47 % av sysselsettingen i USA kan kategoriseres som høy risiko for å bli automatisert i løpet av de neste par tiårene.

Eksisterende litteratur sier derimot at teknologisk utvikling som leder til produktivitetsvekst har isolert sett en positiv effekt på etterspørselen etter arbeidskraft på lang sikt (Steigum, 2012, s. 191). Samtidig uttrykket Keynes at effekten av en teknologisk innovasjon på arbeidsledighet avgjøres av i hvilken grad markedet er i stand til å finne ny bruk for arbeidskraften som blir frigjort (Keynes, 1933, s. 3).

I denne oppgaven ønsker vi å se om det finnes grunnlag for frykten for økt arbeidsledighet, og fokuserer på den strukturelle arbeidsledigheten. Gjennom en kvantitativ analyse undersøker vi om det eksisterer en sammenheng mellom utviklingen innen automatisering og en økning i den strukturelle arbeidsledigheten i USA.

Vi forutsetter at den største teknologiske fremgangen skjer innen IT/programvare og industrielt utstyr, og anser disse som tilstrekkelig representative størrelser for utviklingen innen automatisering. Vi har valgt å benytte oss av data fra USA ettersom landet er velutviklet og tilgangen på relevant data er god.

Problemstillingen vår er:

”En kvantitativ analyse av sammenhengen mellom strukturell arbeidsledighet og automatisering av arbeidsoppgaver, for å se om nivået av investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr, henger sammen med økt strukturell arbeidsledighet, som følge av økte teknologiske kapasiteter i nyere tid”

For å undersøke denne problemstillingen har vi strukturert oppgaven i ulike kapitler. Vi bruker et kapittel på å utrede rammeverket for oppgaven og eksisterende litteratur som vi mener er relevant. Under kapittelet om teori beskrives modellene vi benytter oss av og som benyttes til å vurdere resultatene fra den kvantitative analysen. Metodekapittelet beskriver det teoretiske grunnlaget for hvordan den kvantitative undersøkelsen gjennomføres. I kapittelet om data utreder vi hvilke regresjoner vi gjennomfører og dataene vi benytter oss av.

Deretter presenteres resultatene fra undersøkelsen i et eget kapittel sammen med en analyse. Til slutt oppsummeres oppgaven i en konklusjon.

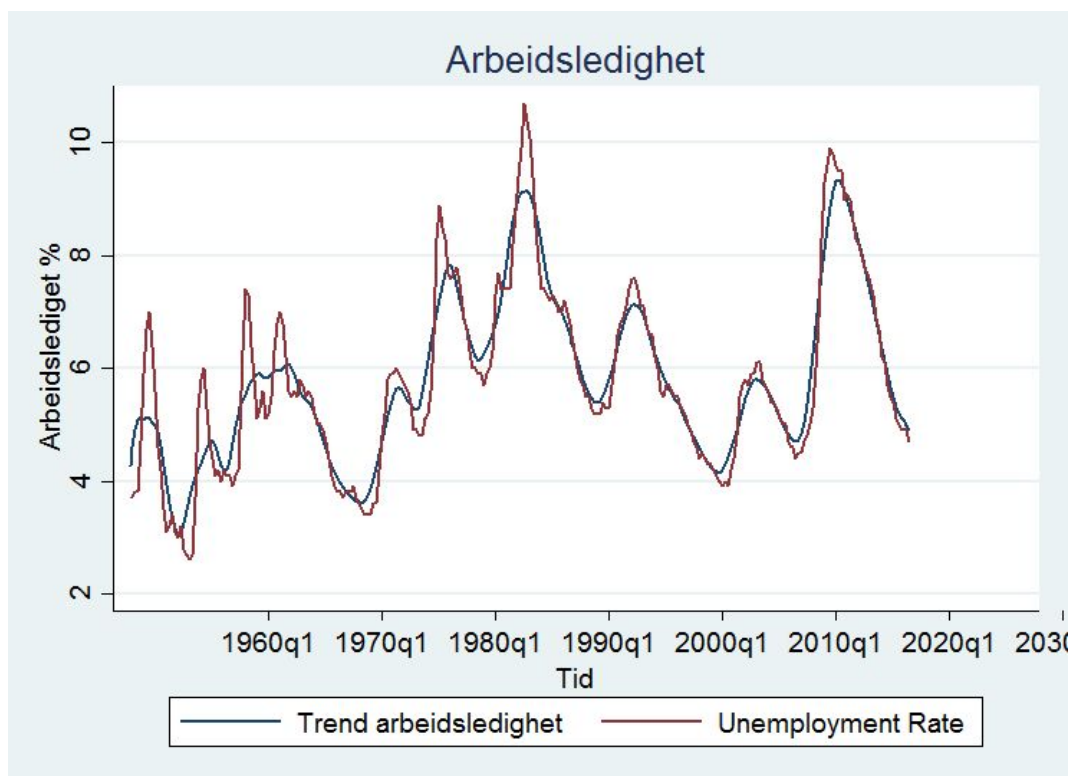
3. Arbeidsmarkedet og automatisering

3.1 Arbeidsmarkedet

Vi ser på tre ulike størrelser for å belyse utviklingen i arbeidsledigheten: utviklingen i arbeidsledighet, sysselsetting og sektor-sysselsetting.

Arbeidsledighet og trend

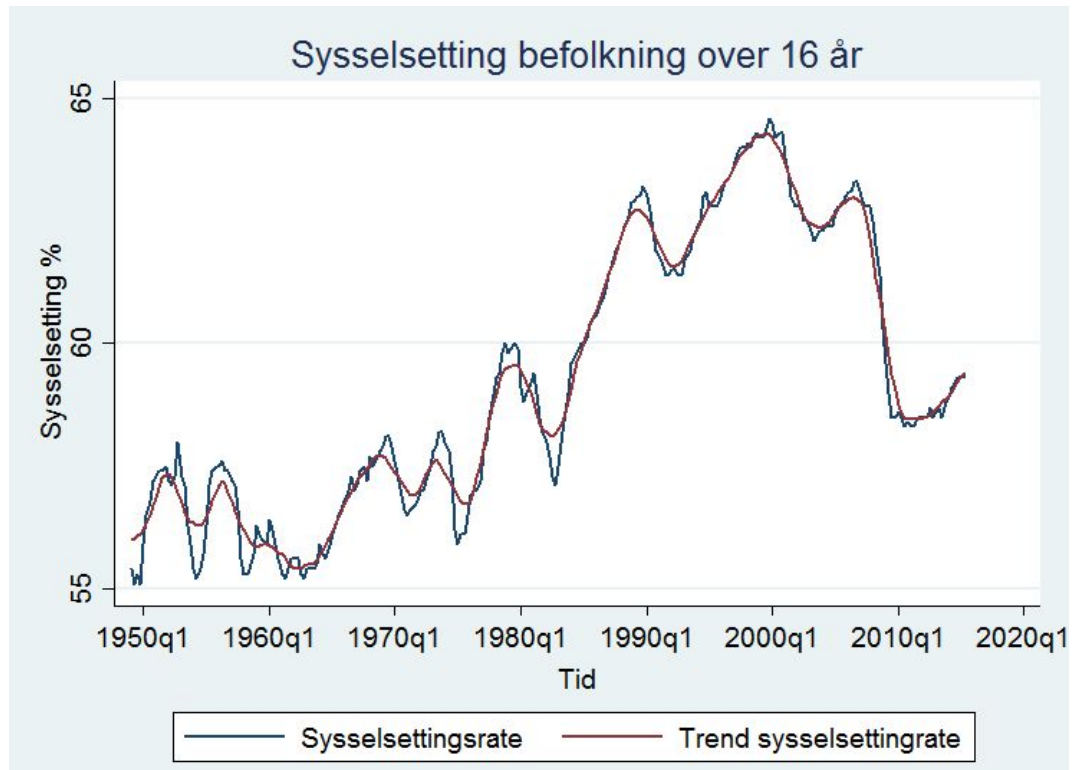
Arbeidsledigheten i USA har siden 1950-tallet beveget seg innenfor intervallet ~2 - 10 %. Det siste tiåret er i stor grad preget av finanskrisen som hadde sitt utspring i det amerikanske finans- og eiendomsmarkedet. Sammen med krisen fulgte arbeidsledighet som var nær en historisk topp, men har i etterkant falt kraftig. Trenden til arbeidsledigheten er konstruert som et ~3 års vektet gjennomsnitt (se figur 1).



Figur 1 : (Data hentet fra FRED-databasen og behandlet i Stata)

Total sysselsetting

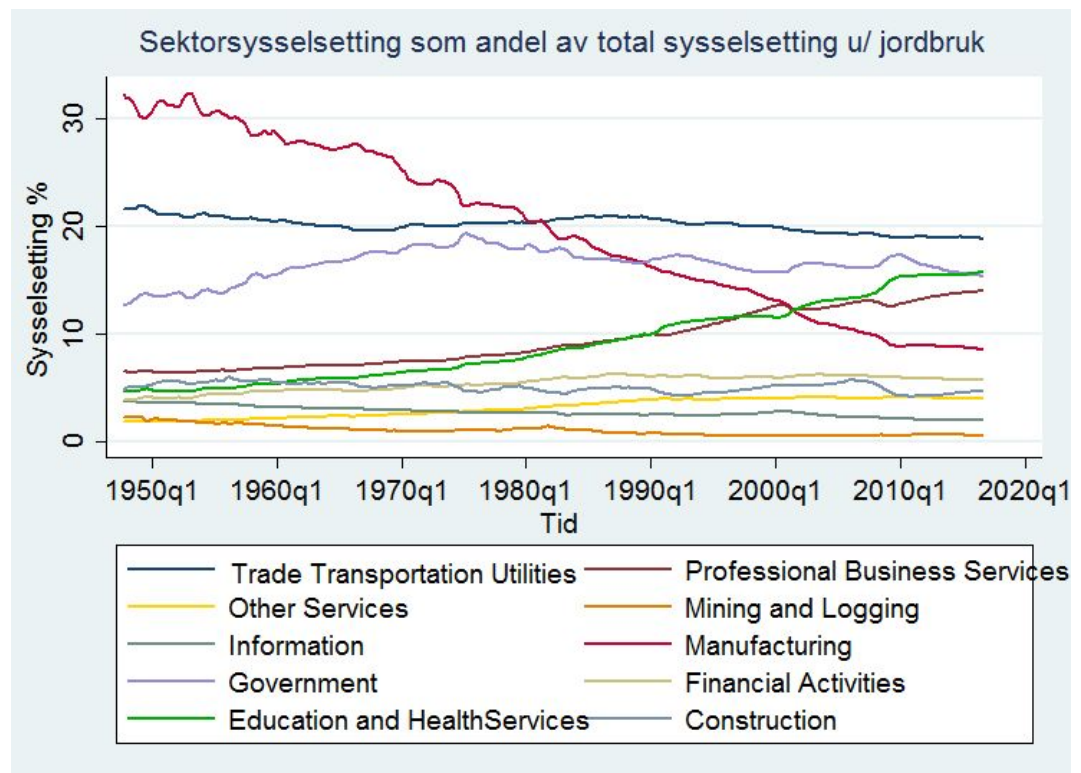
Den totale sysselsettingen som andel av befolkningen over 16 år i USA, har ligget mellom ~55 og 65 % siden begynnelsen av 50-tallet. Utviklingen var i lang tid økende, men den toppet seg rundt år 2000 og har etterpå falt kraftig. Trenden til sysselsettingen er konstruert som ~3 år vektet gjennomsnitt (se figur 2).



Figur 2 : (Data hentet fra FRED-databasen og behandlet i Stata)

Sektor-andeler

De fleste sektor-andelene i USA har opplevd relativt lav variasjon siden 1950-tallet, men noen sektorer har gjennomgått store endringer. Sektorer som profesjonelle- tjenesteytende og utdanning/ helse har opplevd en markant økning i sin andel, mens produksjonssektoren har opplevd en betydelig reduksjon (se figur 3).



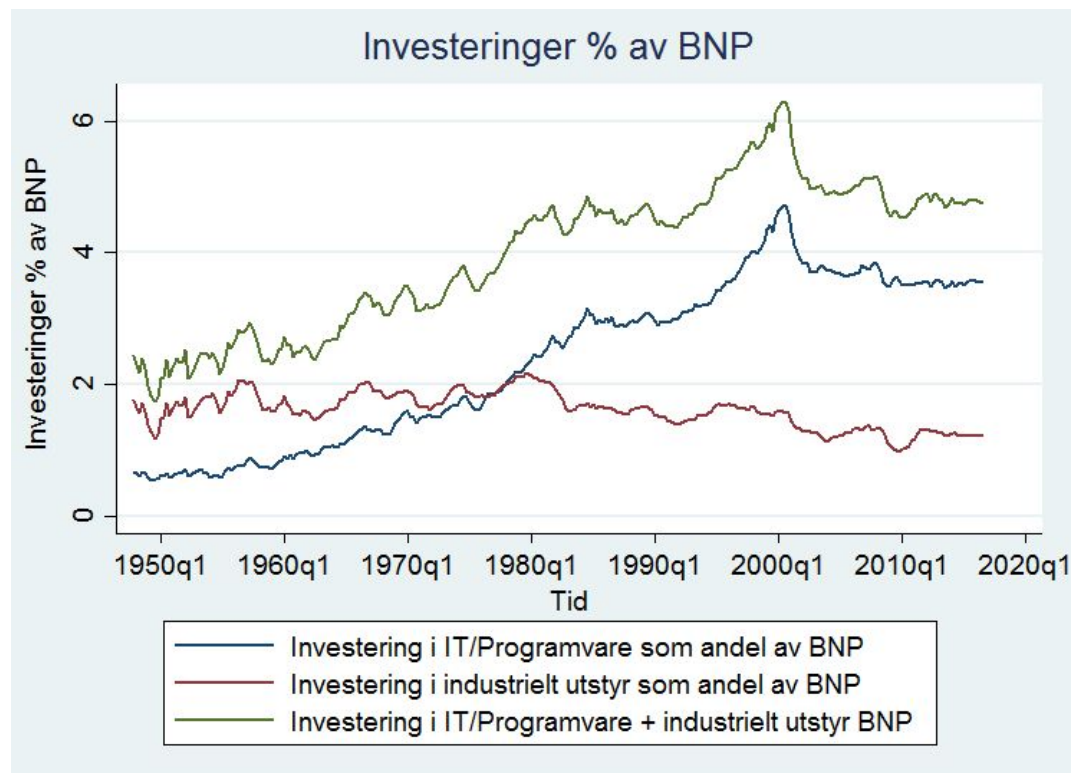
Figur 3: (Data hentet fra FRED-databasen og behandlet i Stata)

3.2 Teknologi

Innen teknologi ser vi hovedsakelig på tre størrelser, investeringer i IT/programvare, investeringer i industrielt utstyr og begge samlet.

Investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr

Investeringer i industrielt utstyr som andel av BNP i USA, har ikke gjennomgått store endringer siden 1950-tallet, mens investeringer i IT/programvare har hatt en betydelig positiv trend frem til rundt år 2000. Størrelsene samlet har hatt en økende trend siden 1950-tallet og investeringsnivået toppet seg rundt år 2000, men opplevde deretter en periode med reduksjon.



Figur 4: (Data hentet fra FRED-databasen og behandlet i Stata)

3.3 Automatisering og eksisterende litteratur

Historikk

Samfunnet har tidligere stått overfor store teknologiske omveltninger. Industrielle revolusjoner er perioder i verdenshistorien der store teknologiske fremskritt har ført til mer effektive produksjonsmetoder, økt produktivitet og høyere levestandard (Marks, 2007, s. 137).

Den første industrielle revolusjonen slik vi kjenner den utspant seg i Storbritannia, og markerte overgangen fra manuell produksjon til en mer mekanisk produksjon (Marks, 2007, s. 118). Økonomen Mortimer uttrykket i 1772 at han håpet aldri å se maskiner som kunne utkonkurrerte menneskelig arbeidskraft, fordi han fryktet at at det ville ekskludere tusenvis fra arbeidsmarkedet som bidro med nyttig arbeid. Under den industrielle revolusjonen var det også misnøye blant meningsfellene hans. Blant annet Luddittene som trodde at den nye teknologien ville true menneskelig arbeidskraft. De fryktet redusert lønnsnivå som følge av lavere etterspørsel etter arbeidskraft, som kan sammenlignes med frykten som

uttrykkes i dag. De brøt seg inn i fabrikker og ødela flere produksjonsmaskiner (Mokyr, Vickers, Ziebarth, 2015, s. 33-34). I ettertid var resultatet av den industrielle revolusjonen at etterspørselen etter arbeidskraft økte, men arbeiderne gikk vekk fra sitt jordbruksbaserte virke til jobb i fabrikker og gruver (Marks, 2007, s. 135-137).

Nyere teknologisk utvikling innenfor IT/programvare og robotisering

Informasjonsteknologi som datamaskiner og utstyr som programvare, er en av de mest sentrale teknologiene som har preget det moderne samfunn. Sammen med annen informasjonsteknologi har disse opplevd kraftig utvikling over lengre tid.

Moore's lov er et eksempel på den kraftige veksten til datamaskiners ytelse. Gordon Moore dokumenterte at ytelsen til en prosessor har hatt en eksponensiell vekst hvor kraften har doblet seg hver 12. måned. Moore's lov har også vært gjeldende for andre datakomponenter som har opplevd tilsvarende utvikling (Brynjulfsson & McAfee, 2012, s. 14-15). Martin Grötchel dokumenterte fra 1988 til 2003, at programvare som løser optimeringsproblemer har hatt en vekst i hastighet på 43 millioner ganger. Årsaken til økningen i hastighet kom både fra en økning i prosessorkraft, men i større grad utviklingen av bedre algoritmer (Brynjulfsson & McAfee, 2012, s. 14-15). Ifølge William Nordhaus (2007, s. 156) har kostnaden for å gjennomføre en beregning ved bruk av en datamaskin blitt redusert så mye som 2 trillioner ganger siden man benyttet seg av manuelle beregninger.

Den første industrielle roboten ble implementert av General Motors på 1960-tallet (Osbourne & Frey, 2013, s. 13). Utviklingen av roboter frem til i dag har vært stor og henger sammen med utviklingen av annen datateknologi. Roboten har blitt bedre på å utføre manuelle oppgaver gjennom bedre sensoriske egenskaper, fysisk manipulering og nøyaktighet (Osbourne & Frey, 2013, s. 22).

Arbeidsoppgaver og automatisering

Da Autor, Levy og Murnane (2003, s. 1286) så på effekten av digitalisering på arbeidsmarkedet mellom 1960-1998, benyttet de seg av ulike kategorier av

arbeidsoppgaver. De skiller mellom manuelle rutinebasert arbeidsoppgaver, manuelle ikke-rutinebaserte arbeidsoppgaver, kognitive rutinebaserte oppgaver og kognitive ikke-rutinebaserte arbeidsoppgaver (se vedlegg 1). De kom frem til at økt implementering av datateknologi førte til en større grad av erstatning av jobber som består av rutinemessige arbeidsoppgaver, betinget av at arbeidsoppgaven kunne beskrives gjennom et sett med regler. For arbeidsoppgaver som var ikke-rutinebaserte, hadde digitaliseringen en mer komplementær effekt i form av økt produktivitet. Spesielt arbeidsoppgaver som var preget av egenskaper hvor mennesker hadde fortrinnsmessige egenskaper mot datamaskinene opplevde økt etterspørsel etter arbeidskraft. Disse arbeidsoppgavene var karakterisert av egenskaper som fleksibilitet, kreativitet, problemløsning og kommunikasjon (Autor, Levy & Murnane, 2003, s. 1322).

Som følge av den nye utviklingen innen kunstig intelligens, maskinlæring, algoritme-basert maskinlæring og robotisering, har teknologien en større tendens til å kunne erstatte arbeidsoppgaver som tidligere var ansett som vanskelige å automatisere. Mange av de ikke-rutinebaserte arbeidsoppgavene er nå kommet innenfor teknologiens kapasiteter som følge av den teknologiske utviklingen. Innen industriell produksjon, som bilproduksjon, har utviklingen av roboter redusert sysselsettingen kraftig ettersom manuell arbeidskraft har blitt gjort overflødig (Osbourne og Frey 2013, s. 30).

Begrensninger for teknologisk utvikling og Polanyis paradoks

Til tross for at det pågår en ny teknologisk revolusjon innen automatisering som er ventet å ha en påvirkning på de fleste arbeidsoppgaver, antas det at det finnes flere flaskehalser i utviklingen (Osbourne & Frey, 2013, s. 26).

Polanyis paradoks er et eksempel på en slik teknologisk begrensning (Autor, 2015, s. 11-12). Filosofen Polanyi mente at "vi vet mer enn vi kan uttrykke" som illustrerer hvor omfattende menneskelig persepsjon og intuisjon er. Utsagnet demonstrerer hvilke utfordringer som kan oppstå når man ønsker å automatisere en arbeidsoppgave, men ikke er i stand til å beskrive oppgaven gjennom et sett med regler.

Osbourne and Frey grupperte de teknologiske flaskehalsene inn i tre kategorier: Persepsjons- og manipuleringsoppgaver, som innebærer arbeidsoppgaver som krever større grad av fleksibilitet, kreativ intelligens-oppgaver og sosial intelligens-oppgaver. Grunnen til at disse arbeidsoppgavene er vanskeligere å automatisere er at de har store elementer av egenskaper som mennesker er overlegen maskiner og kommer sannsynligvis til å være en begrensning for maskinene en stund til (Osbourne & Frey, 2013, s. 26-30).

Arbeidsmarkedstrender

Som Roy (1951, s. 144) påpeker henger lønn sammen med produksjonen til arbeideren. Selv om dette ikke nødvendigvis er gjeldende på kortere sikt vil det være tilfelle over lengre tidsperioder. Implikasjonen av dette utsagnet er at arbeidere som utfører arbeidsoppgaver som maskiner kan gjennomføre til en betydelig lavere pris, vil over tid skifte arbeidsplass til et sted hvor de har konkurransemessige fortrinn mot maskinene og dermed ha høyere produksjon og økonomisk belønning. Dette har en sammenheng med utviklingen av yrkessammensetningen i arbeidsmarkedet og det vil det være rimelig å anta at en større del av arbeidsstyrken over tid vil skifte til jobber hvor maskiner har sine begrensninger (Osbourne & Frey, 2013, s. 25-26).

Ifølge Autor & Dorn (2013, s. 1589-1590) skjedde det store skift i yrkessammensetning blant lav-kompetente arbeidere i USA mellom 1980 og 2005. Sysselsettingen i de fleste lav-kompetente yrkesgruppene hadde blitt redusert, men det var en økning på 50% i sysselsettingen innen lav-kompetente service-yrker. Økningen i de servicebaserte yrker sammenfaller med Osbourne og Freys (2013, s. 25-26) påstand om økt overgang til yrker hvor menneskene har fortrinnsmessige egenskaper mot maskinene.

Blanchard, Solow og Wilsons perspektiv på produktivitet og arbeidsledighet

Blanchard, Solow og Wilson (1995, s. 18-19) argumenterer for at det finnes lite historisk grunnlag for å anta at perioder med produktivitetsvekst er påfulgt av lengre tidsperioder med økt arbeidsledighet. De påpeker at det viktigste elementet

for nivået av sysselsetting er hvordan endringen i produktivitet påvirker samlet etterspørsel i økonomien og om etterspørselen er elastisk i takt med produktivitetsøkningen. Dersom en innovasjon fører til at man kan produsere samme kvantum av et produkt til en lavere kostnad vil man ikke trenge samme mengde arbeidskraft som tidligere. Dette kan illustreres i et eksempel med et isolert marked som bare produserer én type vare og man reduserer markedsprisen på produktet som følge av økt arbeidsproduktivitet og reduserte kostnader. Dersom etterspørselen øker perfekt elastisk vil man dermed ikke ha behov for å redusere arbeidskraften ettersom lavere markedspris stimulerer økt salg, og skaper et tilsvarende økt behov for arbeidskraft (Blanchard, Solow & Wilson, 1995, s. 2-3).

4. Teori

4.1 Sammenhengen mellom strukturell arbeidsledighet og teknologisk utvikling

Teknologisk utvikling og arbeidsproduktivitet

Definisjonen av teknologisk utvikling kan være forskjellig ut fra hvilken sammenheng uttrykket brukes i. I vår oppgave begrenser vi definisjonen til teknologisk utvikling i form av innovasjoner som øker arbeidskraftens marginalproduktivitet. Arbeidskraftens marginalproduktivitet kan også beskrives som endringen i hvor mye som produseres av en vare eller tjeneste per enhet av arbeidskraft, som Steigums (2012, s. 113) definisjon. Dersom man bruker mindre arbeidskraft per produsert enhet eller dersom man produserer mer per enhet arbeidskraft, vil man ha en økning i arbeidskraftens marginalproduktivitet. Teknologisk utvikling med kapasitet til automatisere arbeidsoppgaver og erstatte arbeidskraft med produksjonsmaskiner, datamaskiner, roboter, programvare eller annen teknologi vil dermed føre til en økning i arbeidsproduktiviteten ettersom produksjonen øker per enhet arbeidskraft. Arbeidskraftens marginalproduktivitet uttrykkes som:

$$\text{Arbeidskraftens marginalproduktivitet} : MPL = \frac{\Delta Y}{\Delta L}$$

Hvor ΔY er endring i produksjonsutbytte, ΔL er endring i arbeidskraft og MPL er arbeidskraftens marginalproduktivitet.

4.2 Arbeidsledighet og strukturell arbeidsledighet

I økonomien foregår det kontinuerlige prosesser som fører til at arbeidsmarkedet er i endring. Det er omstillinger, oppstart og nedleggelse av bedrifter som fører til endringer i etterspørsel etter arbeidskraft. Det som kan føre til økt etterspørsel etter arbeidskraft i en sektor, kan føre til redusert etterspørsel i en annen (Steigum, 2012, s. 178). Arbeidsstyrken i et land består av antall sysselsatte og arbeidsledige individer. Arbeidsledighetsrate beregnes som antall arbeidsledige som andel av arbeidsstyrken og er uttrykket som (Steigum, 2012, s.60):

$$u = \frac{N-L}{N}$$

Hvor N er størrelsen på arbeidsstyrken, L er antall sysselsatte og u er arbeidsledige. De som ikke har jobb og heller ikke er på utkikk etter jobb regnes ikke som en del av arbeidsstyrken og viser noe av svakheten med definisjonen (Steigum, 2012, s. 60-62)

Ifølge Steigum (2012, s. 171-172) er det knyttet negative konsekvenser til arbeidsledighet. Eksempler på negative konsekvenser er: Tapt nasjonalprodukt som følge av at arbeidsledige ikke bidrar med verdiskapning i samfunnet, utbetaling av trygd, lavere gjennomsnittlig levestandard, større ulikheter i samfunnet og yrkesferdigheter og kompetanse i samfunnet kan gå tapt.

Vi skiller hovedsakelig mellom to typer arbeidsledighet; konjunktorell og strukturell arbeidsledighet (Steigum, 2012, s. 171).

Konjunktorell arbeidsledighet

Den konjunkturelle arbeidsledigheten påvirkes av konjunktorene i en økonomi. I en høykonjunktur er det vanligvis høy etterspørsel etter arbeidskraft og derfor lavere arbeidsledighet, mens i en lavkonjunktur er det vanligvis lavere etterspørsel etter arbeidskraft og en høyere arbeidsledighet. Den konjunkturelle arbeidsledigheten blir målt som avviket fra trenden til arbeidsledigheten (Steigum, 2012, s. 171-172).

Strukturell arbeidsledighet

Økonomisk teori tilsier at det alltid vil eksistere arbeidsledighet. Den strukturelle arbeidsledigheten er den langsiktige arbeidsledigheten og blir målt som trenden til gjennomsnittlig arbeidsledighet over flere konjunktursykluser. Strukturell arbeidsledighet kan hovedsakelig forklares gjennom friksjonsledighet og et systematisk høyt reallønnsnivå over tid (Steigum, 2012, s. 171-177).

Friksjonsledighet

Friksjonsledighet kan forklares som arbeidsledighet som oppstår på grunn av forhold som kan gjøre at det tar tid for den ledige arbeidskraften å matche bedrifter som har behov for arbeidskraften. Når en bedrift søker nye ansatte har de visse kriterier til hvilke egenskaper, utdanning og andre kvalifikasjoner de bør besitte. For å sikre seg at de skaffer seg de riktige personene kan søkeprosessen ta lang tid. Bedriftene har heller ikke fullstendig informasjon om hvem som er arbeidsledige og hvilke jobber som er tilgjengelige, noe som vanskeliggjør prosessen og gjør den mer tidkrevende (Steigum, 2012, s. 177-178).

Med store teknologiske utviklinger og innovasjoner kan det skje store endringer i arbeidsmarkedet, det vil føre til at mange yrker vil forsvinne, og mange arbeidere vil måtte omstille seg for å jobb. Mange bedrifter med treg omstillingsevne kan bli utkonkurrert av mer innovative bedrifter og mange arbeidere må bytte arbeidsplass. Det kan oppstå behov for nye egenskaper og kompetanse, som tar tid å tilegne seg og gjør at markedet ikke er i stand til å absorbere den frigjorte arbeidskraften raskt nok. Tiltak som trygd kan også øke friksjonsledigheten, ettersom det reduserer det akutte behovet for å søke ny jobb blant arbeidsledige (Steigum, 2012, s. 176-179).

For høyt reallønnsnivå

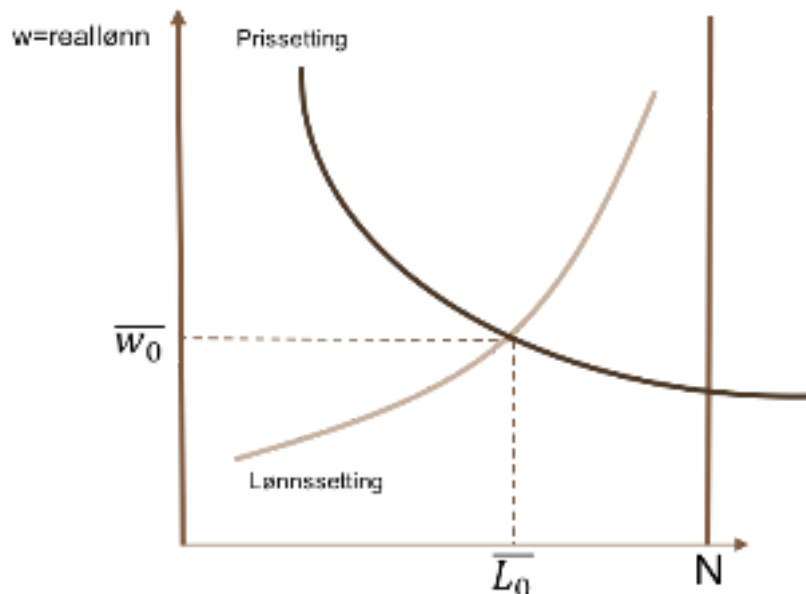
Dersom reallønnen i en økonomi er systematisk for høy kan det bli et problem for sysselsettingen i en økonomi og øke den strukturelle arbeidsledigheten. Dette fenomenet kan hovedsakelig forklares av effektivitetslønn og inntektskampen mellom bedriftene/ arbeidstakerne og de arbeidsledige. Effektivitetslønn kan øke reallønnsnivået dersom arbeidsgiver tilbyr høyere lønn for å stimulere til økt produktivitet. Et høyere reallønnsnivå fører til at arbeidstakerne har en høyere terskel for si opp jobben, samtidig som arbeidsledige utelukkes fra jobber som krever høyere lønn for å sikre produktivitet og øker dermed likevekten for den strukturelle arbeidsledigheten. Inntektskampen som foregår gjennom forhandlinger mellom bedriftene og arbeidstakerne kan øke arbeidsledigheten. Dersom arbeidstakerne er i stand til å forhandle seg frem til høyere reallønnsnivå vil likevekten til den strukturelle arbeidsledigheten øke. (Steigum, 2012, s. 181-182).

4.3 Steigums arbeidsmarkedsmodell

Erling Steigum (2012, s. 182-192) har utviklet en modell for arbeidsmarkedet som illustrerer sammenhengen mellom den strukturelle arbeidsledigheten i en økonomi og reallønnen. Denne modellen er nyttig for å illustrere effektene av endringer i størrelser som påvirker den strukturelle arbeidsledigheten. Noen av disse endringene er endringer i priskonkurransen, totalfaktorproduktivitet, bedriftens markedsmakt og insidermakt i arbeidsmarkedet.

Effekten som er relevant for vår problemstilling er hvordan sysselsettingen påvirkes av produktivitetsøkning (Steigum, 2012, s. 191-192). Modellen illustrerer at økt marginalproduktivitet vil føre til et høyere nivå av reallønn og ha en positiv effekt på langsiktig sysselsetting, og dermed den strukturelle arbeidsledigheten. Logikken bak effekten ligger i at økt produktivitet i form av høyere produksjon per enhet av arbeidskraft gir bedriftene muligheten til å tilby høyere reallønn og gir økt etterspørsel etter ytterligere arbeidskraft. Samtidig er det verdt å påpeke at modellen har begrensninger. Dersom økt marginalproduktivitet fører til et høyere nivå av sysselsetting, vil dermed

arbeidsledigheten gå mot null over tid, noe som ikke stemmer empirisk (Steigum, 2012, s. 192).



Figur 5: (Arbeidsmarkedsmodellen)

Utleddning av arbeidsmarkedsmodellen

Arbeidsmarkedsmodellen (figur 5) består av en prissettingskurve og en lønnssettingskurve. I krysset mellom kurvene finner vi likevekten av sysselsetting \bar{L}_0 og reallønnsnivået \bar{w}_0 . N er størrelsen på arbeidsstyrken og differansen mellom \bar{L}_0 og N utgjør den strukturelle arbeidsledigheten.

Forutsetningene for arbeidsmarkedsmodellen er (Steigum, 2012, s. 182-189):

- Økonomien modellen representerer har et gitt antall bedrifter som setter prisene på produktene og etterspør arbeidskraft.
- Lønnsnivået er et resultat av forhandlinger mellom arbeidsgiver og arbeidstaker hvor aktørene har ulike mål.
- Det eksisterer monopolistisk konkurranse og prisene settes dermed over marginalkostnadene gjennom et pristillegg.
- Modellen ser bort fra realkapital og handel med utlandet, og det eksisterer bare en sektor.

- Arbeidernes forhandlingsmakt påvirkes av forhold som sysselsettingsnivå og organisering, og påvirker utfallet av lønnsforhandlingene.
- For at prissettingskurven og lønnssettingsskurven skal skjære hverandre må forholdet mellom forventet lønn og pris være lik i funksjonen til begge kurvene.
- Modellen forutsetter at arbeidskraftens marginalproduktivitet er en avtakende funksjon av sysselsetting.

Utleddning prissettingskurven

Prissettingskurven er etterspørselskurven og uttrykker etterspørselen etter arbeidskraft (Steigum, 2012, s. 183-186). Arbeidskraft uttrykkes gjennom størrelsen L for sysselsettingsnivå og reallønn uttrykkes som $\frac{W}{P}$, hvor W er lønn, og P er pris. Marginalkostnadene, MC , og arbeidskraftens marginalproduktivitet, MPL , uttrykkes i modellen som:

$$MC = W(\Delta L) \quad (1)$$

$$MPL = \frac{\Delta Y}{\Delta L} \quad (2)$$

Ettersom marginalkostnaden viser økningen i kostnadene når sysselsettingen øker med én enhet, blir dermed uttrykket for MPL :

$$MPL = \frac{1}{\Delta L} \quad (3)$$

Dette tilsvarer:

$$\Delta L = \frac{1}{MPL} \quad (4)$$

Uttrykket for marginalkostnaden blir dermed:

$$MC = \frac{W}{MPL} \quad (5)$$

Prisen i markedet settes som marginalkostnad med en monopolistisk tilleggsats "m" og blir dermed:

$$P = (1 + m) \frac{W}{MPL} \quad (6)$$

Omgjort til reallønnsform blir dermed funksjonen følgende, hvor :

$$\frac{W}{P^e} = \frac{MPL}{(1+m)} \quad (7)$$

Utleddning lønnssettingskurven

Lønnssettingskurven er stigende ettersom arbeidernes forhandlingsposisjon forbedres ved høyere sysselsettingsnivå og presser dermed opp reallønningene (Steigum, 2012, s. 186-187):

$$\frac{W}{P^e} = H \left(\frac{L}{N} \right) \quad (8)$$

H er en stigende funksjon av sysselsettingsraten $\frac{L}{N}$.

Utleddning likevekt og endringer konsekvensene av økning i arbeidskraftens marginalproduktivitet

Gjennom å derivere produktfunksjonen (9) med hensyn på L får vi arbeidskraftens marginalproduksjon (10), hvor A er totalfaktorproduktiviteten og a er en positiv konstant mellom 0 og 1 (Steigum, 2012, s. 199).

$$Y = AL^{1-a} \quad (9)$$

$$(1 + a)AL^{-a} \quad (10)$$

Setter vi (10) inn i (7) får vi følgende uttrykk for reallønn i likevekt:

$$\frac{W}{P^e} = \frac{(1+a)AL^{-a}}{1+m} \quad 11$$

Lønnssettingskurven kan uttrykkes følgende hvor B og b er positive konstanter:

$$\frac{w}{p^e} = BL^b \quad 12$$

Vi setter dermed (11) lik (12):

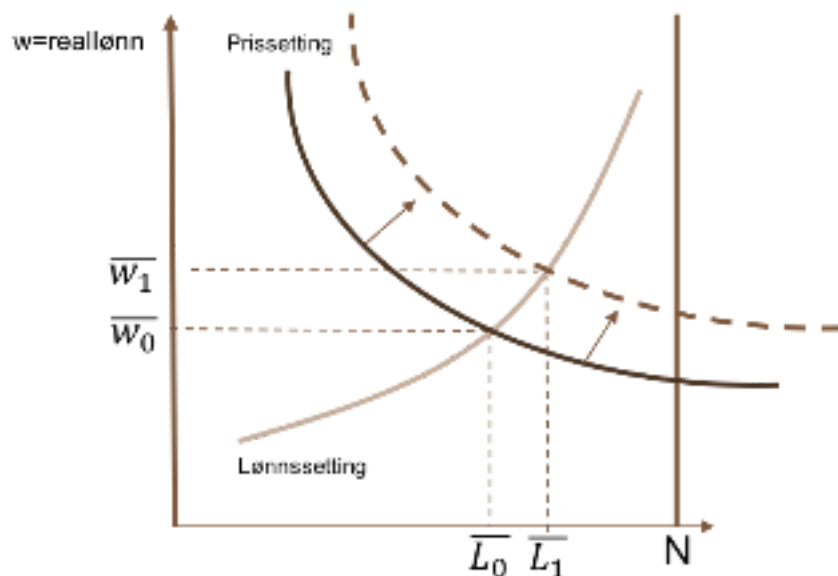
$$BL^b = \frac{(1+a)AL^{-a}}{1+m} \quad 13$$

Setter vi L på venstresiden får vi følgende uttrykk for sysselsetting i likevekt:

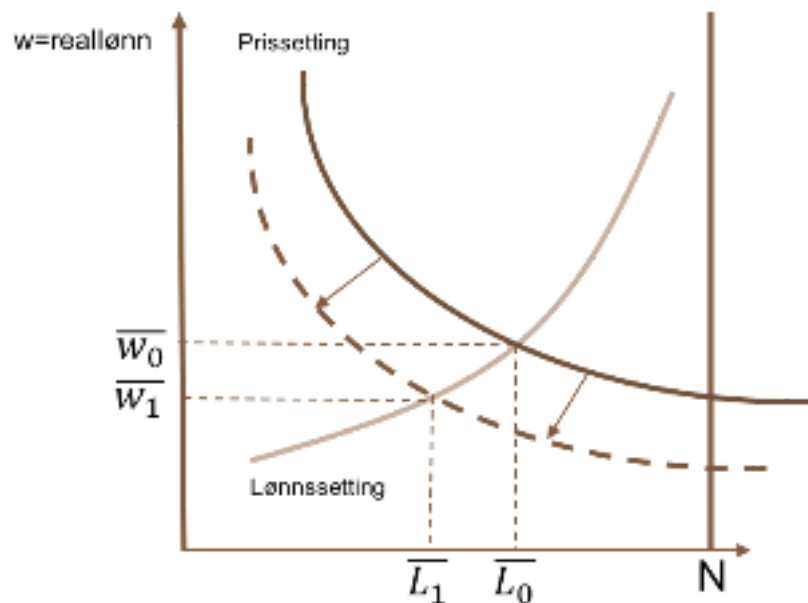
$$\bar{L} = \left[\frac{(1+a)A}{(1+m)B} \right]^{\frac{1}{a+b}} \quad 14$$

Den strukturelle arbeidsledigheten tilsvarende $N - L$ som fremkommer i (14). Vi ser dermed ut fra (14) at en økning i totalfaktorproduktiviteten reduserer den strukturelle arbeidsledigheten. Dette skiftet som fremkommer er illustrert i figur 6.

Gjennom vår kvantitative analyse ønsker vi derimot å se om det kan fremkomme tilfeller hvor en økning i A fører til et negativt skift som illustrert i figur 7.



Figur 6: (Arbeidsmarkedsmodellen med positivt skift i prissettingskurven som følge av økt produktivitet)



Figur 7: Arbeidsmarkedsmodellen med et negativt skift i prissettingskurven som følge av økt produktivitet

4.4 Keynes og to motstridende krefter

Mens Steigums arbeidsmarkedsmodell (2012, s. 191-192) ser på nettoeffekten av positive endringer i arbeidskraftsproduktiviteten, finnes det andre perspektiver som belyser arbeidsledighet som resultat av teknologisk utvikling. Fenomenet kan også ses på som et resultat av to motstridende krefter (Keynes, 1933, s. 3; Aghion & Howitt, 1994, s. 478). En destruktiv kraft som reduserer etterspørselen etter arbeidskraft og en jobbskapende kraft som øker etterspørselen etter arbeidskraft. Keynes uttrykker at teknologisk utvikling kan føre til et høyere nivå av arbeidsledighet dersom markedet ikke greier å absorbere den arbeidskraften som er gjort overflødig, i et raskt nok tempo (Keynes, 1933 s. 3). Dette vil dermed tilsvare en økning i den strukturelle arbeidsledigheten i form av friksjonsledighet som (Steigum, 2012, s. 178).

Den destruktive kraften

Teknologi kan ha en negativ påvirkning på sysselsettingen i en økonomi dersom den har kapasitet til å utføre arbeidsoppgaver på en mer effektiv måte og til en lavere pris. Konsekvensen kan være at bedrifter velger å erstatte mennesker med maskiner, ettersom det vil være en økonomisk fornuftig beslutning. Isolert sett vil

etterspørselen etter arbeidskraft bli redusert når arbeidsoppgaver automatiseres og menneskelige egenskaper blir gjort overflødige (Autor, 2016).

Den arbeidsskapende kraften

Markedet finner samtidig nye måter å anvende den frigjorte arbeidskraften på og skaper dermed økt etterspørsel etter arbeidskraft. Autor (2015, s. 5-8; Autor, 2016) skiller mellom to hovedfaktorer som bidrar til økningen i etterspørsel etter arbeidskraft.

“O-ring”-prinsippet:

Den ene faktoren han fremhever er “O-ring” prinsippet (Autor, 2015, s. 6), som er tatt fra O-ring-produksjonsfunksjonen til Kessen (referert i Autor, 2015, s. 6). Produksjonsfunksjonen uttrykker at dersom et av leddene i en produksjonskjede bryter sammen, vil hele produksjonen stoppe opp. Dette fører til at økt pålitelighet i et ledd i produksjonskjeden fører til en økning i verdi av de andre leddene. På samme måte mener Autor at maskiners evne til å erstatte menneskelig arbeidskraft gjennom automatisering skaper økt etterspørsel etter egenskaper og arbeidsoppgaver som ikke blir erstattet. Et eksempel som illustrerer dette fenomenet er utviklingen av minibanker i USA. Minibankene overtok mange av arbeidsoppgavene til bankansatte da de ble introdusert på 70-tallet og det var forventet at antall sysselsatte i sektoren ville reduseres. I samme periode som teknologien ble implementert økte antallet ansatte i banksektoren. Ifølge Autor var årsaken til økningen i sysselsetting at det ble frigjort ressurser i banksektoren til å kunne brukes på andre områder. Det ble økt satsning på elementer som kundebehandling og kunderelasjoner, kostnadene ved å drive lokale avdelinger ble redusert og det oppstod dermed en økning i antall lokale avdelinger som førte til større etterspørsel etter arbeidskraft (Autor, 2015 s. 5-7).

Aldri nok-prinsippet

Den andre faktoren som Autor trekker frem er menneskers umettelige ønske om å konsumere mer varer og tjenester i takt med økt realinntekt (Autor, 2015, s. 7-8). Dersom en produktivitetsøkning fører til at samfunnet er i stand til å produsere mer varer og tjenester til en lavere pris fører dette til at realinntekten til

befolkningen som helhet øker. Hvorvidt etterspørselen er inntektselastisk forteller oss i hvilken grad den totale etterspørselen påvirkes av endringen i inntekt. Dersom en realinntektsøkning som følge av en prisreduksjon ikke er etterfulgt av en økning i etterspørsel etter varer og tjenester, vil man ha et lavere behov for arbeidskraft for å produsere samme mengde som var etterspurt før endringen. Dette vil ha en negativ effekt på etterspørselen etter arbeidskraft. Hvis en økning i realinntekten, som følge av lavere priser, fører til at etterspørselen etter varer og tjenester øker med mer eller likt det prisreduksjonen tilsvarer, vil man dermed ha en nøytral eller positiv effekt på etterspørselen av arbeidskraft. Som igjen reduserer arbeidsledigheten (Blanchard et al , 1995, s. 2-3).

Hvorvidt mennesker er villige til å øke etterspørselen i takt med en produktivitetsøkning avhenger av at det finnes varer og tjenester som befolkningen er villig til å kjøpe. Jordbrukssektoren i USA har gått fra å sysselsette 40% av arbeidsstyrken ved begynnelsen av det 20. århundre, til 2% mot slutten av århundre. Sektoren har opplevd stor produktivitetsvekst over lang tid, men forbruket av mat som andel av inntekt har samtidig blitt redusert. Helsesektoren har også opplevd sterk produktivitetsvekst og økt sysselsetting, ettersom utgifter til helse utgjør en økende del av befolkningens inntektsandel (Autor, 2015, s. 7).

5. Metode

5.1 BLUE og OLS

Når man skal gjennomføre en regresjonsanalyse benytter man seg vanligvis av metoden *Ordinary Least Squares*, forkortet som OLS. For å avgjøre om OLS er den beste metoden å bruke opp mot andre estimatorer, benytter man seg av BLUE-teoremet. Gitt at Gauss Markov forutsetningene er oppfylt vil OLS være BLUE eller "Best Linear Unbiased Estimator". Det vil si at OLS produserer en estimator med følgende egenskaper (Wooldridge, 2013, s. 97-98):

1. Estimatoren har lavere eller lik varians som andre konkurrerende estimatorer

2. Estimatorene er lineære
3. Estimatorene er forventningsrette
4. En estimator er en regel som kan benyttes til å lage et estimat av et datautvalg

Gauss Markov forutsetningene for en tidsserie er er (Wooldridge, 2013, s. 337-341):

1. Modellen for populasjonen kan bli uttrykt som $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + u$, hvor u er feilleddet.
2. Ingen av de uavhengige variablene har en eksakt lineær sammenheng med de andre uavhengige variablene.
3. Feilleddet har en forventningsverdi lik 0 uansett hvilken verdi de uavhengige variablene har.
4. Feilleddene er homoskedastiske - feilleddene har konstant varians.
5. Det eksisterer ikke autokorrelasjon - feilleddene i ulike tidsperioder er ikke korrelerte.

5.2 Autokorrelasjon

Dersom det eksisterer korrelasjon mellom feilleddene i to perioder vil man si at det eksisterer autokorrelasjon. Dersom autokorrelasjon er tilstede vil ikke Gauss Markov betingelsene for tidsserier være gjeldende og OLS er dermed ikke BLUE (Wooldridge, 2013, s. 341)

Breusch Godfrey

Gjennom en Breusch-Godfrey test kan man undersøke om det eksisterer autokorrelasjon av høyere orden. Følgende test benyttes for autokorrelasjon av q -orden (Wooldridge, 2013, s. 409-410):

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_q u_{t-q} + e_t$$

Nullhypotesen er: $H_0 : \rho_1 = 0, \rho_2 = 0, \dots, \rho_q = 0$

Man kjører en OLS-regresjon av regresjonen man undersøker for å estimere feilleddene. Etterpå kjøres følgende regresjon for alle t-verdier opp til n:

$$\hat{u}_t = x_{t1} + x_{t2} + \dots + x_{tk} + \hat{u}_{t-1} + \hat{u}_{t-2} + \hat{u}_{t-q} + e_t$$

$R^2_{\hat{u}}$ - verdien fra formelen kan benyttes til å teste om autokorrelasjon gjennom formelen:

$$(n-p)R^2_{\hat{u}} \sim \chi^2_q$$

, hvor n er antall observasjoner og q er antall frihetsgrader.

Prais-Winsten

Dersom det eksisterer autokorrelasjon kan man benytte seg av GLS Prais-Winsten estimering i stedet for OLS, ettersom OLS ikke lenger er mest nøyaktig. Man finner residualene gjennom å estimere en OLS-regresjon og kjører følgende regresjon for alle t-verdier opp til n (Wooldridge, 2013, s. 403 og 411):

$$\hat{u}_t = \hat{\rho}_1 \hat{u}_{t-1} + \hat{\rho}_2 \hat{u}_{t-2} + \dots + \hat{\rho}_n \hat{u}_{t-n} + e_t$$

$\hat{\rho}$ - verdiene kan benyttes i følgende formel:

$$\tilde{y} = \beta_0 x_{\tilde{0}} + \beta_1 x_{\tilde{1}} + \dots + \beta_k x_{\tilde{k}} + feil_t$$

Hvor $x_{\tilde{0}} = (1 - \hat{\rho})$ og $x_{\tilde{1}} = (1 - \hat{\rho}^2)^{0,5}$. Man beholder alle observasjonene i en Prais-Winsten estimering, i motsetning til en Cochrane-Orcutt estimering, hvor man mister første observasjon.

5.3 Stasjonaritet

Når man gjennomfører regresjoner av tidsserier er det viktig å sjekke for stasjonaritet. Dersom en tidsserie ikke har stasjonære egenskaper er det mer sannsynlig at det kan fremkomme spuriøse resultater og OLS er ikke lenger

BLUE. En tidsserie er stasjonær dersom den har egenskapene (Hill, Griffith & Lim, 2011, s. 476 og 482) :

1. Konstant gjennomsnitt
2. Konstant varians
3. Konstant kovarians

Dickey-Fuller test

For å teste for stasjonaritet kan man bruke Dickey-Fuller testen. Nullhypotesen er at man har enhetsrot, som vil si at man har en “random walk”. Alternativhypotesen er at tidsserien er en stasjonær prosess. Den ordinære Dickey-Fuller testen tar utgangspunkt i en AR(1) modell for autokorrelasjon (Hill et al, 2011, s. 484) :

$$y_t = \rho y_{t-1} + v_t$$

Nullhypotesen sier at dersom $\rho = 1$, vil det være enhetsrot, mens hvis $\rho < 1$ er tidsserien mest sannsynlig ikke-stasjonær .

Testen kan også forenkles ved å trekke fra y_{t-1} fra begge sider av likhetstegnet som gir formelen:

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + v_t$$

hvor $\gamma = (\rho - 1)$

$$H_0 : \rho = 1 \Leftrightarrow H_0 : \gamma = 0$$

$$H_A : \rho < 1 \Leftrightarrow H_A : \gamma < 0$$

Augmented Dickey-Fuller test

En Augmented-Dickey-Fuller-test kan også benyttes for å teste for enhetsrot og uttrykkes gjennom formelen:

$$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \sum_{s=1}^m a_s \Delta y_{t-s} + v_t$$

hvor $y_{t-1} = (y_{t-1} - y_{t-2})$, $y_{t-2} = (y_{t-2} - y_{t-3})$, ...

Man legger dermed til laggede førstedifferanser frem til feilleddene ikke lenger er autokorrelerte (Hill et al, 2011, s. 485).

De kritiske verdiene man bruker når man benytter seg av Dickey-Fuller tester er ikke vanlige kritiske verdier, men et eget sett av kritiske verdier, utviklet for testen (Hill et al, 2011, s. 485).

6. Data

6.1 Kilder for data

I regresjonsanalysen benytter vi oss av kvartalvise data fra Federal Reserve Bank of St. Louis (www.fred.stlouis.org) innenfor tidsperioden Q4 1947 til Q3 2016, men mister de fem første og siste observasjonene for å lage vektet gjennomsnitt. Investeringsvariablene $\Delta ITIEBNP_t$, $\Delta IEBNP_t$ og $\Delta ITBNP_t$ er konstruert som endringen i investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr, både separat og samlet som andel av BNP i prosentpoeng. $Arbeidsledighetstrend_t$ og $\Delta Arbeidsledighetstrend_t$ er konstruert som et vektet gjennomsnitt av 11 nærliggende kvartaler til t . $Sysselsetting_t$ er ubehandlet, mens $\Delta Sysselsetting_t$ er omgjort til endringsform. $\Delta Sysselsetting Sektor_{zt}$ er endring i antall sysselsatte i z sektor som andel av total antall sysselsatt utenom jordbruk.

6.2 Regresjonsligningene

Arbeidsledighetstrend

Vi gjennomfører tre regresjoner hvor vi ser på til trenden til arbeidsledigheten i USA på nivåform. Vi ser om det eksisterer en sammenheng med endringer i investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr, både samlet og separat. Vi forventer ikke at investeringsvariablene vil ha positive beta-verdier, men at det kan være positive beta-verdier blant senere dummyvariabler.

$$Arbeidsledighetstrend_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta ITIEBNP_t + \beta_2 dummy_{1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} dummy_{2010Q3-2015Q2} + u$$

$$Arbeidsledighetstrend_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta IEBNP_t + \beta_2 dummy_{1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} dummy_{2010Q3-2015Q2} + u$$

$$Arbeidsledighetstrend_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta ITBNP_t + \beta_2 dummy_{1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} dummy_{2010Q3-2015 Q2} + u$$

Endring i arbeidsledighetstrend

Vi gjennomfører tre regresjonsligninger med samme oppsett og variabler som arbeidsledighetstrenden, men benytter oss av arbeidsledighetstrend på endringsform. Forventningene er de samme som ved arbeidsledighetstrend, hvor vi ikke nødvendigvis forventer positive betaverdier for investeringsvariablene, men en positiv tendens i beta-verdiene til senere dummyvariabler.

$$\Delta Arbeidsledighetstrend_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta ITIEBNP_t + \beta_2 dummy_{1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} dummy_{2010Q3-2015 Q2} + u$$

$$\Delta Arbeidsledighetstrend_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta IEBNP_t + \beta_2 dummy_{1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} dummy_{2010Q3-2015 Q2} + u$$

$$\Delta Arbeidsledighetstrend_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta ITBNP_t + \beta_2 dummy_{1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} dummy_{2010Q3-2015 Q2} + u$$

Total sysselsettingstrend

Vi gjennomfører én regresjonsligning for sysselsettingstrenden på endringsform. Vi ser kun på endringen i samlet investering i IT/programvare og industrielt utstyr som andel av BNP og tidsdummyer. Vi forventer ikke negative betaverdier for investeringsvariablene, men en tendens av negative beta-verdier blant senere dummyvariabler.

$$\Delta Sysselsettingstrend_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta ITIEBNP_t + \beta_2 dummy_{1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} dummy_{2010Q3-2015 Q2} + u$$

Sysselsetting sektor

Vi estimerer ti regresjonsligninger for ulike sektorer (se figur 3) uttrykket som “z” i regresjonsligningen. Vi ser om det eksisterer en sammenheng mellom endringer i sektorsysselsetting og endringer i IT/programvare og industrielt utstyr over tid. Vi forventer at sektorer som “information”, “education & health services”, “professional business services” og “other services” vil ha en tendens av positive beta-verdier i senere tid. Sektorer som “financial services” og “manufacturing” er ventet å ha negative beta-verdier i senere dummyvariabler. Resterende sektorer er ikke ventet å ha en sammenheng.

$$\Delta \text{Sysselsetting Sektor}_{zt} = \beta_0 + \beta_1 \Delta \text{ITIEBNP}_{zt} + \beta_2 \text{dummy}_{z1955Q3-1960Q2} + \dots + \beta_{14} \text{dummy}_{z2010Q3-2015Q2} + u$$

7. Analyse

Det er mange begrensninger med den kvantitative testen vi gjennomfører, ettersom vi må ta en del forutsetninger. Vi forutsetter at investeringsstørrelsene ser på er tilstrekkelig representative for automatiseringsfenomenet vi ønsker å se på og at det har skjedd en produktivitetsøkning som følge av økt automatisering. Vi mister 10 observasjoner ettersom vi benytter oss av et vektet gjennomsnitt av sysselsetting og arbeidsledighet.

7.1 Trend arbeidsledighet

Regresjonsanalysene vi gjorde for “arbeidsledighetstrend” (ligning 1-3, tabell 1) er gjort gjennom Prais-Winsten estimeringer ettersom det eksisterte autokorrelasjon. Investeringsvariablene er stasjonære, men arbeidsledighetstrenden er kun stasjonær med en Augmented Dickey-Fuller test.

Resultatene vi har produserte tilsvarte ikke det vi opprinnelig forventet før vi gjennomførte regresjonsligningene. De fleste uavhengige variablene har ikke signifikante sammenhenger, utenom konstantleddet og dummyvariablene for perioden Q3 1955 til Q2 1960 som har en negativ beta-verdi og dermed lavere arbeidsledighet. Vår tolkning av dette er at analysen av arbeidsledighetstrend på nivåform ikke gir grunnlag for at utviklingen innen automatisering har gitt økt strukturell arbeidsledighet innenfor tidsrommet vi undersøkte. Dette stemmer overens med eksisterende litteratur og ut fra rammeverket om “to motstridende krefter” vil markedet ha greid å finne tilstrekkelig ny bruk for den frigjorte arbeidskraften og vil dermed ikke påvirke den strukturelle arbeidsledigheten (Steigum, 2012, s. 191-192: Autor 2017).

7.2 Endring trend arbeidsledighet

Regresjonsligningene vi gjorde av “endringer i arbeidsledighetstrend” (ligning 1-3, tabell 2) er gjennomført med Prais-Winsten estimering ettersom det eksisterte

autokorrelasjon. Investeringsvariablene er stasjonære, men endring i arbeidsledighetstrend var bare stasjonær med Augmented-Dickey-Fuller test.

Resultatene fra regresjonene samsvarte ikke med forventninger vi hadde før vi gjennomførte regresjonene. Vi fant ikke en signifikant sammenheng mellom variabelen “investeringer i IT/programvare” og “endring i arbeidsledighetstrend”, men de andre investeringsvariablene var signifikante i tillegg til diverse tidsdummyer. Beta-verdiene på de signifikante variablene var derimot negative i ulik grad som impliserer lavere arbeidsledighet og stemmer overens med eksisterende litteratur (Steigum, 2012, s. 191-192).

7.3 Endring trend total sysselsetting

Regresjonsligningen av “endring trend sysselsetting befolkning” (ligning 4, tabell 2) er gjennomført ved en Prais-Winsten estimering ettersom det eksisterer autokorrelasjon. Variabelen “endring i investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr” er stasjonær, men “endring trend sysselsetting befolkning” er kun stasjonær med Augmented Dickey-Fuller test.

Resultatet av regresjonen stemte ikke overens med våre opprinnelige forventninger før vi gjennomførte regresjonsanalysen. Kun to tidlige tidsdummyer var signifikante, men begge hadde positiv beta-verdier og impliserer dermed økt sysselsetting som stemmer overens med eksisterende litteratur (Steigum, 2012, s. 191-192).

7.4 Endringer i sektor-sysselsetting

Vi gjennomførte ti regresjoner av ulike sektorer som andel av total sysselsetting uten jordbrukssektoren (tabell 3 og 4). Det eksisterte autokorrelasjon i ni regresjoner utenom “Endring Mining and logging” og vi benyttet oss av Prais-Winsten estimering. “Endring Mining og logging” ble utførte med OLS. Alle variablene er stasjonære med en vanlig Dickey-Fuller test.

Resultatene vi fikk fra regresjonene av sektorsysselsettingen (tabell 3 og 4) ga oss ikke et godt grunnlag for å vurdere sammenhengen mellom automatiseringen og

endringer i ulike sektorer. Investeringsvariablene til “Information” og “Mining and Logging” var signifikante og hadde positive beta-verdier. “Information”-sektoren henger mest sannsynlig sammen med investeringer i informasjonsteknologi, mens “Mining and Logging” henger kanskje sammen med investeringer i industrielt utstyr. Av senere tidsdummyer kan man se positive signifikante beta-verdier for “Education and health services” og “Mining & Logging” , mens svakere positive resultater for for “Professional Business Services”, “Information” og “Trade, Transportation & Utilites”. Vi kan også se en svak nedgang i construction i en senere tidsdummy. Resultatene gir et meget sprikende utfall og det ville være feil å legge for stor vekt på enkelte signifikante tidsvariabler. De store trekkene kan vise oss meget svake tendenser til at endringen i IT/programvare og industrielt utstyr kan føre til en økning i sektorer preget av mennesker fortrinn på maskiner som konkludert av annen litteratur (Osbourne & Frey, 2013, s. 25-26: Autor & Dorn, 2013, s. 1589-1590)

	(1) Trend arbeidsledighet <i>Prais-Winsten</i>	(2) Trend arbeidsledighet <i>Prais-Winsten</i>	(3) Trend arbeidsledighet <i>Prais-Winsten</i>
L.Endring investering i IE+IT som andel av BNP	-0.0797 (-0.92)		
L.Endring i investering i IT som andel av BNP		-0.0714 (-0.51)	
L.Endring i investering i industrielt utstyr som andel av BNP			-0.126 (-0.94)
Periode 1950Q3-1955Q2	-0.273 (-1.55)	-0.255 (-1.46)	-0.279 (-1.58)
Periode 1955Q3-1960Q2	-0.436* (-1.76)	-0.421* (-1.70)	-0.445* (-1.79)
Periode 1960Q3-1965Q2	-0.413 (-1.36)	-0.377 (-1.25)	-0.427 (-1.39)
Periode 1965Q3-1970Q2	-0.535 (-1.53)	-0.501 (-1.44)	-0.547 (-1.56)
Periode 1970Q3-1975Q2	-0.317 (-0.81)	-0.284 (-0.73)	-0.321 (-0.82)
Periode 1975Q3-1980Q2	-0.103 (-0.24)	-0.0703 (-0.17)	-0.108 (-0.25)
Periode 1980Q3-1985Q2	0.184 (0.40)	0.217 (0.48)	0.175 (0.38)
Periode 1985Q3-1990Q2	0.0942 (0.19)	0.134 (0.28)	0.0925 (0.19)
Periode 1990Q3-1995Q2	0.301 (0.58)	0.334 (0.65)	0.303 (0.59)
Periode 1995Q3-2000Q2	0.195 (0.36)	0.232 (0.43)	0.206 (0.38)
Periode 2000Q3-2005Q2	0.319 (0.56)	0.355 (0.62)	0.335 (0.59)
Periode 2005Q3-2010Q2	0.222 (0.37)	0.254 (0.43)	0.241 (0.41)
Periode 2010Q3-2015Q2	0.133 (0.22)	0.168 (0.27)	0.144 (0.23)
Constant	5.518*** (5.18)	5.498*** (5.17)	5.515*** (5.17)
Observations	265	265	265
R ²	0.087	0.085	0.087
Adjusted R ²	0.036	0.034	0.036
<i>t</i> statistics in parentheses * <i>p</i> < .1, ** <i>p</i> < .05, *** <i>p</i> < .01			

Tabell 1: Regresjonsligninger for trend i arbeidsledighetsnivå med ulike investeringsvariabler, produsert i Stata.

	(1) Endring trend arbeidsledighet <i>Prais-Winsten</i>	(2) Endring trend arbeidsledighet <i>Prais-Winsten</i>	(3) Endring trend arbeidsledighet <i>Prais-Winsten</i>	(4) Endring trend sysselsetting befolkning <i>Prais-Winsten</i>
L.Endring investering i IE+IT som andel av BNP	-0.0533** (-2.13)			0.0248 (1.24)
L.Endring i investering i IT som andel av BNP			-0.0488 (-1.20)	
L.Endring i investering i industrielt utstyr som andel av BNP		-0.0834** (-2.15)		
Periode 1950Q3-1955Q2	-0.145*** (-2.87)	-0.149*** (-2.93)	-0.134*** (-2.65)	0.0765* (1.90)
Periode 1955Q3-1960Q2	-0.199*** (-2.86)	-0.205*** (-2.93)	-0.191*** (-2.73)	0.118** (2.13)
Periode 1960Q3-1965Q2	-0.206** (-2.46)	-0.215** (-2.55)	-0.185** (-2.22)	0.0923 (1.38)
Periode 1965Q3-1970Q2	-0.167* (-1.78)	-0.175* (-1.85)	-0.149 (-1.58)	0.0316 (0.42)
Periode 1970Q3-1975Q2	-0.180* (-1.76)	-0.183* (-1.79)	-0.163 (-1.59)	0.0354 (0.43)
Periode 1975Q3-1980Q2	-0.222** (-2.05)	-0.226** (-2.08)	-0.206* (-1.89)	0.0747 (0.86)
Periode 1980Q3-1985Q2	-0.156 (-1.37)	-0.164 (-1.43)	-0.140 (-1.23)	0.0654 (0.71)
Periode 1985Q3-1990Q2	-0.150 (-1.26)	-0.153 (-1.28)	-0.130 (-1.09)	0.0348 (0.36)
Periode 1990Q3-1995Q2	-0.125 (-1.02)	-0.127 (-1.03)	-0.110 (-0.89)	0.0296 (0.30)
Periode 1995Q3-2000Q2	-0.114 (-0.89)	-0.110 (-0.87)	-0.0964 (-0.76)	0.0212 (0.21)
Periode 2000Q3-2005Q2	-0.101 (-0.77)	-0.0949 (-0.73)	-0.0846 (-0.64)	0.00755 (0.07)
Periode 2005Q3-2010Q2	-0.0843 (-0.62)	-0.0763 (-0.57)	-0.0706 (-0.52)	0.00252 (0.02)
Periode 2010Q3-2015Q2	-0.210 (-1.50)	-0.207 (-1.48)	-0.194 (-1.38)	0.0670 (0.59)
Constant	0.138 (1.26)	0.139 (1.26)	0.124 (1.13)	-0.0273 (-0.30)
Observations	265	265	265	265
R ²	0.083	0.084	0.072	0.051
Adjusted R ²	0.032	0.032	0.020	-0.002
<i>t</i> statistics in parentheses				
* <i>p</i> < .1, ** <i>p</i> < .05, *** <i>p</i> < .01				

Tabell 2: Endring i trend arbeidsledighet og sysselsettingstrend med ulike investeringsvariabler, produsert i Stata

	(1) Endring Construction <i>Prais-Winsten</i>	(2) Endring Education and Health Services <i>Prais-Winsten</i>	(3) Endring Financial Activities <i>Prais-Winsten</i>	(4) Endring Government <i>Prais-Winsten</i>	(5) Endring Information <i>Prais-Winsten</i>
Endring investering i Industrielt utstyr + IT som andel av BNP	-0.0111 (-0.33)	-0.00836 (-0.45)	-0.00462 (-0.42)	-0.0858* (-1.65)	0.0379*** (3.06)
Periode 1950Q3- 1955Q2	-0.0309 (-0.78)	0.0207 (0.69)	0.0253 (1.39)	0.0257 (0.39)	0.000924 (0.12)
Periode 1955Q3- 1960Q2	-0.0592 (-1.42)	0.0283 (0.83)	0.0154 (0.73)	0.0671 (0.95)	-0.00264 (-0.34)
Periode 1960Q3- 1965Q2	-0.0599 (-1.43)	0.0278 (0.79)	0.00374 (0.17)	0.0684 (0.96)	0.0000621 (0.01)
Periode 1965Q3- 1970Q2	-0.0597 (-1.43)	0.0168 (0.48)	0.00592 (0.27)	0.0339 (0.48)	0.00324 (0.42)
Periode 1970Q3- 1975Q2	-0.0724* (-1.74)	0.0659* (1.87)	0.0236 (1.07)	0.0646 (0.91)	-0.000809 (-0.10)
Periode 1975Q3- 1980Q2	-0.0329 (-0.79)	0.0471 (1.33)	0.0265 (1.20)	-0.0397 (-0.56)	0.00445 (0.57)
Periode 1980Q3- 1985Q2	-0.0409 (-0.98)	0.0359 (1.02)	0.00110 (0.05)	-0.0656 (-0.92)	0.00473 (0.61)
Periode 1985Q3- 1990Q2	-0.0512 (-1.23)	0.0525 (1.49)	0.00618 (0.28)	-0.0345 (-0.48)	0.00857 (1.10)
Periode 1990Q3- 1995Q2	-0.0597 (-1.43)	0.0566 (1.60)	-0.0105 (-0.48)	-0.0242 (-0.34)	0.00689 (0.88)
Periode 1995Q3- 2000Q2	-0.0174 (-0.42)	0.0356 (1.01)	-0.00317 (-0.14)	-0.0395 (-0.55)	0.0247*** (3.16)
Periode 2000Q3- 2005Q2	-0.0361 (-0.87)	0.0767** (2.18)	0.00391 (0.18)	0.0147 (0.21)	-0.0118 (-1.50)
Periode 2005Q3- 2010Q2	-0.0979** (-2.35)	0.0857** (2.43)	-0.00104 (-0.05)	0.00907 (0.13)	0.000297 (0.04)
Periode 2010Q3- 2015Q2	-0.0350 (-0.84)	0.0309 (0.86)	-0.00418 (-0.19)	-0.0667 (-0.93)	0.00298 (0.38)
Constant	0.0468 (1.31)	-0.00206 (-0.07)	0.000284 (0.02)	0.00935 (0.15)	-0.00994 (-1.45)
Observations	266	266	266	266	266
R ²	0.053	0.066	0.044	0.083	0.251
Adjusted R ²	-0.000	0.013	-0.010	0.032	0.209
<i>t</i> statistics in parentheses					
* <i>p</i> < .1, ** <i>p</i> < .05, *** <i>p</i> < .01					

Tabell 3: Endring sektorsysselsetting med investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr, produsert i Stata.

	(1) Endring Manufacturing <i>Prais-Winsten</i>	(2) Endring Mining and Logging <i>OLS</i>	(3) Endring OtherServices <i>Prais-Winsten</i>	(4) Endring Professional Business Services <i>Prais-Winsten</i>	(5) Endring Trade Transportation Utilities <i>Prais-Winsten</i>
Endring investering i industrielt utstyr + IT som andel av BNP	0.126 (1.53)	0.0582*** (2.82)	-0.00134 (-0.23)	0.0221 (1.58)	-0.0245 (-0.75)
Periode 1950Q3- 1955Q2	-0.0626 (-0.57)	0.00648 (0.42)	0.00875 (0.97)	0.0103 (0.46)	0.0325 (1.07)
Periode 1955Q3- 1960Q2	-0.0914 (-0.77)	0.0184 (1.20)	0.0122 (1.19)	0.0169 (0.67)	0.0370 (1.20)
Periode 1960Q3- 1965Q2	-0.0730 (-0.61)	0.0143 (0.94)	0.0112 (1.07)	0.0126 (0.48)	0.0249 (0.81)
Periode 1965Q3- 1970Q2	-0.0851 (-0.71)	0.0202 (1.32)	0.00730 (0.70)	0.0111 (0.42)	0.0577* (1.87)
Periode 1970Q3- 1975Q2	-0.216* (-1.81)	0.0342** (2.24)	0.0254** (2.41)	0.0408 (1.56)	0.0718** (2.33)
Periode 1975Q3- 1980Q2	-0.117 (-0.97)	0.0342** (2.22)	0.0180* (1.70)	0.0324 (1.23)	0.0616** (1.99)
Periode 1980Q3- 1985Q2	-0.0757 (-0.64)	0.0196 (1.28)	0.0120 (1.14)	0.0270 (1.03)	0.0783** (2.55)
Periode 1985Q3- 1990Q2	-0.0966 (-0.81)	0.0158 (1.04)	0.0169 (1.60)	0.0528** (2.01)	0.0416 (1.35)
Periode 1990Q3- 1995Q2	-0.0830 (-0.69)	0.0200 (1.31)	0.00890 (0.84)	0.0475* (1.81)	0.0380 (1.23)
Periode 1995Q3- 2000Q2	-0.0887 (-0.74)	0.0221 (1.44)	0.00231 (0.22)	0.0671** (2.55)	0.0333 (1.08)
Periode 2000Q3- 2005Q2	-0.122 (-1.03)	0.0345** (2.26)	0.00668 (0.64)	0.0156 (0.60)	0.0309 (1.01)
Periode 2005Q3- 2010Q2	-0.0736 (-0.62)	0.0350** (2.29)	0.00218 (0.21)	0.00938 (0.36)	0.0323 (1.05)
Periode 2010Q3- 2015Q2	-0.0272 (-0.23)	0.0296* (1.93)	-0.00282 (-0.26)	0.0459* (1.72)	0.0552* (1.79)
Constant	0.00366 (0.04)	-0.0299** (-2.23)	-0.00156 (-0.18)	-0.00149 (-0.07)	-0.0547** (-2.05)
Observations	266	266	266	266	266
R ²	0.040	0.104	0.073	0.095	0.066
Adjusted R ²	-0.014	0.054	0.021	0.044	0.014

t statistics in parentheses
* $p < .1$, ** $p < .05$, *** $p < .01$

Tabell 4: Endring sektorsyssetting med investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr, produsert i Stata.

8. Konklusjon

Som uttrykket gjennom problemstillingen vår, trodde vi at vi ville se tendenser til økende strukturell arbeidsledighet i sammenheng med økende automatisering av arbeidsoppgaver i nyere tid. Vår kvantitative analyse av sammenhengen mellom ulike arbeidsmarkedsstørrelser og investeringsstørrelser har derimot ikke gitt oss tilstrekkelig grunnlag for å komme til slike slutninger og dermed bekrefte vår

problemstilling. Våre resultater er i stor grad konsistente med hvordan effekten av endringer i arbeidskraftens marginalproduktivitet er uttrykket i Steigums arbeidsmarkedsmodell (Steigum, 2012, s. 191-192). Ut fra rammeverket om “to motstridende krefter” vil det dermed implisere at markedet har vært i stand til å absorbere arbeidskraften som er frigjort gjennom automatisering. Det er vanskelig å isolere effekten av “O-ring prinsippet” og “aldri-nok prinsippet” (Autor, 2017), men forskning gjort av Osbourne & Frey (2013, s. 25-26) og Autor & Dorn (2013, s. 1589-1590) forteller oss at etterspørselen vil øke innen sektorer hvor mennesker fortsatt har fortrinnsmessige egenskaper. Regresjonsanalysen vår av sektorsysselsetting viser svake tendenser til at vi kan se økt sysselsetting innen sektorer preget av menneskelig egenskaper og service, som stemmer overens med deres fremstilling. Vi konkluderer med at det ikke virker som det har eksistert en sammenheng mellom økt strukturell arbeidsledighet og nivået av investeringer i IT/programvare og industrielt utstyr innenfor tidsrommet vi har undersøkt, men forutsetter ikke nødvendigvis at dette vil vedvare.

9. Referanser

- Aghion, P., & Howitt, P. (1994). Growth and unemployment. *The Review of Economic Studies*, 61 (3), s. 477-494.
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *The American Economic Review*, 103 (5), 1553-1597.
- Autor, D.H. 2015. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *The Journal of Economic Perspectives*, 2015 (volum 29, nr 3), s. 3-30. doi:10.1257
- Autor, D., Levy, F., & Murnane, R. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118 (4), 1279-1333.
- Autor, D. H. (2016, 28. november). *Why are there still so many jobs?* [Filmklipp]. Hentet fra www.youtube.com/watch?v=LCxcnUrokJo
- Blanchard, O. J., Solow, R. & Wilson, B. A. “Productivity and Unemployment.” Hentet fra <http://economics.mit.edu/files/1909>

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2011). *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*. Lexington: Digital Frontier Press.
- Business Insider. 2017. Amazon now has 45.000 in its warehouse. Hentet fra:
<http://www.businessinsider.com/amazons-robot-army-has-grown-by-50-2017-1?r=UK&IR=T&IR=T>
- E24. 2014. At maskinene kan jobbe for oss, er jo en gammel drøm. Hentet fra:
<http://e24.no/digital/fremtidens-arbeidsliv/at-maskinene-kan-jobbe-for-oss-er-jo-en-gammel-droem/23260288>
- Frey, C. B., Osborne, M. A. (2013). *The Future of Employment*. Hentet fra:
http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.
- Hill, C. R., Griffiths, W. E., & Lim, G. C. (2011). *Principals of Econometrics* (4. utg.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Keynes, J. M. (1933). Economic possibilities for our grandchildren (1930). *Essays in persuasion*, 358-73. Hentet fra:
<http://www.econ.yale.edu/smith/econ116a/keynes1.pdf>
- Marks, B. R. (2007). *Den moderne verdens opprinnelse*. Oslo: Pax forlag.
- Mokyr, J., Vickers, C & Ziebarth, L.N. (2015) The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different? *Journal of Economic Perspectives*, Volume 29, Number 3, (s, 31).
- Nordhaus, W. D. (2007). Two centuries of productivity growth in computing. *The Journal of Economic History*, 67(1), 128-159.
- Roy, A. D. (1951). Some thoughts on the distribution of earnings. *Oxford economic papers*, 3 (2), 135-146.
- Steigum, E. 2012. *Moderne makroøkonomi* (1. utg.). Oslo: Gyldendal.
- Sysla. 2016. ”Hva hvis digitalisering fjerner alle jobbene?”. Hentet fra:
<http://sysla.no/meninger/hva-hvis-digitalisering-fjerner-alle-jobbene/>

- Waymo. (2017). Journey. Hentet fra: <https://waymo.com/journey/>
- Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5. utg). Toronto: Nelson Education.

10. Vedlegg:

Vedlegg 1:

	Rutinebaserte arbeidsoppgaver	Ikke-rutinebaserte arbeidsoppgaver
Kognitive arbeidsoppgaver	Kognitive rutinebaserte arbeidsoppgaver	Kognitive ikke-rutinebaserte arbeidsoppgaver
Manuelle arbeidsoppgaver	Manuelle rutinebaserte arbeidsoppgaver	Manuelle ikke-rutinebaserte arbeidsoppgaver