

Pål Furu Kamsvåg

# Metall, maskiner og mennesker

En studie av Industri 4.0 ved Hydro i Sunndal

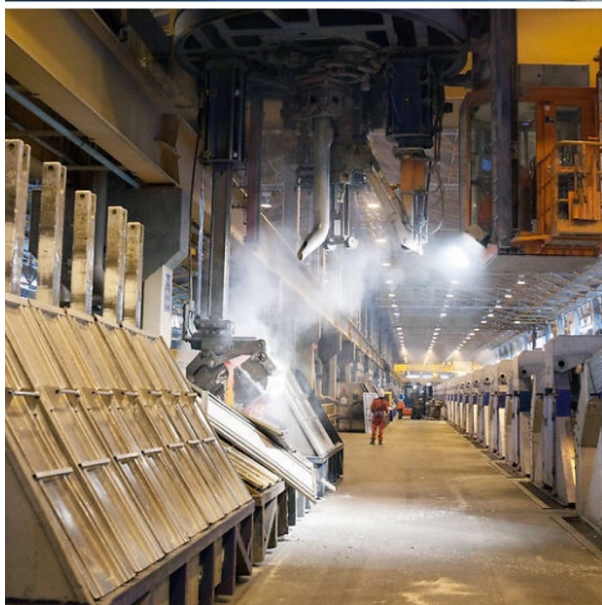


Foto: Norsk Hydro ASA (se Referanseliste)

## Masteroppgave i Entreprenørskap, innovasjon og samfunn

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap

Institutt for geografi

Mai 2017

## **Forord**

Denne masteroppgaven markerer slutten på et omfattende prosjekt som har pågått i nærmere ett år. Forskningsprosessen har vært spennende, lærerik og krevende. Arbeidet med oppgaven har gitt meg faglig kunnskap og bedre forståelse av et fenomen jeg tror blir viktig fremover. I tillegg har jeg lært mye om hvordan det er å gjennomføre et forskningsprosjekt.

Jeg vil rette en stor takk til alle mine informanter. Uten deres velvilje ville ikke dette prosjektet vært mulig å realisere. Jeg vil også takke Hydro i Sunndal for å ha latt meg få innblikk i flere av deres prosjekter ved metallverket, for å ha gitt meg tips om kandidater til intervju og for å ha invitert meg til et svært relevant seminar som omhandlet automatisering og robotisering.

Til sist vil jeg takke min veileder, Asbjørn Karlsen, for tett oppfølging, gode råd og konstruktive møter gjennom hele prosessen.

Trondheim, mai 2017

Pål Furu Kamsvåg

## **Abstract**

The recent advances in information technology have led to progress in the fields of automation, robotics, sensor technology and artificial intelligence. These technologies are prerequisites for the increasingly popular concept Industry 4.0, which refers to the current trend of automation, digitalization and data exchange in manufacturing. In addition to industrial changes, such as optimized production processes and new value chains, Industry 4.0 and modern information technology could have an impact on employment and the required skills of future industrial workers.

The aim of this thesis is to investigate how the producer of primary aluminium, Hydro Sunndal, relates to Industry 4.0 and digitalization. The study has three research questions. The first one examines which challenges and opportunities Industry 4.0 and modern information technology gives Hydro Sunndal. The second research question deals with how Industry 4.0 and automation/robotics affect the workforce at Hydro Sunndal, and if an eventual downsizing at the plant will have consequences for the local community. The final question examines which qualifications, skills and education future industrial workers at Hydro Sunndal will need.

This thesis relies on a comprehensive fieldwork consisting of both qualitative interviews and observation, along with a theoretical framework with contributions from researchers and academics in several disciplines.

The results of the study show that Hydro Sunndal is capable of implementing several technological solutions that comes with Industry 4.0. However, the specific work conditions in aluminium production could give Hydro Sunndal more challenges than companies operating in other industries. Industry 4.0 and more automation/robotics will likely lead to a moderate downsizing at Hydro Sunndal in the near future. The local community will probably cope well with a moderate reduction of the workforce at Hydro Sunndal, but could have more difficulties if a bigger and more rapid downsizing occurs in the future. The empirical findings coupled with literature suggest that future employees at Hydro Sunndal will need more skills and new competencies due to Industry 4.0. Better computer skills, a better understanding of statistics and data analysis, and more knowledge related to automation and robotics will be in demand.

# Innholdsfortegnelse

<b>1 Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn for oppgave og valg av analyseenhet/case .....	1
1.2 Formål med oppgaven og problemstillinger .....	3
1.3 Oppgavens oppbygning .....	3
<b>2 Hydro i Sunndal – en presentasjon av analyseenheten</b> .....	<b>5</b>
2.1 Teknologisk utvikling, produktivitet og bemanning ved Hydro i Sunndal.....	7
2.2 Dagens konkurransesituasjon for Hydro i Sunndal .....	8
2.3 Fremstilling av aluminium i Hydros metallverk .....	10
<b>3 Teoridel</b> .....	<b>12</b>
3.1 The Second Machine Age og den fjerde industrielle revolusjon.....	12
3.2 Teknologiske nyvinninger i det 21. Århundre og drivere av informasjonsteknologi .....	14
3.2.1 Moore’s law og informasjonsteknologiens utvikling de siste femti årene .....	15
3.2.2 Big Data, kunstig intelligens og maskinlæring .....	17
3.3 Industri 4.0 – veien mot den ”smarte fabrikken” .....	20
3.3.1 Internet of Things (IoT), Cyber-Physical Systems (CPS) og Smart Factories .....	22
3.3.2 Hvilken innvirkning vil Industri 4.0 ha for industri og produksjon? .....	23
3.4 Teknologisk utvikling, arbeid, økonomi og samfunn .....	24
3.4.1 Innovasjon og kreativ destruksjon – nøkkelen til at fremtidig arbeid skapes?.....	24
3.4.2 Teknologisk utvikling og arbeid i nyere historie .....	25
3.4.3 Er endringer i økonomien et bevis på at informasjonsteknologi er annerledes? .....	28
3.4.4 Vil informasjonsteknologi og Industri 4.0 erstatte mennesker i arbeidslivet? .....	30
3.4.5 Mennesker versus maskin – finnes det menneskelige konkurransefortrinn .....	35
3.5 Samarbeidende maskiner og roboter i industrien .....	38
3.6 Nye krav til fremtidens arbeidstakere som følge av teknologisk utvikling .....	40
3.7 Sentrale begrep fra faglitteraturen .....	42
<b>4 Forskningsmetode</b> .....	<b>43</b>
4.1 Kvalitativ metode .....	43
4.2 Casestudie .....	44
4.3 Strategisk utvalg .....	46
4.4 Dokumentstudier og sekundærdata .....	47
4.5 Kvalitative intervjuer .....	47
4.6 Intervjuguide .....	49
4.7 Deltakende observasjon .....	50
4.8 Dataanalyse.....	51
4.9 Temasentrert analyse .....	53
4.10 Ethiske vurderinger, betraktninger og dilemma .....	54
4.11 Forskerens posisjonering .....	56
4.12 Forskningens kvalitet – Validitet og reliabilitet .....	56
<b>5 Analyse av datamaterialet</b> .....	<b>59</b>
5.1 Implementering av teknologi som er sentral i Industri 4.0 .....	59
5.2 Muligheter og utfordringer gjennom stadig mer avansert informasjonsteknologi .....	65
5.3 Teknologisk utvikling og bemanning .....	73
5.4 Konsekvenser for lokalsamfunnet ved eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal .....	83
5.5 Krav til fremtidens arbeidstakere ved Hydro i Sunndal .....	89
<b>6 Konklusjon</b> .....	<b>96</b>
6.1 Studiens begrensninger og overføringsverdi .....	104
6.2 Videre forskning .....	105

<b>Referanser.....</b>	<b>107</b>
<b>Appendiks .....</b>	<b>114</b>
<b>Figur 2: Probability of Computerization .....</b>	<b>114</b>
<b>Figur 3: "The Great Decoupling" .....</b>	<b>115</b>
<b>Intervjuguide med ansatte ved Hydro i Sunndal eller Hydro sentralt .....</b>	<b>116</b>
<b>Intervjuguide med ordfører i Sunndal kommune .....</b>	<b>117</b>

# **1 Innledning**

Det er en tidlig morgen i juni 2016, og sommeren i Trøndelag viser seg fra sin verste side. Nordvestlig vindretning sørger for lav temperatur og regnet pisker mot vinduet. På slike dager hender det at jeg slår i hjel en time eller to med å se på videoer på nettstedet Youtube. En filmsnutt på Youtube, blir fort til mange. Algoritmene til nettstedet er utviklet slik at seeren blir presentert nye spennende filmvalg som relateres til tidligere søk. Det er derfor lett å bli oppslukt. På akkurat denne regnværsdagen kom jeg over en film som omhandlet teknologiske fremskritt i industrien. De avanserte maskinene og robotene som ble presentert i filmen, utførte operasjoner jeg ikke trodde var mulig. I den samme filmen uttalte eksperter på teknologi og produksjon seg om hvilke muligheter nye teknologiske løsninger kan gi industri, samfunn og privatpersoner. Min oppmerksomhet var vunnet. En time og flere titalls filmer senere, slo det meg: Bruk av stadig mer avansert informasjonsteknologi i industrien er et svært interessant og dagsaktuelt tema for en masteroppgave innen Entreprenørskap, innovasjon og samfunn.

## **1.1 Bakgrunn for oppgave og valg av analyseenhet/case**

I dagligtalen snakkes det om at samfunnet står ovenfor en omfattende digitalisering og teknologisk utvikling som har potensiale til å revolusjonere industrien og arbeidslivet. Det var blant annet dette som ble vist i filmene jeg så på Youtube. Betydelige fremskritt innen informasjonsteknologi de siste tiårene har bidratt til nye muligheter når det gjelder automatisering, robotisering og oppsamling av datainformasjon. Som et resultat av denne utviklingen, har konseptet Industri 4.0 vokst frem. Industri 4.0 omhandler moderniseringen av industrisektoren i den industrialiserte delen av verden. Visjonen er at nye teknologiske løsninger vil bidra til økt produktivitet, optimaliserte produksjonsprosesser, reduserte kostnader, mer fleksibel produksjon og nye forretningsformer og verdikjeder.

Et av spørsmålene som reises parallelt med moderniseringen av industrien og dagens teknologiske utvikling, er om mer automatisering og robotisering kan føre til at behovet for menneskelig arbeidskraft reduseres. Dette er en debatt som vies oppmerksomhet av forskere, politikere, bedriftsledere og arbeidstakere. Et annet spørsmål som mange stiller seg, og som i stor grad kan relateres til spørsmålet ovenfor, er om nye teknologiske løsninger som implementeres i industrien, gjør at det stilles større krav til fremtidens industriarbeidere når det gjelder kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning. Dette spørsmålet berører for så vidt hele

arbeidsmarkedet. Men Industri 4.0 og hastigheten på endringene i industrien, gjør det kanskje ekstra relevant i industrisammenheng.

Ekspertene som deltok i Youtube-filmene, snakket mye om spørsmålene jeg har presentert ovenfor. I tillegg publiseres det stadig artikler i diverse nettaviser der temaet diskuteres. Flere nye bøker, forskningsrapporter og vitenskapelige tidsskrift tar for seg emnet. Man kan trygt si at temaet har blitt populært. Samtidig er det gjort få studier som fokuserer på enkeltbedrifter og utviklingen i bestemte industrier og bransjer. Debatten og forskningen foregår ofte på samfunnsnivå. Studier på mikronivå er enda mangelvare. Dermed blir det kanskje ikke lett for ledere og ansatte i spesielle bransjer og bedrifter å forholde seg til temaet.

I mitt forskningsprosjekt ønsker jeg å ta tematikken presentert i det foregående ned til et mikronivå. Mitt anliggende er å undersøke hvordan en enkelt industribedrift forholder seg til teknologisk utvikling og Industri 4.0. Jeg valgte aluminiumprodusenten Hydro i Sunndal som case. Det var flere grunner til det. For det første er det interessant å undersøke hvilke muligheter og utfordringer stadig mer avansert informasjonsteknologi og Industri 4.0 gir en aktør som opererer i norsk tungindustri. Digitalisering, avansert sensorteknologi, kunstig intelligens og robotisering er noe man gjerne forbinder med finmekanisk produksjon. Aluminiumproduksjon kan derimot klassifiseres som en grovmekanisk industri. Det er spennende å undersøke om det er mulig for en aluminiumprodusent å ta i bruk nye løsninger båret frem av moderne informasjonsteknologi. Er det mulig for et aluminiumverk å bevege seg i retning av Industri 4.0? Er det mulig å implementere moderne roboter i en produksjon som involverer nedbryting av råmaterialer og kjemiprosesser?

En annen grunn til at jeg valgte en aluminiumprodusent som analyseenhet, er at norsk aluminiumindustri har en viktig posisjon i norsk næringsliv. Produksjon av aluminium har en lang historie her til lands. Samtidig har det kanskje blitt underkommunisert hvor viktig denne industrien faktisk er for Norge. Det er helst snakk om olje, gass og oppdrettsnæringen. Men faktum er at aluminium er en av de viktigste eksportvarene vi har her i landet. Dersom Industri 4.0 og nye teknologiske løsninger kan bidra til økt produksjon av aluminium og eksport til utlandet, vil det kunne være positivt for norsk økonomi og næringsliv. Norske aluminiumprodusenter mener dessuten at det er bedre at de forsyner markedet med aluminium enn at mange utenlandske leverandører gjør det. Dette skyldes at norsk aluminiumproduksjon ofte regnes som ”grønn” fordi den forurensner mindre og bruker energi fra vannkraft.

## **1.2 Formål med oppgaven og problemstillinger**

Formålet med oppgaven er altså å ta temaet jeg presenterte innledningsvis ned til et mikronivå og undersøke hvordan en enkelt industribedrift forholder seg til Industri 4.0 og moderne informasjonsteknologi. Jeg ønsker å finne ut om teknologisk utvikling kan føre til en nedbemanning ved metallverket i Sunndal, og om dette eventuelt vil ha konsekvenser for lokalsamfunnet. Det siste forskningsspørsmålet handler om hvordan teknologisk utvikling vil påvirke kravene som stilles til fremtidens industriarbeidere. I klartekst ønsker jeg å finne ut om nye teknologiske løsninger fører til økte og nye krav til fremtidens industriarbeidere ved Hydro i Sunndal når det gjelder kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning. Jeg har kommet frem til følgende tre problemstillinger:

1. Hvordan forsøker aluminiumprodusenten Hydro i Sunndal å ta i bruk teknologi som ligger i konseptet Industri 4.0?
2. Vil Industri 4.0 og økt automatisering/robotisering føre til en nedbemanning ved Hydro i Sunndal, og hvilke konsekvenser vil dette eventuelt få for lokalsamfunnet?
3. Hvilke krav til kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning vil Industri 4.0 medføre for fremtidige arbeidstakere ved Hydro i Sunndal?

De tre forskningsspørsmålene er kanskje særlig relevante for et lite lokalsamfunn med en hjørnesteinsbedrift, slik som i Sunndal der metallverket spiller en svært riktig rolle som arbeidsgiver. Slik det er i dag er Hydro i Sunndal avgjørende for skatteinntektene i kommunen. Jeg håper dessuten at forskningen kan bidra til verdifull innsikt om et tema som trolig vil bli enda mer aktuelt i tiden som kommer. Forskningen kan dessuten være et nyttig tilskudd til diskursen på området som ofte foregår på makronivå.

## **1.3 Oppgavens oppbygning**

Jeg har valgt å dele inn oppgaven i seks kapitler. I det første kapitlet har jeg forklart bakgrunn for tema og valg av case. Jeg har her prøvd å vise hvorfor det er interessant å undersøke hvordan en aluminiumprodusent forholder seg til Industri 4.0 og moderne informasjonsteknologi. I kapittel to presenterer jeg casebedriften og viktige trekk fra norsk aluminiumshistorie. Hovedtrekkene i produksjonen av primæraluminium blir deretter kort forklart. Jeg anser det som nødvendig å ha et eget bakgrunnskapittel om Hydro i Sunndal og aluminiumproduksjon for å gi et bilde av de særegne problemstillingene som reises ved



digitalisering og teknologisk utvikling i et slikt smelteverk. Dette bakgrunnskapitlet vil dessuten gi et innblikk i aluminiumindustrien og dermed forklare hvorfor implementering av nye teknologiske løsninger er viktig for Hydro i Sunndal.

I kapittel tre presenteres relevant teori og litteratur. Teorikapitlet har en bevisst tverrfaglig innretning med bidrag fra forskere fra forskjellige fagdisipliner. Dette er hensiktsmessig da temaet i oppgaven omhandler teknologiutvikling, innovasjon, økonomi og samfunnsproblemer. Teorikapitlet innledes med å referere kort til sentrale forskeres prediksjoner om fremtiden for industri og samfunn. Deretter forklarer jeg hvordan informasjonsteknologien har kommet dit den er i dag. Jeg greier ut om noen av de viktigste fremskrittene som har blitt gjort de siste tiårene på dette området. Disse teknologiske fremskrittene er forutsetninger for Industri 4.0. Videre tar jeg tak i konseptet Industri 4.0 og forsøker å forklare hva dette faktisk består av i form av teknologiske løsninger og muligheter for industribedrifter. Den siste delen av teorikapitlet dreier seg om konsekvenser av teknologisk utvikling og Industri 4.0. I første omgang presenteres diskusjonen rundt moderne informasjonsteknologi og muligheten for at behovet for menneskelig arbeidskraft kan bli kraftig redusert i industri og andre deler av arbeidslivet. Til slutt blir forskeres prediksjoner og synspunkt når det gjelder kompetansekrav til fremtidens industriarbeidere lagt frem.

I det fjerde kapitlet følger en gjennomgang av mine metodiske valg og en begrunnelse for disse. Det har vært spesielt viktig å vise frem utfordringene når det gjelder anonymitet og etiske aspekter. Kapittel fem utgjør analysedelen i oppgaven og forener teori, synspunkt og prediksjoner fra litteraturen med dataene jeg samlet inn gjennom feltarbeidet. Dette kapitlet er temasentrert inndelt. Jeg presenterer funn for de temasentrerte kategoriene og gjennomfører en analyse på bakgrunn av disse.

Kapittel seks og den konkluderende delen av forskningsprosjektet inneholder en avsluttende oppsummering og refleksjoner. Til slutt kommer en kort drøfting om mitt prosjekt kan tilføre forskningslitteraturen nye momenter samt ideer til videre forskning.

## 2 Hydro i Sunndal – en presentasjon av analyseenheten

Hydro i Sunndal blir ansett for å være Europas største og mest moderne anlegg for produksjon av primæraluminium (Hydro, *Hydro Sunndal metallverk*, 2016). Fabrikken er delt inn i tre hovedavdelinger som er helt sentrale i fremstillingen av aluminium: Massefabrikken, elektrolyseavdelingen og støperiet. I tillegg er det egne vedlikeholdsavdelinger og stab- og støttefunksjoner. I massefabrikken produseres det anoder som brukes i elektrolyseprosessen. Tidligere ble søderberganoden, som ble bakt kontinuerlig inn i selve elektrolysecellen, benyttet i aluminiumsindustrien. I dag, derimot, brukes såkalte prebake-anoder som bakes separat. Disse anodene krever mindre energi enn søderberganodene, og gjør det lettere å kontrollere og redusere utslipp av miljøskadelige gasser (Henden, Frøland og Karlsen, 2008:10). Hydro benytter i dag utelukkende prebake-anoder i aluminiumproduksjonen på deres metallverk. Til tross for at Hydro i Sunndal har egen massefabrikk hvor det produseres anoder, er ikke fabrikken helt selvforsynt. Kapasiteten er ikke tilstrekkelig til å dekke det årlige behovet, og de er derfor nødt til å kjøpe anoder av eksterne leverandører (Ulvund, 2014:127). I tillegg til CO<sub>2</sub>-utslipp og naturinngrep i forbindelse med vannkraftutbygging, har aluminiumsindustrien historisk sett hatt store problem med fluorutslipp fra elektrolysen (Henden, Frøland og Karlsen, 2008:10). I Sunndalsregionen ble blant annet barskogen og dyrevilt påført skader som følge av høye utslipp av fluor. I enkelte deler av dalen var forurensningen så omfattende at melkeproduksjon måtte avvikles (Innvik og Kamsvåg, 1993:111-112)

Fremstillingen av primæraluminium skjer i elektrolyseavdelingen og består i dag av to prebake-anlegg: SU3 og SU4. I 1968 kom SU3 i drift og sørget med sine 168 elektrolyseceller for en fordobling av produksjonskapasiteten. SU4 er et nyere anlegg og hadde oppstart i perioden fra 2002-2004 etter at det gammeldagse ”Søderberg-anlegget” ble faset ut. I dag består SU4 av 340 celler med Hydros egenutviklede elektrolyseteknologi (Hydro, *Hydro Sunndal metallverk*, 2016). I årene 2002-2004 ble dessuten flere deler av fabrikken modernisert. Støperiet fikk økt sin kapasitet som følge av etablering av nye støpesentre, og i tillegg ble hjelpeanleggene oppgradert for å imøtekomme nye miljø- og klimakrav. Det ble dessuten i denne perioden implementert et nytt overvåkningsverktøy som gjorde det enklere å kontrollere støpeprosessen. I tillegg til å øke kapasiteten, sørget det nye datasystemet for bedre sikkerhet. God kontroll og sikkerhet er særdeles viktig i støperiet med tanke på den høye eksplosjonsfaren man har i denne delen av prosessen (Ulvund, 2014:106). I støperiet

ferdigstilles som nevnt produkter som legerte pressbolter, valseblokker og andre støpelegeringer.

Fremstilling av aluminium krever enorme mengder energi. Energikostnaden utgjør mellom 20 og 40 prosent av totalkostnadene i aluminiumsproduksjonen. Ettersom at transport av kraft over lengre distanser fører til tap av energi, er den geografiske plasseringen av metallverkene av stor betydning. Avstanden fra kraftstasjonen til selve metallverket er helt avgjørende for størrelsen på energitapet. Det er derfor ikke tilfeldig at man valgte å plassere et smelteverk i Sunndal midt mellom fjell og vassdrag, med rikelig tilgang på billig elektrisk energi og og kort avstand til kraftstasjoner. Norges potensial for utnyttning av vannkraft blir av mange trukket frem som årsaksforklaring på hvorfor utenlandske firma valgte å investere i metallverk her til lands for rundt hundre år siden (Henden, Frøland og Karlsen, 2008:297). Frem til liberaliseringen av kraftpolitikken i 1991 hadde staten vært leverandør av kraft til aluminiumprodusenter i Norge. Hydro i Sunndal la i årene etter liberaliseringen press på nasjonale myndigheter og lokalpolitikere for å få på plass gunstige og konkurransedyktige kraftavtaler. Samtidig, og i det skjulte, ble det forhandlet med private leverandører (Ulvund, 2014:12). I 1997 ble kraftavtalen mellom Hydro og Statkraft undertegnet. Hydro var med denne avtalen sikret gunstige kraftpriser frem til 2020. Avtalen innebar at prisene skulle svinge i takt med markedsprisen for kraft. Kraftavtalen som kom på plass i 1997 sikret ikke Hydro bare god pris på strøm. I følge Ulvund (2014) var denne kraftavtalen utslagsgivende for at ledelsen i Hydro besluttet at en storstilt modernisering av anlegget i Sunndal skulle gjennomføres. Dette ble mottatt med stor glede av hele Sunndalsamfunnet som i flere år hadde kjempet for å få på plass en kraftavtale. Tilgang til billig strøm blir fremdeles i dag ansett som kanskje det viktigste konkurransefortrinnet til Hydro i Sunndal og andre metallverk som ligger i Norge. Hydro i Sunndal utnytter den gode strømtilførselen og produserer aluminium billigere enn de fleste av sine konkurrenter (Hydro, *Primærproduksjon*, 2016).

I tillegg til å være kostnadsbesparende, har utnyttning av vannkraft en betydelig miljømessig gevinst. Flere aluminiumsprodusenter i utlandet benytter kull som innsatsfaktor i produksjonen. Dette fører til at utslippene pr. tonn aluminium produsert, ligger langt over utslippsnivåene sammenlignet med Hydros metallverk i Norge og aluminiumsverkene som ligger i Quebec Canada (disse benytter også vannkraft). Bruk av kull er særlig utbredt i Kina blant kinesiske aluminiumsprodusenter hvor utslippsreguleringene ikke er like strenge som

her i landet (Hydro, *Primærproduksjon*, 2016). I følge informasjon fra Hydros egne nettsider, vil en million tonn aluminium som produseres i Norge spare verden for 13,5 millioner tonn CO<sub>2</sub> pr. år sammenlignet med tilsvarende mengde produsert i Kina med kullkraft (Hydro, *Grønnere produksjon*, 2016). På den samme nettsiden opplyser Hydro at de har redusert CO<sub>2</sub>-utslippene med 75 prosent ved sine metallverk siden 1990. Utslippsmengden av fluor er dessuten blitt redusert betydelig i den samme perioden. Etter de siste oppgraderingene av renseanleggene i 2004 er utslippsnivået av fluor langt under grensene som myndighetene har satt (Ulvund, 2014:194).

Til tross for å ha lyktes med å gjøre produksjonen betydelig renere de siste tretti årene, har Hydrokonsernet en ambisiøs målsetting om å redusere utslipp av CO<sub>2</sub> og andre klimagasser så nært det teoretiske minimum som mulig. Det bevilges derfor mye penger til forskning og utvikling. Ved Hydro i Årdal har det blitt forsket mye på elektrolyseprosessene. Her retter forskningen seg mot hvordan man kan få til bedre energiutnyttelse og lavere utslipp av klimagasser. Ved forskningssentrene i Sunndal og Karmøy foregår det derimot mest forskning relatert til nedstrømsaktivitet og hvordan man kan anvende aluminium på nye måter (Hydro, *Våre kompetansesentre*, 2016). Forskningen ved de ulike kompetansesentrene er ofte prosjektbasert, og representanter fra forskjellige fagfelt samarbeider med hverandre. I disse prosjektene blir Hydros egne fabrikker ofte brukt som pilotarenaer. Et større pilotprosjekt for uttesting av ny teknologi med tanke på bedre energiutnyttelse og lavere CO<sub>2</sub>-utslipp gjennomføres i Hydros fabrikk på Karmøy i disse dager. Eksterne samarbeidspartnere som universitet, FoU-institutt og kunder er ofte involvert i forskningsprosjektene.

## **2.1 Teknologisk utvikling, produktivitet og bemanning ved Hydro i Sunndal**

I følge Ulvund (2014) har metallverket i Sunndal siden oppstarten i 1954 jobbet med å effektivisere driften. Dette har skjedd gjennom en storstilt satsning på teknologi, organisatoriske tiltak og restruktureringer av arbeidsstokken. Rasjonalisering og effektivisering ble for alvor ett satsningsområde ved begynnelsen av 1990-tallet, og førte til at antall heltidsansatte ble kraftig redusert. I 1986 var det 1450 ansatte ved metallverket i Sunndal, hvor av 1380 var heltidsansatte. I starten av 1992 hadde bemanningen blitt redusert til 944 ansatte, noe som må betegnes som en relativt omfattende reduksjon.

Moderniseringsprosjektet som var ferdig i 2004, sørget for en ytterligere nedbemanning. Det er viktig å være klar over at statistikken vedrørende bemanning i nyere tid må leses med noe

forsiktighet. Dette gjelder særlig i perioden fra 2009 til 2014 hvor antall ansatte i stor grad må ses i sammenheng med finanskrisen (Ulvund, 2014:81). I dag jobber det ca. 700 ansatte ved Hydro i Sunndal. Dette antallet inkluderer ikke forskningssenteret og regnskapsavdelingen hvor det til sammen jobber omtrent 70 personer. Disse to avdelingene har rapportering direkte inn til hovedkontoret i Hydro Sentralt som ligger i Oslo.

Samtidig som at bemanningen har blitt redusert de siste tretti årene, har produktiviteten økt kraftig. I følge Ulvund (2014) ble det på midten av 1980-tallet produsert omtrent 100 tonn råmetall pr. ansatt i året ved Hydro i Sunndal. I dag er produksjonen på litt mer enn 570 tonn pr. ansatt, dersom man dividerer den totale produksjonsmengden av primæraluminium for 2016 med antall ansatte, 400.000 tonn/700 ansatte (Hydro, *Hydro Sunndal metallverk*, 2016). Ulvund (2014) mener Hydro i Sunndal har opplevd en betydelig effektivisering og produktivitetsøkning, båret frem av stadig bedre teknologiske løsninger, automatisering og mer effektiv organisering. Han tror dette er en utvikling som vil fortsette, men er usikker på om det vil gå like fort og med samme styrke som det har gjort frem til nå.

Rasjonalisering og effektivisering er altså ikke nye fenomen for Hydro i Sunndal. Forskere er enige i at teknologisk utvikling har vært et fokus- og prioriteringsområde for ledelsen i både Hydro Sentralt og i Hydro i Sunndal gjennom store deler av industrikonsernets historie (Ulvund, 2014 og Innvik og Kamsvåg, 1993). Noen av spørsmålene jeg stiller i denne oppgaven, er om stadig mer avansert informasjonsteknologi vil føre til at rasjonaliseringen og effektiviteten skyter ytterligere fart, og om Industri 4.0 og teknologien som ligger i konseptet vil kunne øke automatiseringsgraden.

## **2.2 Dagens konkurransesituasjon for Hydro i Sunndal**

Hydro i Sunndal er i tøff konkurranse med utenlandske produsenter av aluminium, og må fokusere på effektivisering for å være konkurransedyktige. Makroøkonomiske forhold som etterspørsel, tilbud, pris for aluminium, kronekurs og politikk har stor innvirkning på de økonomiske resultatene. Det siste året har Hydro i Sunndal levert meget solide økonomiske tall. Flere hevder at dette skyldes blant annet økt etterspørsel etter aluminium og forhåpninger om mulige produksjonskutt blant kinesiske produsenter (Fossum, 2017). Hydro i Sunndal har likevel opplevd meget tøffe perioder i nyere tid, og dette blir belyst i følgende avsnitt.

Produksjonsmengden av aluminium er etterspørselsregulert og vil variere ut fra globale økonomiske forhold. Dette fikk Hydro i Sunndal og hele Hydrokonsernet virkelig kjenne på kroppen som følge av resesjonen i 2008. Hydro i Sunndal ble i årene etter denne økonomiske nedgangen tvunget til å stenge deler av produksjonen. Hovedårsaken var lav etterspørsel av aluminium (Ulvund, 2014:63-65). Prisen på aluminium sank dessuten voldsomt i den samme perioden. I følge Ulvund (2014) var prisfallet uunngåelig fordi den globale aluminiumsindustrien hadde bygd opp en kapasitet som trolig var for stor selv i normale økonomiske tider. De massive produksjonsvolumene sørget for at lagrene av metall hopet seg opp og presset ned prisene. Det var altså et misforhold mellom tilbud og etterspørsel. I tillegg til overproduksjon av aluminium, valgte fond- og forsikringsselskaper å kjøpe metall for å plassere det på lager. Disse finansaktørene betraktet slike oppkjøp som sikrere investeringer enn kjøp av aksjer og andre mer tradisjonelle verdipapirer. Dette gjorde ikke situasjonen bedre. Konsekvensen av denne utviklingen var at ledelsen i Hydro Sentralt besluttet å stenge SU3 i 2009 og utløse permitteringer. Deler av SU3 ble åpnet i 2011, men hele avdelingen ble ikke satt i drift igjen før i 2015 da etterspørselen etter aluminium hadde tatt seg opp. I forbindelse med restarten av SU3 ble kapasiteten økt, og Hydro i Sunndal valgte å ansatte nye medarbeidere (Rustad, 2015).

Finanskrisen i 2008 illustrerer hvordan de makroøkonomiske forholdene er med å påvirke driften ved metallverk som Hydro i Sunndal. Samtidig er dette et godt eksempel på hvor stor innvirkning den globale konkurransesituasjonen har for Hydrokonsernets strategier og beslutningstaking. Fra og med 2016 frem til nå har aluminiumsprisen tatt seg noe opp. Flere økonomer og analytikere hevder dette skyldes at kinesiske produsenter har redusert produksjonsmengden den siste tiden. Økt handelspress fra den nye presidentadministrasjonen i USA rettet mot Kina kan også være en del av forklaringen. Det er blant annet blitt luftet et forslag i Senatet om å innføre straffetoll på aluminium som importeres. Samtidig er kinesiske myndigheters subsidiering av aluminiumsprodusenter blitt klaget inn for Verdens handelsorganisasjon (WTO). På sikt kan dette føre til at Kina er nødt til å foreta en kapasitetsjustering som medfører produksjonskutt (Dagens Næringsliv, 2017). Den kinesiske arbeidsministeren uttalte nylig i en pressekonferanse at myndighetene vil krysse landets tungindustri som omfatter produksjon av stål, kull, aluminium, sement og glass (E24, 2017).

De nevnte hendelsene kan i tillegg til å ha bidratt til en prisøkning av aluminium, ha påvirket spekulanter i aksjemarkedet. Aksjeverdien til Hydro har steget markant den siste tiden.

Hydro-aksjen har hatt en børsoppgang på nesten 50 prosent siden september i 2016 (Bertelsen og Havnes, 2017). Hvorvidt prisen på aluminium vil fortsette å stige, eller om Hydro-aksjen kommer til å styrke seg ytterligere i fremtiden, er selvsagt særdeles usikkert. Det som derimot synes å være sikkert, er at makroøkonomi og global storpolitikk vil fortsette å ha meget stor betydning for norsk aluminiumindustri og Hydro i Sunndal i tiden som kommer.

### **2.3 Fremstilling av aluminium i Hydros metallverk**

Aluminium fremstilles gjennom en omfattende prosess som krever enorme mengder energi og nedbrytning av råmateriale. I det følgende vil jeg gjennomgå hovedtrekkene i denne prosessen. Jeg tar utgangspunkt i prosessbeskrivelsen som ligger på Hydros egne nettsider, og oppgir tittelen på nettsiden i kildeføringen. Fullstendige nettadresser er oppgitt i referanselisten. I de tilfeller hvor jeg har hentet informasjon fra andre kilder enn nettsidene til Hydro, refereres det på vanlig måte underveis i teksten. Hensikten med å gjennomgå aluminiumproduksjonens faser, er å gi leseren en bedre forståelse av hva prosessen innebærer. En slik gjennomgang vil forhåpentligvis gjøre det enklere for leseren å sette seg inn de konkrete prosjektene vedrørende automatisering og robotisering som jeg beskriver i oppgaven.

For å fremstille aluminium er man avhengig av råvaren bauksitt. Denne leirelignende jordtypen finnes i et belte rundt ekvator og utvinnes fra gruver som ligger forholdsvis tett opp mot overflaten av jordskorpen. Brorparten av bauksitten som Hydro anvender kommer fra gruver i Brasil. Hydro eier flere av disse gruvene (Hydro, *Utvinning av bauksitt*, 2016). Bauksitten fraktes til anlegg hvor leiren vaskes bort før den deretter blir sendt gjennom en knusemaskin. Videre blir bauksitten fraktet til aluminaraffinerier som ofte ligger relativt nære gruvene. Her brukes den såkalte "Bayerprosessen" til å utvinne aluminiumoksid (alumina) fra den knuste bauksitten (Henden, Frøland og Karlsen, 2008:9). I denne raffineringprosessen skilles aluminaen fra bauksitten gjennom en oppvarmet løsning av lut og kalk. Blandingen man sitter igjen med varmes deretter opp og filtreres. Aluminaen som er gjenværende tørkes så til et hvitt pulver som blir kalt ren eller raffinert alumina. Det er vanlig å plassere aluminaraffinerier nært havneanlegg slik at man kan frakte aluminiumoksid til smelteverk hvor primeraluminium produseres (Hydro, *Raffinering av alumina*, 2016).

Etter å ha fremstilt raffinert alumina, kan produksjonen av primæraluminium begynne. Dette skjer ved et metallverk (ofte kalt smelteverk), hvor prosessen foregår i lange produksjonslinjer. Produksjon av aluminium krever følgende tre innsatsfaktorer: Aluminiumoksid (raffinert alumina), elektrisitet og karbon. Aluminiumatomet i alumina er bundet til oksygen. Fremstillingen av aluminium skjer gjennom en elektrolyseprosess hvor man bryter dette båndet. Denne prosessen skjer på følgende måte: Alumina fraktes til anleggene og blir plassert i en celle hvor den oppløses i et elektrolytisk bad. I disse cellene blir det ledet sterk likestrøm mellom en negativ katode og en positiv anode som begge er fremstilt av karbon. Anoden reagerer med oksygenet i aluminiumen og det dannes CO<sub>2</sub>. Resultatet av en slik kjemisk reaksjon er flytende aluminium som kan tappes fra elektrolysecellen. Den flytende aluminiumen støpes deretter til pressbolter, valseblokker eller støpelegeringer avhengig av hvordan de skal bearbeides videre (Hydro, *Primærproduksjon*, 2016).

Prosessten jeg har beskrevet så langt omfatter utvinning av bauksitt, primærproduksjon av aluminium og støping av pressbolter og diverse blokker, og blir omtalt som oppstrømsaktivitet. Ved Hydro i Sunndal blir det hovedsakelig utført primærproduksjon av aluminium og man utvikler produkter som pressbolt, valseblokker og diverse støpelegeringer. Nedstrømsaktivitet går på videreforedlingen av primæraluminium til ferdige sluttprodukt, hvor første fase består av ekstrudering, valsing eller støping (Henden, Frøland og Karlsen, 2008:11). Ekstrudering vil si at aluminiumen omformes til forskjellige rør og profiler. Dette skjer ved å varme opp aluminiumsbarrer til 500 grader, for så å presse dem gjennom et verktøy som gjør det mulig å utvikle ulike produkter. Gjennom ekstrudering kan man forme aluminium på uendelig mange måter. Ved valsing kan en 60 cm aluminiumblokk vales til 2-6 mm tykkelse, og ferdige folieprodukter kan bli så tynne som 0,006 mm. Dette skyldes at aluminium er et svært smidig metall (Hydro, *Ekstrudering, valsing og støping av aluminium*, 2016). Støpelegeringer kan smeltes på ny, og brukes til å fremstille sluttprodukt gjennom en omstøpning hvor det som regel tilsettes andre metaller og komponenter. Eksempel på slike sluttprodukt er felger og andre bildeler. Innholdet i støpelegeringene kan skreddersys opp mot kundene slik at de egner seg best mulig til videre bruk. Bruksområdet for aluminium blir stadig utvidet. Bildeler, vinduslister, ølbokser og folier er eksempler hvor aluminium utgjør en viktig komponent i sluttproduktet (Henden, Frøland og Karlsen, 2008:12).



### **3 Teoridel**

I teorijennomgangen vil det fokuseres på tema og teori som er relevant i forhold til mine forskningsspørsmål og oppgavens overordnede tema. Dette innebærer at jeg fokuserer på litteratur som tar for seg utviklingstrekk med tanke på digitalisering, automatisering og robotisering. Samtidig vil jeg presentere teori og forskning hvor det er forsøkt å avdekke hvordan teknologisk utvikling påvirker arbeid og samfunn. En slik tilnærming medfører at jeg anvender teori fra ulike akademiske disipliner. Teorikapitlet har derfor en tverrfaglig oppbygning bestående av litteratur og forskning fra økonomer, teknologer, ingeniører, samfunnsvitere og utviklere av ny teknologi. Mye av litteraturen og forskningen som blir presentert, tar for seg teknologisk utvikling på samfunnsnivå. Jeg mener imidlertid at denne litteraturen er relevant for mitt case da den fungerer som en introduksjon til temaet i oppgaven. Den anvendte litteraturen tas altså ned til et mikronivå og spilte en sentral rolle i utarbeidningen av mine forskningsspørsmål.

#### **3.1 The Second Machine Age og den fjerde industrielle revolusjon**

I følge Brynjolfsson og McAfee (2014) ved Massachusetts Institute of Technology (MIT), er den industrielle revolusjon den mest betydningsfulle begivenheten i historien. De mener denne revolusjonen førte menneskeheten inn i den første maskinalderen som resulterte i betydelige samfunnsendringer. For første gang i historien var teknologisk utvikling og innovasjon de viktigste drivkreftene til endringene i samfunnet (Brynjolfsson og McAfee, 2014:6). Andersen et al. (2005) mener kombinasjonen av energi og mekanikk forsterket vår evne til å tøyne de fysiske begrensningene som naturen har pålagt oss mennesker. Den første industrielle revolusjon førte til at muskelkraft ble erstattet og/eller komplementert av maskinkraft. Som et resultat av denne utviklingen gikk store deler av den vestlige verden fra å være et jordbrukssamfunn til å bli industrialisert.

Brynjolfsson og McAfee (2014) hevder at vi står ovenfor en ny tidsalder, og har valgt å kalle den nye æraen for den andre maskinalderen eller "the second machine age". I følge Brynjolfsson og McAfee (2014) vil den andre maskinalderen kunne få like mye å si for kunnskapsarbeid som den første industrielle revolusjon hadde å si for fysisk arbeid. De mener en stadig mer avansert informasjonsteknologi gjør maskiner, roboter og programvare i stand til å løse flere kognitive oppgaver. I tillegg vil enda mer manuelt og fysisk arbeid kunne tas

over av maskiner. Brynjolfsson og McAfee (2014) tror den andre maskinalderen kan føre til store samfunnsendringer slik tidligere teknologiske revolusjoner har gjort.

Den tyske økonomen og grunnleggeren av World Economic Forum, Klaus Schwab, er enig med Brynjolfsson og McAfee (2014) om at vi lever i en tid med endring. Han hevder vi står ovenfor en fjerde industrielle revolusjon hvor utviklingen bygger videre på IT, elektronikk og automatiserte produksjonssystemer som opprinnelig kom med den tredje industrielle revolusjon. Den tredje industrielle revolusjon blir ofte omtalt som ”den digitale revolusjon”, og startet i slutten av 1960-årene da det for alvor ble gjort store fremskritt innen informasjonsteknologi. Enkelte hevder at dagens teknologiske utvikling bare er en forlengelse av den tredje industrielle revolusjon, mens Schwab (2016) står på at dette er en feiltolkning. Han tror som sagt at vi står ovenfor en fjerde industrielle revolusjon og begrunner sitt syn ved å vise til følgende tre faktorer: Hastighet, omfang og innvirkning på systemer.

I følge Schwab (2016) har hastigheten på dagens utvikling og teknologiske gjennombrudd aldri vært høyere. Der hvor utviklingen ved tidligere revolusjoner foregikk lineært, foregår dagens utvikling med eksponentiell hastighet<sup>1</sup>: ”*Contrary to the previous industrial revolutions, this one is evolving at an exponential rather than linear pace. This is the result of the multifaceted, deeply interconnected world we live in*” (Schwab, 2016:3). Schwab (2016) mener at den fjerde industrielle revolusjon vil sette sitt preg på alle industrier og bransjer. Han hevder dessuten at teknologi kombineres på nye måter og at dette vil føre til paradigmeskifter i den globale økonomien og i det sivile samfunn. Det er slike endringer han tenker på når han snakker om ”innvirkning på systemer”.

Schwab (2016) bruker begrepet Industri 4.0 om moderniseringen av industrien som han venter vil inntreffe i de fleste industrialiserte land. Han mener Industri 4.0 er en sentral del av den ”fjerde industrielle revolusjon”, men at sistnevnte også omhandler endringene som skjer i samfunnet, økonomien og våre privatliv. I mitt forskningsprosjekt fokuserer jeg hovedsakelig på teknologisk utvikling i industrisammenheng (aluminiumproduksjon). Industri 4.0 blir derfor beskrevet detaljert i delkapittel 3.3. Jeg mener det likevel er viktig å vise at enkelte forskere tror dagens teknologiske utvikling vil få innvirkning på mer enn bare industri og

---

<sup>1</sup> Eksponentiell vekst er når en størrelse øker med en fast prosent over like store tidsrom. Flere forskere deler Schwabs oppfatning om at dagens teknologiske utvikling foregår med eksponentiell hastighet (Brynjolfsson og McAfee, 2014 og Ford, 2015).

produksjon. Dette er grunnen til at jeg innleder teorikapitlet med å fortelle kort om Schwabs ”fjerde industrielle revolusjon” og Brynjolfsson og McAfees ”andre maskinalder”.

Ikke alle har like store og entusiastiske tanker om fremtiden som forskerne jeg har presentert i det foregående. I følge Das (2016) er dagens teknologisk utvikling og innovasjon drevet av et desperat ønske om å finne en ”magisk” løsning på økonomiske, sosiale og politiske problem som har preget verden siden resesjonen i 2008. Das (2016) har liten tro på at teknologi som Big Data, robotisering og maskinlæring vil føre til dramatiske endringer i samfunnet og økonomien. Han mener innovasjoner må få samme betydning som dampmaskinen, elektrisitet og jernbanen hadde for samfunnsutviklingen før de fortjener å bli karakterisert som banebrytende. I følge Das (2016) hadde de to første industrielle revolusjonene langt større betydning for samfunn, industri og økonomi enn hva den tredje industrielle revolusjon har hatt frem til nå. En fjerde industrielle revolusjon blir av Das (2016) betraktet som ønsketenkning og ren fantasi.

### **3.2 Teknologiske nyvinninger i det 21. Århundre og drivere av informasjonsteknologi**

Samfunnet er i ferd med å digitaliseres og bruksområdet for en stadig mer avansert informasjonsteknologi utvides. Dette skjer uansett om man betrakter utviklingen som en ny industriell revolusjon eller ikke. Markedet produserer nye digitale løsninger, produkt og tjenester i en stor hastighet. I dag er snart en tredjedel av verdens befolkning brukere av smarttelefoner, og det forventes at tallet vil vokse raskt i årene som kommer (Pew Research Center, 2016). Folk kan kjøpe droner til privat bruk, og brorparten av varehusene til nettbutikken Amazon er så godt som helautomatiserte takket være avanserte maskiner og roboter. Felles for alt dette, er en moderne informasjonsteknologi som gir nye muligheter.

I det følgende vil jeg se nærmere på hvordan informasjonsteknologien har kommet dit den er i dag, og hva som driver utviklingen fremover. De teknologiske løsningene som presenteres er universelle og vil trolig bli viktig i mer enn industri og aluminiumproduksjon. Det er nettopp dette som er det spesielle med mye av dagens informasjonsteknologi, omfanget er bredt og foregår på makronivå.

### 3.2.1 Moore's law og informasjonsteknologiens utvikling de siste femti årene

Få er klar over at spådommen til Gordon Moore, en av grunnleggerne av Intel, sannsynligvis gir den viktigste forklaringen på hvorfor informasjonsteknologiens har hatt voldsom fremvekst og utvikling de siste femti årene. Datamaskiner har gått fra å være massive, trege og dyre, til å bli relativt billige, små av størrelse, svært kraftige og mye mer tilgjengelige. Denne utviklingen kan i stor grad forklares ut fra hva som ligger i Moore's law (Ford, 2015:68).

Gordon Moore, skrev i 1965 artikkelen, "Cramming More Components onto Integrated Circuits". I denne artikkelen spådde han at antall transistorer på en integrert krets (integrated circuit eller microchip) ville dobles hvert år<sup>2</sup> (Moore, 1965). I praksis betyr dette at transistorene ble laget mindre og plassert tettere sammen på den integrerte kretsen, som igjen bidro til mer "computing power" eller datakapasitet. Moore (1965) observerte dessuten at mengden datakapasitet man kunne kjøpe for en dollar, hadde doblet seg for hvert eneste år helt siden han startet å analysere industrien han selv var del av. Man kunne altså kjøpe dobbelt så mye datakraft pr. dollar i 1963 som i 1962, og dobbelt så mye datakraft i 1964 som i 1963. Moore (1965) trodde først at denne eksponentielle utviklingen ville fortsette de neste ti årene, men i følge Brynjolfsson og McAfee (2014) har Moore's law vist seg å holde god stand i mer enn fire tiår. Moore var altså noe forsiktig i sine antakelser. Han reviderte i 1975 sitt estimat fra ett år til to år, og i det siste tiåret har det vært vanlig å forholde seg til 18 eller 24 måneder med tanke på tiden som trengs for å få til en dobling av datakapasitet (Brynjolfsson og McAfee, 2014:41). Moore's law er på ingen måte en naturlov som kan sammenlignes med Newtons bevegelseslover. Det er først og fremst Intel og andre produsenter av integrerte kretser og transistorer som har gjort loven til en selvoppfylgende profeti.

Vi mennesker kan ha problemer med å forstå hva som ligger i eksponentiell utvikling og vekst. Å forstå hvordan Moore's law påvirker den virkelige verden er derfor nokså utfordrende. Brynjolfsson og McAfee (2014) sammenligner kapasiteten til to datamaskiner separert med bare noen få doblinger (år), for å tydeliggjøre hva Moore's law innebærer i praksis. I 1996 lanserte den amerikanske staten det som den gang var verdens raskeste

---

<sup>2</sup> Doblingen av datakapasitet som i dag skjer om lag hvert andre år, er hovedårsaken til at forskere sier at informasjonsteknologi utvikler seg eksponentielt (Brynjolfsson og McAfee, 2014:43).

”supercomputer”, ASCI Red. Denne datamaskinen kostet det 55 millioner dollar å utvikle, og den dekket et areal på 149 kvadratmeter eller om lag 80 % av en tennisbane. Maskinen ble laget for å utføre beregninger av simulerte atomsprengninger og lignende. ASCI Red var den første datamaskinen til å oppnå en poengscore på mer enn en teraflop på standardtester for måling av datamaskiners hastighet<sup>3</sup>. I 1997 nådde ASCI Red en regnekraft på 1.8 teraflops. For å nå en slik hastighet brukte den åtte hundre kilowatt strøm pr. time, eller omtrent like mye som åtte hundre husstander trenger på samme tid. Ni år senere ble en ny datamaskin som kunne oppnå en hastighet på 1.8 teraflops lansert – Sonys Playstation 3. Denne datamaskinen/spillkonsollen ble laget for underholdning og tv-spill, ikke for å gjøre beregninger av atomprøvesprengninger. Playstation 3 ”matchet” ASCI Red i ytelse, men kostet forbrukerne bare rundt fem hundre dollar og var på størrelse med et leksikon (Brynjolfsson og McAfee, 2014:50). Dette er et godt eksempel på hva eksponentiell vekst og Moore’s law har hatt å si for utviklingen av datamaskiner og informasjonsteknologi.

Å utvikle stadig mindre transistorer og plassere dem tettere og tettere sammen på integrerte kretser, er ikke noe man kan gjøre i all evighet. Før eller siden vil Moore’s law bli et offer for de fysiske lovene. Opp gjennom historien har en rekke kompetente mennesker hevdet at slutten for Moore’s law har vært nært forestående, men frem til nå har de alle blitt motbevist av dyktige dataingeniører (Brynjolfsson og McAfee, 2014:42). Det er likevel mye som tyder på at vi nå i 2017 kan skimte slutten for Moore’s law. Ford (2015) hevder at vi er i ferd med å nå den fysiske grensen for hvor små transistorer kan lages og forventer at smertegrensen på fem nanometer vil nås før 2030. Sjefen i Intel, Brian Krzanich, uttalte nylig på en pressekonferanse at Intel vil lansere en ny microchip i løpet av 2017 som vil ha transistorer som er mindre av størrelse, og i tillegg være kraftigere og billigere enn sine forgjengere. Krzanich mener denne lanseringen betyr at Moore’s law ikke er død til tross for utfordringer de siste årene (McGoogan, 2017).

Produsenter av integrerte kretser og transistorer forsker på alternative løsninger som kan sikre at datakapasiteten vil fortsette å øke i fremtiden. Det bevilges enorme pengebeløp til forskning på såkalte tredimensjonale integrerte kretser og på prøveprosjekt hvor man tar i bruk andre materialer enn silisium (silicon), blant annet karbonbaserte materialer (Ford,

---

<sup>3</sup> Flops er en forkortelse for ”floating points per second”, altså flyttallsoperasjoner per sekund. Dette er et vanlig mål på regnekraften til en prosessor (Gundersen, 2016).

2015:70). En slutt på Moore's law vil sannsynligvis føre til at produsentene av integrerte kretser og transistorer er nødt til å bruke enda mer penger og ressurser på innovasjon og nyskaping. Kanskje vil dette være med å endre dataindustrien slik vi kjenner den i dag. Intel og andre produsenter av integrerte kretser vil sannsynligvis gjøre det de kan for å sikre at datakapasiteten skal fortsette å øke.

En eventuell slutt på Moore's law og doblingen av datakapasitet hvert andre år, betyr ikke at utvikling innen informasjonsteknologi vil stoppe helt opp. Informasjonsteknologi består av to deler: Hardware (de fysiske komponentene som utgjør en datamaskin) og software (programvare på norsk). Moore's law og datakapasitet berører hardware og forholder seg sånn sett til den fysiske verden. Programvare er i følge Ford (2015) derimot del av en abstrakt og friksjonsløs verden hvor algoritmer, matematikk og selve designet av programvaren er avgjørende for progresjon og utvikling. Ford (2015) mener at programvare kan fortsette å utvikles til tross for at datakapasiteten ikke økes med det samme tempoet som den har gjort de siste femti årene. Han mener det ligger et enormt og uforløst potensiale i programvare som vi enda ikke er i nærheten av å utnytte maksimalt. Poenget til Ford (2015) er at "hardware" har kommet mye lengre enn "software", og at dagens datakapasitet er kapabel til å håndtere langt mer avansert programvare (software) enn det som finnes i dag.

### **3.2.2 Big Data, kunstig intelligens og maskinlæring**

Historisk sett har datamaskiner og programvare i stor grad blitt brukt til å utføre fysiske og rutinepregede oppgaver (Autor og Dorn, 2013:1590). Men i følge Frey og Osborne (2013) har teknologiske fremskritt de siste tiårene ført til at dagens datamaskiner er i stand til å løse mer komplekse oppgaver. Begrepet Big Data blir av mange trukket frem som en viktig forklaring på hvordan datamaskiner og programvare klarer å løse stadig mer komplekse oppgaver. Gartner, Inc (2012) definerer Big Data på følgende måte: "*Big data is high volume, high velocity, and/or high variety information assets that require new forms of processing to enable enhanced decision making, insight discovery and process optimization*". Ny teknologi gjør det mulig å behandle store datasett av informasjon, og dette åpner opp for nye muligheter. Ford (2015) hevder at Big Data vil ha en enorm innvirkning på alt fra næringsliv, politikk, medisin til vitenskap. I industrisammenheng vil Big Data blant annet kunne benyttes til å optimalisere produksjonsprosesser. Ved bruk av sensorer, kamera, trådløst internett, avansert programvare og annen teknologi, vil maskiner og mennesker ha mulighet til å

utveksle informasjon. Denne informasjonen kan benyttes til å avklare hvilke tiltak som bør iverksettes for å øke effektiviteten og produktiviteten. Fenomenet der ting blir utstyrt med internett, blir ofte omtalt som Internet of Things (IoT) og er svært sentralt i Industri 4.0. IoT beskrives mer detaljert i delkapittel 3.3.1.

De siste årene har kunstig intelligens blitt et stort satsningsområde for verdens teknologigiganter. Google, Facebook, Microsoft, Apple og IBM bevilger alle enorme summer på feltet, og håper å gjøre banebrytende gjennombrudd. Her hjemme har NTNU i samarbeid med Telenor nylig åpnet et nytt senter/laboratorium for kunstig intelligens. Her skal det forskes på teori og metode innen maskinlæring og datamaskiners evne til å generere og forstå data. SINTEF skal bidra til å industrialisere og allmenngjøre forskningen. I tillegg til forskning, ønsker de involverte partene at det nye senteret skal kunne føre til nye produkter og tjenester (Meland, 2017). Denne etableringen viser at kunstig intelligens for alvor har blitt et satsningsområde for næringslivet og akademia i Norge. Industrien ønsker også å ta del i denne utviklingen. Det ser man tydelig i konseptet Industri 4.0 hvor kunstig intelligens spiller en helt sentral rolle. Jeg vil i det følgende forklare hva kunstig intelligens innebærer, og vise hvilke muligheter slik teknologi kan gi industrien.

Tørresen definerer kunstig intelligens eller artificial intelligence (AI) som følger: *”En teknikk man bruker for å gi datamaskiner og dataprogrammer en mest mulig intelligent respons”* (Tørresen, 2013:8). Hensikten med kunstig intelligens er altså å programmere datamaskiner og dataprogram til å foreta intelligente beslutninger basert på informasjon som blir gjort tilgjengelig. Kunstig intelligens er ikke et nytt fenomen. De første anerkjente studiene på området spores tilbake til 1943. Det var mye optimisme og store forventinger knyttet til kunstig intelligens i startfasen fra 1950 til 1969, men utviklingen stagnerte på slutten av 1960-tallet og tok seg i liten grad opp igjen før mot slutten av 1980-årene (Russel og Norvig, 2002:16). Med informasjonsteknologiens fremvekst de siste tjue årene har kunstig intelligens på nytt blitt et fokusområde for både akademia og teknologifirmaer (Brynjolfsson og McAfee, 2014:96 og Frey og Osborne 2013:45).

En gren innen kunstig intelligens som vies stadig mer oppmerksomhet, er maskinlæring eller *”machine learning”*. Maskinlæring kan defineres som: *”A technique in which a computer churns through data and, in effect, writes its own program based on the statistical relationships it discovers”* (Ford, 2015:89). Denne prosessen skjer som oftest i to steg: Først

vil en algoritme trenes opp ved å bruke et sett treningsdata (known data) for å løse en forhåndsbestemt oppgave eller forbedre en atferd. Deretter mottar den samme algoritmen ny og ukjent data og forsøker å løse tilsvarende eller lignende oppgaver. Poenget er altså at algoritmen skal kunne lære av seg selv og foreta intelligente beslutninger gjennom å prosessere informasjonen den mottar. En algoritme blir innen matematikk og databehandling betraktet som en fullstendig og nøyaktig beskrivelse av fremgangsmåten for å løse en beregningsoppgave eller annen oppgave (Dahlum, 2015). Et dataprogram er en algoritme som uttrykkes ved hjelp av programmeringsspråk.

Maskinlæring er allerede tatt i bruk i industrien, og er særlig utbredt i prosessoptimalisering, overvåknings- og kontrollprogrammer og forebyggende vedlikehold (Wuest et al. 2016:27). Wuest et al. (2016) hevder at maskinlæring og kunstig intelligens vil bli enda mer brukt i industrisammenheng i tiden som kommer. Det utvikles stadig mer avanserte algoritmer som kan brukes til å løse flere oppgaver, og data (informasjon) blir mer tilgjengelig takket være bedre sensortechnologi. Utviklingen av sensortechnologi er viktig ettersom maskinlæring krever en stor mengde datainformasjon. Wuest et al. (2016) mener en konkret konsekvens av maskinlæring er at roboter og maskiner vil implementeres i flere deler av produksjonen. I tillegg kan maskinlæring gjøre det enklere å skreddersy teknologiske løsninger for spesifikke industrier. Disse forskerne mener at mye av det som tidligere har blitt sett som for komplisert for roboter og maskiner å utføre, vil man løse gjennom maskinlæring.

Til tross for teknologiske fremskritt de siste tjue årene, er det fremdeles mye diskusjon og uenighet om kunstig intelligens. Forskere er blant annet svært uenige om dagens maskiner, roboter og programvare egentlig kan betraktes som intelligente. Diskusjonen ender ofte opp i et definisjonsspørsmål om hva som ligger i begrepet ”intelligens”. Baciú (2016) hevder dagens kunstige intelligens er mer ”kunstig” enn ”intelligent”. Han mener kunstig intelligens ikke er i stand til å løse selv de enkleste utfordringer uten menneskelig input eller ”human provided context”. I følge Baciú (2016) er det derfor feil å betrakte dagens maskiner som ”truly intelligent”. Den kjente lingvisten, Noam Chomsky, mener folk som jobber med kunstig intelligens ofte misforstår hva menneskelig intelligens egentlig er. For Chomsky dreier kunstig intelligens seg om å ta i bruk matematikk, sannsynlighetsregning og tolkning av statistikk for å løse forhåndsbestemte oppgaver. Han mener maskiner ikke har de samme evnene til å tenke kreativt og skifte fokus fra en oppgave til en annen på bare brøkdeler av et



sekund slik som oss mennesker, og at de derfor ikke kan betraktes som intelligente (Katz, 2102).

Ford (2015) er langt på vei enig med Baciu (2016) og Chomsky i deres vurderinger. Dagens maskiner er ikke bevisste på hva de gjør, og er sånn sett ikke intelligente på samme måte som mennesker. Ford (2015) tror likevel at kunstig intelligens, altså de teknologiske løsningene som ligger i begrepet, vil få stor innvirkning på industri og øvrig arbeidsliv. Han mener fremskritt innen kunstig intelligens blant annet vil føre til mer automatisering, og poengterer at maskiner ikke trenger å være like intelligente som mennesker for å erstatte mennesker: *”A computer doesn’t need to replicate the entire spectrum of your intellectual capability in order to displace you from your job; it only needs to do the specific things you are paid to do”* (Ford, 2015:230).

Jeg gjør ingen videre forsøk på å drøfte om maskiner kan betraktes som intelligente eller ikke. Dette er en svært omfattende problemstilling, og kunne være tema for en masteroppgave alene. Poenget er å vise at det er store uenigheter om hva som ligger i begrepet kunstig intelligens, og at dette har innvirkning på hva forskere tror maskiner er kapable til å gjøre. Når jeg senere i oppgaven omtaler kunstig intelligens, vil det dreie seg om teknologiske løsninger hvor maskiner, roboter og programvare er i stand til å utføre diverse oppgaver.

### **3.3 Industri 4.0 – veien mot den ”smarte fabrikk**

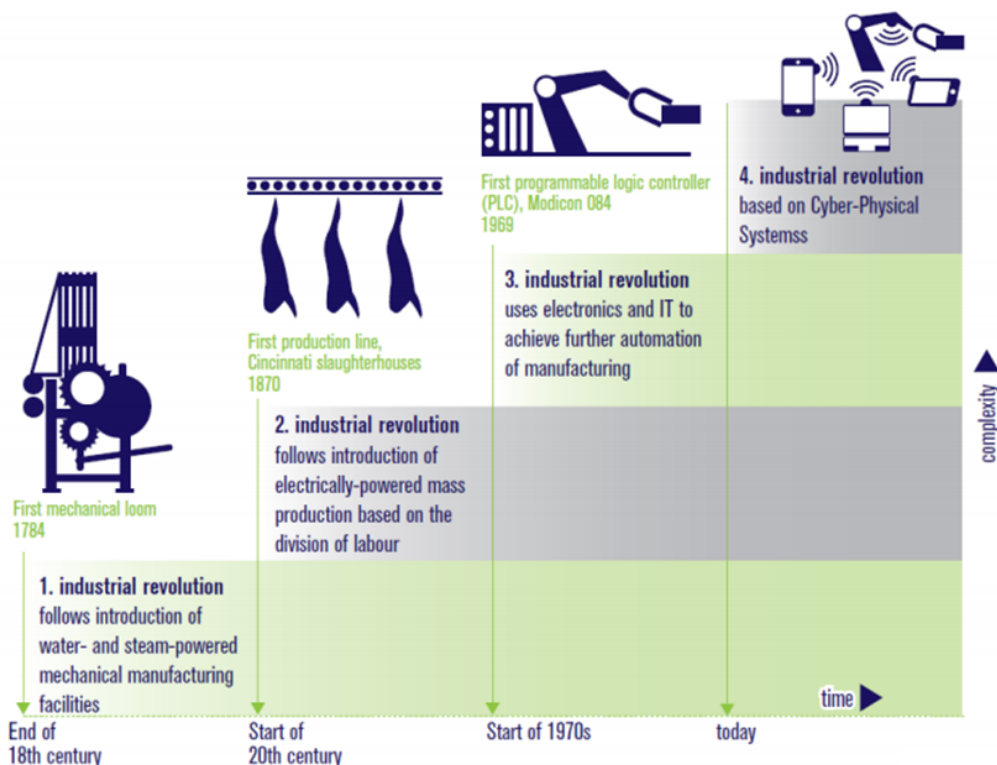
Industri 4.0 blir ofte brukt som begrep for å beskrive dagens modernisering av industrien i den industrialiserte delen av verden. Begrepet ble først brukt av den tyske regjeringen i en strategiplan som handlet om hvordan tysk industri skulle beholde sin sterke posisjon i markedet. Industri 4.0 var altså opprinnelig en strategi for hvordan tyske industribedrifter skulle gripe an digitalisering og utnytte nye teknologiske løsninger til sin fordel. Begrepet Industri 4.0 ble først offisielt brukt i 2011. Dette skjedde i forbindelse med verdens største industrimesse, ”The Hannover Messe”, med økonomisk drahjelp fra den tyske regjeringen (Hermann, Otto og Pentek, 2016:2). Industri 4.0 har siden blitt spredd på tvers av landegrenser. Land som ligger nært Tyskland og som er aktive handelspartnere med den europeiske industrigiganten var først ute, men i løpet av de siste årene har land over hele kloden latt seg inspirere av Industri 4.0. USA har utviklet et eget konsept de kaller ”Smart Factory” og fått selskap av Nederland og deler av EU om dette navnet. Sverige på sin side har

utarbeidet ”Made in Sweden 2030”, mens Kina har laget sin egen variant gjennom strategiplanen, ”Made in China 2025”. Felles for alle disse strategiene og konseptene er at de i bygger på globale trender og innholdet som ligger i Industri 4.0 (Carlin et al., 2015:24). Her i Norge har vi valgt å følge Tyskland, og bruker Industri 4.0 om den teknologiske utviklingen som er i ferd med å virke inn på norsk industri.

Til tross for at Industri 4.0 er noe de fleste med en viss interesse i industri og produksjon har hørt om, er det nokså krevende å forklare hva som menes med konseptet. Det finnes ingen tydelig definisjon. Enkelte mener at Industri 4.0 og den ”fjerde industrielle revolusjon” er to sider av samme sak. Schwab (2016) mener, som nevnt, at dette er upresist og gjør et skille mellom de to begrepene. Der hvor den fjerde industrielle revolusjon berører det sivile samfunn, styringsstrukturer, næringsliv og menneskets identitet, mener Schwab (2016) at Industri 4.0 først og fremst er knyttet til industri og produksjon.

Jeg vil i det følgende forsøke å tydeliggjøre hva som ligger i Industri 4.0. Nye teknologiske løsninger basert på moderne informasjonsteknologi og begreper som er sentrale i konseptet blir forklart. Figuren nedenfor viser fremtredende teknologiske fremskritt som Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener har ledet til industrielle revolusjoner og Industri 4.0.

**Figur 1:** ”Fire industrielle revolusjoner”, Kagermann, Wahlster og Helbig (2013).



### 3.3.1 Internet of Things (IoT), Cyber-Physical Systems (CPS) og Smart Factories

En av de viktigste pådriverne for Industri 4.0 er ”Industrie 4.0 Working Group” og består hovedsakelig av tyske akademikere, aktører fra næringslivet og politikere. Denne gruppen hevder Industri 4.0 består av følgende tre komponenter: Internet of Things (IoT), Cyber-Physical Systems (CPS) og Smart Factories (Hermann, Otto og Pentek, 2016:3).

Internet of Things (IoT) blir brukt som begrep for å forklare utviklingen der hvor ”ting” og objekt får innebygget elektronikk og kan kobles til internett. Når ting blir utstyrt med elektronikk, sensorer, aktuatorer (en komponent som gjør om elektrisk strøm/spenning til mekanisk bevegelse) og får internetttilgang, har man mulighet å skape en interaksjon mellom ”smarte” komponenter som kan samarbeide om å nå en felles målsetting (Giusto, Iera, Morabito og Atzori, 2010:5). ”Ting” i denne sammenheng består av alt fra selvkjørende kjøretøy med innbygde sensorer, hjertemonitorer som lar seg bli implantert, automatiserte løsninger for lysregulering og ventilasjonssystem til avanserte roboter og maskiner i en produksjonslinje. Det aller meste kan på en eller annen måte kobles til internett i dagens digitale verden. Frey og Osborne (2013) mener Internet of Things er en av de viktigste årsakene til at maskiner blir i stand til å utføre stadig flere oppgaver.

Cyber-Physical Systems (CPS) forener databehandling med fysiske prosesser: *”Cyber-Physical Systems are integrations of computation with physical processes. Embedded computers and networks monitor and control the physical processes, usually with feedback loops where physical processes affect computations and vice versa”* (Lee, 2008:2). CPS er altså med på å bidra til at den virtuelle og fysiske verden smelter sammen og gir nye muligheter i forhold til produksjon og industri. Cyber-Physical Systems utnytter Internet of Things som underliggende infrastruktur. Slike system gjør det blant annet enklere for industribedrifter å styre og overvåke fysiske prosesser. Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener at CPS omfatter smarte maskiner, lagringssystemer, og produksjonsfasiliteter som er i stand til å autonomt utveksle informasjon, utføre oppgaver og kontrollere hverandre. CPS bidrar til en ”end-to-end” integrasjon av verdikjeden, hvor man har kontroll på hele prosessen fra inngående logistikk til produksjon, markedsføring, utgående logistikk og service. Gjennom CPS kan industribedrifter få en mer fleksibel produksjon hvor det blir mulig å utnytte informasjonen som systemet registrerer, til å utvikle skreddersydde løsninger opp mot kundene. Stadig bedre og mer avanserte CPS-system vil kunne føre til ytterligere forbedringer i forhold til produksjon, prosjektering (engineering), materialbruk og ledelse av verdikjeder (Kagermann, Wahlster og Helbig, 2013:5).

Ved å ta i bruk teknologien og ideene som ligger i Internet of Things (IoT) og Cyber-Physical Systems (CPS), vil resultatet i industrisammenheng være en ”smart fabrikk” eller ”Smart Factory”. Et såkalt Smart Factory kan defineres som: ”*A factory that context-aware assists people and machines in execution of their tasks. This is achieved by systems working in background*” (Lucke, Constantinescu og Westkämper, 2008:116). En smart fabrikk benytter altså kontrollsystem til å veilede mennesker og maskiner slik at de kan utføre sine arbeidsoppgaver på en god og effektiv måte. Slike system, altså CPS, styrer de overordnede prosessene ved å motta informasjon fra både den fysiske og virtuelle verden. Dette krever at objektene er tilknyttet hverandre og har mulighet til å utveksle informasjon. I følge Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) vil en smart fabrikk ha bedre forutsetninger til å håndtere kompleksitet og redusere avbrudd enn en tradisjonell fabrikk har. Dette bidrar til å gjøre produksjonen av varer og tjenester mer effektiv. De tyske forskerne mener dessuten at arbeidstakerne i smarte fabrikker blir mindre utsatte for ulykker fordi man får bedre kontroll over prosesser, maskiner og utstyr.

### **3.3.2 Hvilken innvirkning vil Industri 4.0 ha for industri og produksjon?**

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener Industri 4.0 har potensiale til å revolusjonere industrien. De tror digitaliseringen av industrien vil føre til en ny interaksjon mellom alle aktørene og ressursene som inngår i produksjonsprosessen. Det vil bli mer bruk av maskiner og roboter som følge av teknologiske fremskritt. I mange tilfeller vil industribedrifter implementere helautomatiserte løsninger, mens andre ganger vil det legges til rette for et omfattende samarbeid mellom maskiner og mennesker. Medlemmene av Industrie 4.0 Working Group tror Industri 4.0 vil gjøre arbeidshverdagen til industriarbeidere mer interessant og mindre rutinepreget, og at den teknologiske utviklingen vil bidra til at det stilles nye krav til industriarbeidere når det gjelder kompetanse og ferdigheter. Dette skriver jeg mer om i delkapittel 3.6.

En stor del av Industri 4.0 dreier seg om å tolke data. Moderne sensortechnologi gjør at industribedrifter får tilgang til mye mer data enn det som har vært vanlig. Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener disse dataene kan analyseres og utnyttes på mange forskjellige måter. Industribedrifter får mulighet til å overvåke prosesser, de kan bruke informasjonen til å utvikle nye produkter, de kan koordinere produksjonsprosessen mer effektivt og få bedre sikkerhet og kontroll. Alt dette vil til sammen kunne bidra til mer effektive løsninger og høyere produktivitet.

I følge Schwab (2016) vil tilgangen på data føre til store endringer i vedlikeholdsarbeid. Den nye formen for vedlikehold kalles ”predictive maintenance” og handler om å forutse når det er gunstig å sette inn vedlikehold og reparasjoner. Predictive maintenance skjer ved at sensorer monteres til maskineri og utstyr i produksjonen og måler ytelse og tilstand. Dataene som sensorene registrerer sendes automatisk til overordnede kontrollsystem. Ved å analysere denne informasjonen kan man forutse hvilken tilstand maskinene vil være i om en gitt tid og sette inn vedlikehold når det er behov. Analysen vil ofte skje gjennom et samarbeid mellom mennesker med gode analytiske evner og stokastiske algoritmer. Poenget med predictive maintenance er å utnytte ”rett informasjon til rett tid”, og redusere kostbare avbrudd og at maskiner bryter sammen. Predictive maintenance skiller seg fra den mer tradisjonelle formen for vedlikeholdsarbeid, altså ”preventive maintenance”, der man setter inn vedlikehold basert på antakelser om maskinens levetid og kapasitet. Schwab (2016) mener predictive maintenance vil føre til kortere produksjonsstopp, reduserte servicekostnader, økt levetid på maskineri og utstyr og mer sikkerhet på fabrikkene. Dette vil igjen gi bedre økonomisk resultat samlet sett.

### **3.4 Teknologisk utvikling, arbeid, økonomi og samfunn**

Jeg har så langt i teorigjennomgangen fokusert på informasjonsteknologi og teknologiske løsninger som kan få innvirkning på industri og øvrig arbeidsliv. I tillegg har jeg greid ut om konseptet Industri 4.0 som er helt sentralt i mitt forskningsprosjekt. I det følgende vil jeg legge frem forskning og litteratur som tar for seg teknologisk utvikling og dens påvirkning på arbeid, økonomi og samfunnsmessige forhold. Jeg fokuserer hovedsakelig på utfordringer som kan oppstå på grunn av avansert informasjonsteknologi og økt automatisering. Innledningsvis greier jeg ut om den moderne forståelsen av innovasjonsbegrepet og kreativ destruksjon.

#### **3.4.1 Innovasjon og kreativ destruksjon – nøkkelen til at fremtidig arbeid skapes?**

Innovasjon og nyskapning bæres frem av menneskets iboende nysgjerrighet og kreativitet, og er en prosess bestående av prøving og feiling. Mennesker har gjennom hele historien forsøkt å tenke nytt med den hensikt å forbedre egen levestandard og gjøre ting mer effektivt. Den moderne forståelsen av innovasjonsbegrepet er likevel forholdsvis ny. I følge Godin (2015) ble innovasjonsbegrepet forbundet med teknologisk nyskapning først i det tjuende århundret, gjennom arbeidene til Joseph Schumpeter.

Den østerrikske økonomen Joseph Schumpeter blir altså ansett for å være skaperen bak den

moderne forståelsen av innovasjonsbegrepet. Schumpeter (1934) ser på innovasjon som en prosess hvor man introduserer markedet for en teknologisk eller organisatorisk nyvinning. Han mener at innovasjon må betraktes som noe mer enn en ny oppfinnelse alene, og at nyvinningen må være kommersialiserbar. Videre la Schumpeter (1934) vekt på hvordan innovasjon skjer gjennom ”nye kombinasjoner” av ny og/eller eksisterende teknologi og ressurser.

Sentralt i Schumpeters forståelse av innovasjon, ligger ideen om kreativ destruksjon. Med kreativ destruksjon mener Schumpeter (1942) at økonomiske strukturer ødelegger eller destruerer seg selv fra innsiden og legger grunnlaget for nye økonomiske strukturer. Slike omveltninger skjer ved at det utvikles nye innovasjoner som innføres i markedet og som bryter opp den rådende likevekten (Schumpeter, 1942:83). I praksis medfører kreativ destruksjon at etablerte forretningsmodeller går til spille, og gir rom for nye virksomheter og forretningsformer. Schumpeter kritiserte med dette den klassiske tankegangen blant ny-klassiske økonomer som mente at endring av markedets likevekt skyldtes eksogene eller eksterne faktorer (Mitchell, 2014:139-141). For Schumpeter er økonomisk og teknologisk utvikling et resultat av en evolusjonær prosess drevet frem av innovasjon. Den sentrale figuren i denne prosessen er entreprenøren som gjennom sin aktivitet skaper noe kvalitativt nytt ved rekombinasjon eller nye kombinasjoner av allerede eksisterende ressurser (Swedberg, 2007:9).

Kreativ destruksjon blir av mange økonomer og folk fra andre fagdisipliner sett som en forklaring på hvordan teknologi bidrar til å skape nye arbeidsplasser. Nye innovasjoner og teknologi kommer inn og destruerer det etablerte, og frem vokser nye forretningsformer, industrier og arbeidsplasser. Forskere som Brynjolfsson og McAfee (2014) og Atkinson (2016) tror at fremskritt innen informasjonsteknologi vil lede til en form for kreativ destruksjon. Etablerte bedrifter og industrier vil forsvinne som følge av ”nye kombinasjoner”, og det vil samtidig skapes nye virksomheter og industrier gjennom innovasjonene som informasjonsteknologien bidrar til å utvikle. Det forskerne ovenfor derimot ikke er helt enige om, er hvor mange arbeidsplasser som vil skapes gjennom den kreative destruksjonen som stadig mer avansert informasjonsteknologi kan føre til.

### **3.4.2 Teknologisk utvikling og arbeid i nyere historie**

Teknologisk utvikling har alltid hatt innflytelse på arbeid. Mennesket har gjennom hele historien tatt i bruk teknologi for å gjøre ting mer effektivt. Andersen et al. (2005) mener

likevel at den industrielle revolusjon markerer ei skillelinje med tanke på teknologi og dens påvirkning på arbeid. I følge Andersen et al. (2005) ble maskiner primært brukt til fornøyelse og adspredelse frem til midten av 1700-tallet og den begynnende automatiseringen av produksjonsprosesser. Denne historiske begivenheten, altså bruk av maskiner i produksjonen, blir ansett for å være det teknologiske fremskrittet som har hatt aller mest å si for arbeid og organisering av sysselsatte. I følge Brynjolfsson og McAfee (2014) har ingen andre teknologiske fremskritt vært i nærheten av å ha samme betydning for arbeid, samfunn og økonomi.

Den industrielle revolusjon førte til store omveltninger av arbeidslivet og samfunnet. Dette skjedde blant annet som følge av radikale endringer i produksjonsprosesser og organisering av arbeid. Man gikk fra å produsere i små grupper eller alene, til å utvikle fabrikker der et stort antall mennesker samarbeidet under en felles ledelse. Muskelkraft ble erstattet av maskiner og nye redskaper som sørget for en betydelig effektivisering av produksjonen. Samtidig oppstod et nytt forhold mellom arbeid og kapital, hvor arbeidere solgte sin arbeidskraft til eiere av bedrifter i bytte mot utbetalt lønn (Freeman og Louca, 2001:168-177). Disse endringene førte til mye begeistring og optimisme i den britiske befolkningen, men ikke alle var like positive til utviklingen. Mange var redde for teknologisk utvikling og hvordan den bidro til endringer i samfunnet. Dette resulterte i motstand og konflikt.

I årene fra 1811 til 1816 gjorde en sosial bevegelse kalt, luddittene, opprør mot det britiske regimet og fabrikkereiere. Denne bevegelsen bestod i hovedsak av tekstilarbeidere som fryktet at de ville miste sine jobber som følge av teknologisk utvikling (Rosen, 2010:433-441). I disse årene utførte luddittene under ledelse av den myteomspennende og usynlige lederfiguren, Ned Ludd, en rekke angrep på nye tekstilmaskiner og fabrikker. Til slutt klarte den britiske regjeringen å slå ned opprøret, og de dømte flere av luddittene til døden eller deportasjon (Mantoux, 2006:403-408). Ordet "ludditt" blir i dag ofte brukt for å beskrive en som er motstander av teknologiske endringer, eller om en som er pessimistisk i forhold til teknologisk utvikling.

I etterpåklokskapens navn vil mange argumentere for at luddittenes bekymringer var noe overdrevet. Den industrielle revolusjon bidro til økonomisk vekst, nye jobbmuligheter og økt levestandard for mange. På den annen side kan man ha en viss forståelse for at mennesker frykter omfattende endringer som rammer dem selv direkte. Teknologisk utvikling leder som regel til en eller annen form for endring, og endringer preger oss mennesker på mange

forskjellige måter. I følge Amundsen og Kongsvik (2008) kan endringer i arbeidslivet føre til misnøye, motstand og konflikt.

I dag er det bred enighet blant forskere om at den industrielle revolusjon skapte flere nye jobber, enn dem som ble rasjonalisert bort som følge av teknologiske fremskritt. Forskningen til Stewart, Debapratim og Cole (2015) konkluderer med at denne utviklingen har holdt stand siden den gang. De aller fleste er altså enige om at ny teknologi har skapt flere arbeidsplasser samlet sett enn antall jobber som har gått til spille. Til tross for de historiske fakta, har kjente økonomer og forskere argumentert for at en slik utvikling ikke vil kunne pågå i all evighet.

Den velkjente britiske økonomen, John Maynard Keynes, mente at teknologiske fremskritt ville bidra til å endre menneskets rolle i arbeidslivet. I et essay kalt, "Economic Possibilities for our Grandchildren", hevdet han at teknologisk utvikling og automatisering på sikt ville gjøre behovet for menneskelig arbeidskraft mindre. Keynes kom med følgende spådom: "*We are being afflicted with a new disease of which some readers may not yet have heard the name, but of which they will hear a great deal in the years to come – namely, technological unemployment*" (Keynes, 1930:3). Keynes lanserte altså begrepet, technological unemployment. I dette begrepet lå antagelsen om at maskiner og roboter ville gjøre menneskelig arbeidskraft overflødig i fremtiden, og at arbeidsuken til dem som fortsatt var i arbeid ville bli dramatisk mye kortere. Til tross for denne spådommen var Keynes likevel svært optimistisk i forhold til teknologisk utvikling på lengre sikt. Han spådde at mennesker ville leve i et "teknologisk utopia" hvor maskiner og roboter gjorde mesteparten av jobben innen rundt hundre år. I et slikt samfunn ville folk få langt mer fritid og mulighet til fordype seg i litteratur, vitenskap, kunst og andre fritidsaktiviteter. Det Keynes derimot var meget bekymret for, var hvordan teknologisk utvikling ville påvirke samfunnet i nær fremtid. Han var redd at folks ferdigheter ikke ville henge med på hastigheten til den teknologiske utviklingen, og at dette vil føre til økt arbeidsløshet og større økonomiske forskjeller. Keynes var dessuten usikker på om samfunnsinstitusjonene og det politiske apparatet vil holde tritt med teknologiutviklingen (Brynjolfsson og McAfee, 2014:177-178).

Tar man dagens arbeidsmarked og teknologiske løsninger i betraktning, er det er lite som tyder på at Keynes vil få rett i sin spådom om at maskiner og roboter vil erstatte det meste av menneskelig arbeidskraft innen 2030. Brynjolfsson og McAfee (2014) mener likevel at Keynes begrep, technological unemployment, fortjener å bli viet oppmerksomhet på nytt. De hevder at stadig mer avansert informasjonsteknologi og nye muligheter innen automatisering



og robotisering har ført til at økonomer og forskere har begynt å stille nye spørsmål. Et av spørsmålene som kan relateres til technological unemployment, er om vi for første gang i historien vil være vitne til at antall arbeidsplasser som forsvinner gjennom teknologisk utvikling overstiger antall jobber som skapes. Brynjolfsson og McAfee (2014) har ikke noe klart svar på dette spørsmålet, og mener man må ta tiden til hjelp for å få en avklaring. De to forskerne har likevel kommet frem til følgende poeng: Det finnes ikke en økonomisk lov som sier at teknologisk utvikling vil skape flere jobber enn antallet som destrueres. Selv om historien har vist at det har vært slik frem til nå, trenger ikke dette å gjenta seg. Det er heller ingen lov som sier at teknologiske fremskritt vil gagne alle i samfunnet.

### **3.4.3 Er endringer i økonomien et bevis på at informasjonsteknologi er annerledes?**

Brynjolfsson og McAfee (2014) har ikke kommet frem til poengene ovenfor uten å basere seg på et datamateriale. De mener statistikk viser at økonomiske forhold er i ferd med å endre seg i industrialiserte land, og at dette legitimerer deres spørsmål rundt technological unemployment. Brynjolfsson og McAfee (2014) benytter målinger av bruttonasjonalprodukt (BNP) pr. innbygger, medianinntekt pr. innbygger, produktivitet (labor productivity) og antall jobber for å vise at den amerikanske økonomien har endret seg<sup>4</sup>. I mer enn tre tiår etter andre verdenskrig steg disse økonomiske størrelsene parallelt i nærmest perfekt takt, men fra midten av 1970-tallet begynte noe å skje. Medianinntekten pr. innbygger stagnerte samtidig som BNP pr. innbygger fortsatte å stige markant. Frem til 1999 steg medianinntekten pr. innbygger i USA svært lite, og den har siden blitt redusert dersom man justerer for inflasjon (Brynjolfsson og McAfee, 2014:132).

BNP pr. innbygger er å betrakte som et gjennomsnitt av lønnen til alle arbeidstakerne i et gitt land. Gjennomsnittslønnen pr. innbygger beregnes ved å ta totalsummen av et lands lønninger og dividere med antall arbeidstakere. En slik beregning kan gi et skjevt bilde av hvor sunn en økonomi egentlig er. Følgende eksempel viser dette: Vi tenker oss at ti bankansatte sitter i en bar og hver av dem tjener 30 000 dollar i året. For de ti bankmennene er både median- og gjennomsnittsinntekten den samme, altså 30 000 dollar. Inn stormer banksjefen og endrer situasjonen radikalt. Nå har gjennomsnittslønningen for de elleve skutt i været, mens medianinntekten fortsatt er den samme. I følge Brynjolfsson og McAfee kan dette eksempelet overføres til hele den amerikanske økonomien (Brynjolfsson og McAfee, 2014:132). En

---

<sup>4</sup> Tallene som Brynjolfsson og McAfee benytter i sine analyser, er hentet fra U.S. Department of Labor (Brynjolfsson og McAfee, 2014:133).

enorm lønnsvekst hos de på toppen av pyramiden har sørget for at BNP pr. innbygger har fortsette å stige, mens medianinntekten pr. innbygger har flatet ut.

Det endrede forholdet mellom produktivitet og sysselsetting i privatsektoren er enda et materiale som viser at den amerikanske økonomien har endret seg. Veksten i antall jobber i privatsektoren har stagnert samtidig som at produktiviteten har fortsatt å stige. Disse grafene, altså henholdsvis ”labor productivity” og ”private employment”, fulgte hverandre frem til 1997 (Brynjolfsson og McAfee 2014:165). Dette fenomenet blir av mange økonomer kalt for ”the Great Decoupling”, og er i følge Brynjolfsson og McAfee (2014) ikke særegent for USA (se figur 3 i appendiks). De samme tendensene der økonomiske forskjeller øker, og der antall jobber i privatsektoren og produktiviteten ikke lenger stiger parallelt, ser vi i de fleste utviklede land. De økonomiske ulikhetene har blant annet steget i land som Tyskland, Sverige og Finland (Brynjolfsson og McAfee, 2014:133).

Brynjolfsson og McAfee (2014) er enige med andre økonomer og forskere om at globalisering og politikk har vært med å bidra til ”the Great Decoupling” og større økonomisk ulikhet. De mener at flytting av arbeidsplasser til lavkostnadsland og reduserte skatter og avgifter for store multinasjonale selskap er deler av forklaringen på hvordan produktiviteten kan øke samtidig som arbeid i privatsektoren reduseres. Men slike tradisjonelle forklaringer utelater i følge Brynjolfsson og McAfee den aller viktigste faktoren: ”(...) *the main driver is exponential, digital, and combinatorial change in technology that undergirds our economic system*” (Brynjolfsson og McAfee, 2014:133). Brynjolfsson og McAfee (2014) hevder altså at informasjonsteknologi og mer automatisering/robotisering gir grunnlag for en produktivitetsøkning. Andelen av verdiskapningen til vanlige arbeidsfolk står i fare for å bli redusert da det blir mindre behov for menneskelig arbeidskraft. De forventer at denne utviklingen vil fortsette i et enda raskere tempo. Til tross for slike prediksjoner, er Brynjolfsson og McAfee (2014) svært positive til teknologisk utvikling. De mener ny teknologi kan bidra til å løse store verdensproblemer som global oppvarming, matproduksjon og utrydde sykdommer. De to forskerne fra MIT er på ingen måte motstandere av teknologiske innovasjoner, men mener det er viktig å gjøre folk bevisste om at den stadig mer avanserte informasjonsteknologien kan føre til utfordringer i form av økonomisk ulikhet og arbeidsløshet. Ved å starte diskusjonen rundt teknologisk utvikling nå, vil samfunnet ha mulighet til å styre utviklingen i riktig retning og sikre en mer rettferdig fordeling av verdiskapningen, mener Brynjolfsson og McAfee (2014).

Er så forskningen til Brynjolfsson og McAfee (2014) relevant for norsk industri og Hydro i Sunndal? Går vi til regjeringens nye industrimelding, ser vi at norsk industri har hatt en formidabel produktivitetsvekst de siste førti årene. Samtidig påpeker meldingen at antall sysselsatte i industrien i Norge, i følge Statistisk sentralbyrå, har falt med nesten 33 % i samme periode (Meld. St. 27 (2016-2017)). Industrimeldingen bruker norsk aluminiumindustri som et eksempel på en bransje der produksjonsvolumet pr. ansatt har vokst betydelig over tid. Det vises til at nye teknologiske løsninger og endringer i organisasjonsformene har ført til kraftig effektivisering med den følge at mange industribedrifter trenger færre ansatte i produksjonen. Vi ser altså likhetstrekk mellom Norge og andre industrialiserte land. Brynjolfsson og McAfee (2014) sin forskning og prediksjoner er dermed aktuelle også for norske forhold. I mitt prosjekt er særlig tesen om at moderne informasjonsteknologi vil føre til redusert behov for menneskelig arbeidskraft i industrien og øvrig arbeidsliv interessant. Norsk aluminiumindustri operer i en internasjonal konkurranse der man nettopp må ta i bruk informasjonsteknologi og andre teknologiske løsninger for å oppnå positive tall på bunnlinja. Mitt anliggende er å undersøke om det er sannsynlig at Hydro i Sunndals satsning på konseptet Industri 4.0 kan føre til reduserte behov for menneskelig arbeidskraft på metallverket. I klartekst blir spørsmålet om stadig mer avansert informasjonsteknologi, automatisering og robotisering vil føre til dette. Dermed blir det relevant å ta utgangspunkt i forskningen til Brynjolfsson og McAfee (2014).

#### **3.4.4 Vil informasjonsteknologi og Industri 4.0 erstatte mennesker i arbeidslivet?**

Maskiner, roboter og programvare har erstattet mennesker eller hjulpet folk å utføre arbeidsoppgaver i lang tid. Automatisering og robotisering er som nevnt ikke nye fenomen. IKT-utviklingen mot slutten av 1960-tallet gjorde det mulig for bedrifter å ta i bruk ny teknologi for å effektivisere produksjonen, gjøre arbeidsoppgavene tryggere og gi bedre inntjening. Mange mener de siste års fremskritt innen informasjonsteknologi vil føre til at automatiseringsgraden skyter ytterligere fart, og at vi derfor står ovenfor store endringer i arbeidslivet. Jeg vil i det følgende se nærmere på forskning hvor det er forsøkt å finne ut hvordan digitalisering og stadig mer avansert informasjonsteknologi påvirker arbeid. Det meste av denne forskningen foregår på samfunnsnivå, men jeg forsøker å kontekstualisere ved å knytte opplysninger fra flere av studiene til aluminiumproduksjon. Jeg mener forskningen som presenteres fungerer som en god introduksjon til temaet i min oppgave.

Schwab (2016) hevder at moderne informasjonsteknologi og digitalisering, eller den fjerde industrielle revolusjon som han kaller det, til nå har skapt færre jobber i nye industrier enn det

tidligere industrielle revolusjoner gjorde. Han viser til en rapport fra Oxford Martin Programme on Technology and Employment, som har kommet frem til at bare 0.5 prosent av amerikanske arbeidstakere jobber i industrier som ikke eksisterte før årtusenskiftet. Dette er en betydelig nedgang sammenlignet med tall fra siste tiår i forrige århundre. Åtte prosent av nye jobber ble skapt i nye industrier gjennom 1980-tallet, og tilsvarende tall gjennom 1990-tallet var på om lag fem prosent. Schwab mener dette tyder på at innovasjon knyttet til informasjonsteknologi så langt har ført til en produktivitetsøkning fremfor å skape nye produkter: ”...*innovations in information and other disruptive technologies tend to raise productivity by replacing existing workers, rather than creating new products needing more labor to produce them*” (Schwab, 2016:38).

I 2013 publiserte Frey og Osborne fra University of Oxford artikkelen, ”The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Automation?”. I denne artikkelen forsøkte de to professorene å beregne hvor stor sannsynlighet det er for at jobber i USA vil kunne bli utført av maskiner, roboter og dataprogram i løpet av de neste ti til tjue årene. Frey og Osborne valgte å dele yrkene inn i følgende kategorier: ”...high, medium and low risk occupations, depending on their probability for computerisation” (Frey og Osborne, 2013:37-38).

For å komme frem til sannsynligheten for de ulike yrkene, brukte Frey og Osborne (2013) informasjon og arbeidsbeskrivelser om 702 yrker fra nettsidene til US Department of Labor. De arrangerte en workshop med andre forskere innen maskinlæring hvor de forsøkte å finne ut hvorvidt spesifikke arbeidsoppgaver innen hvert yrke vil la seg automatisere eller ikke. De ulike vurderingene fra workshopen ble deretter plottet inn i en avansert matematisk modell som gjorde det mulig å beregne sannsynligheten for automatisering (computerisation) for de ulike yrkene. Frey og Osborne (2013) har gjennom sin modell kommet frem til at 47 prosent av yrkene i det amerikanske jobbmarkedet kan plasseres i kategorien ”high risk occupations”. De tror altså at det i løpet av ti til tjue år vil finnes teknologiske løsninger som gjør det mulig å automatisere om lag halvparten av dagens yrker i USA. Frey og Osborne (2013) understreker at de ikke tar hensyn til politiske og sosiale forhold som kan bremse eller forhindre teknologisk utvikling og økt automatiseringsgrad i sin studie.

I følge Frey og Osborne (2013) er arbeidstakere med lite utdanning i lavtlønnede yrker mest truet av automatisering og digitalisering. De mener dette skyldes at slike yrker ofte er rutinepregede og krever lite kreativitet og sosial interaksjon. Kreativitet, interaksjon og sosial intelligens blir trukket frem som egenskaper hos mennesker det er vanskelig å overføre til

maskiner og roboter. Frey og Osborne (2013) mener at yrker innen transport, logistikk og produksjon er særlig utsatte for automatisering de neste ti til tjue årene. Det samme gjelder rutinepregede kontor- og administrasjonsjobber der avansert software kan implementeres. Figur 2 i appendiks viser hvor ulike yrkesgrupper er plassert i forhold til kategoriene som Frey og Osborne (2013) har kommet frem til (low risk, medium risk og high risk). De to forskerne har her foretatt en grovinndeling av yrkene i det amerikanske arbeidsmarkedet.

Anders Ekeland fra Statistisk Sentralbyrå har sammen med to finske forskere analysert hvordan digitalisering vil påvirke ulike yrker i Norge og Finland de neste tjue årene. De baserer seg på fremgangsmåten og modellen til Frey og Osborne (2013), men bruker opplysninger og informasjon fra det norske og finske arbeidsmarkedet (Ekeland, Rouvinen og Pajarinen, 2014:11). I deres rapport, "Computerization and the Future of Jobs in Norway", konkluderes det med at en tredjedel av norsk sysselsetting i stor grad vil bli utsatt for automatisering (digitalisering) de neste tjue årene. De tre forskerne mener at lavtlønnede yrker som krever lite kompetanse er mest utsatt, men understreker at digitalisering vil påvirke alle yrker og bransjer. Tjenesteyrker og yrker i offentlig sektor blir vurdert for å være mindre utsatt for digitalisering og automatisering enn industrijobber og yrker i privat sektor (Ekeland, Rouvinen og Pajarinen, 2014:2). Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) tror at samfunnet på kort sikt kan oppleve tilpasningsproblemer, ettersom at jobber vil bli automatisert raskere enn økonomien klarer å skape nye arbeidsplasser. De tror likevel ikke at digitalisering vil føre til stor arbeidsløshet på sikt, og forklarer dette med at arbeidskraften som frigjøres vil bli overført til andre økonomiske aktiviteter. For å være i forkant av den digitale utviklingen, mener forskerne at arbeidstakernes kompetanse og endringsevne må bedres gjennom relevant utdanning og opplæring.

I rapporten til Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) ligger en oversikt som viser sannsynlighetene for automatisering/digitalisering for ulike yrker i Norge. Jeg har brukt denne oversikten og sett nærmere på konkrete yrker som inngår i aluminiumproduksjonen ved Hydro i Sunndal. Tabellen nedenfor viser sannsynligheten for automatisering for et utvalg av relevante yrker i aluminiumproduksjon:

**Tabell 1:** Tallene er hentet fra rapporten til Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014). Sannsynlighetsinndelingen er som følger: 0 = ikke sannsynlig og 1 = svært sannsynlig.

Yrkestittel	Antall jobber	Sannsynlighet for automatisering
Operatører innen kjemisk industri	11840	0.845
Kontrolloperatører innen kjemisk industri	351	0.850
Operatører innen metallurgiske prosessfag	11193	0.880
Kontrolloperatører innen metallproduksjon	373	0.880
Andre stasjonære maskinoperatører	283	0.922
Sivilingeniører (industri og produksjon)	709	0.029
Sivilingeniører (kjemi)	675	0.017
Arbeidsleder industri	1359	0.016
Sivilingeniører (elkraftteknikk)	2676	0.100

Opplysningene i Tabell 1 indikerer at operatørjobber i industrien med stor sannsynlighet vil være utsatt for automatisering i løpet av de neste tjue årene. Videre ser man at sannsynligheten for automatisering av ingeniørjobber og lederstillinger i industrien er svært lav (Ekeland, Rouvinen og Pajarinen, 2014). Dette tyder på at operatørjobbene har blitt vurdert til å være mer rutinepregede enn leder- og ingeniørjobber. I tillegg kreves det stort sett mer utdanning for å bli industrileder og ingeniør enn det gjør for å bli operatør. Når det gjelder behovet for kreativitet, har dette også innvirkning på hvor utsatt et yrke er for automatisering. Forskerne ser i dette tilfelle ut til å mene at det er beskjedent behov for kreativitet og nyteknisk i operatørjobber. Disse faktorene har trolig vært utslagsgivende for sannsynlighetsberegningene.

Forskningsrapporten til Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) tar for seg hele det norske arbeidsmarkedet, og er ikke spesielt beregnet på aluminiumindustrien. Dette medfører at mange av yrkene finnes i flere industrier og bransjer. ”Kontrolloperatører innen

metallproduksjon” er ikke et yrke som utelukkende finnes i aluminiumbransjen. Det samme gjelder resten av yrkene jeg har tatt med i tabellen. At Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) ikke har gjort et tydelig skille mellom bransjer, gjør at man kan stille spørsmål til forskningens reliabilitet og presisjonsnivå. På den annen side ville det trolig vært umulig å gjennomføre en slik studie dersom man hadde knyttet yrkene opp mot alle bransjer som finnes i arbeidsmarkedet på grunn av varierende kontekst og høy kompleksitet. Jeg mener funnene i studien er interessante, men at man som nevnt kan stille spørsmål ved presisjonsnivået.

Forskningen jeg har presentert ovenfor, altså artikkelen til Frey og Osborne (2013) og indirekte rapporten til Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014), har blitt kritisert fra flere hold. Arntz, Gregory og Zierahn (2016) hevder i en artikkel på oppdrag fra OECD at antall jobber som er i faresonen for å bli automatisert de neste tiårene er betydelig lavere enn det Frey og Osborne (2013) har kommet frem til. Deres beregninger viser at kun ni prosent av jobbene i USA i stor grad risikerer å bli automatisert, og den tilsvarende prosentandelen for norske arbeidsplasser er på ti prosent. Forskningen til Frey og Osborne (2013) blir kritisert for å ikke klare å fange opp at yrker som regel består av mange arbeidsoppgaver. Selv om noen av arbeidsoppgavene for enkelte yrker kan automatiseres, vil andre oppgaver fremdeles måtte utføres av mennesker (Arntz, Gregory og Zierahn, 2016:7). Arntz, Gregory og Zierahn (2016) mener derfor det er lite sannsynlig at digitalisering og økt automatiseringsgrad vil bety slutten for et stort antall jobber. Samtidig er de enige med Frey og Osborne (2013) og mange andre i forskningslitteraturen om en ting – de med minst ferdigheter og utdanning vil være mest utsatt for endringer i arbeidsmarkedet forårsaket av teknologisk utvikling.

Autor (2015) frykter ikke at det blir for lite jobber i fremtiden. Han tror moderne informasjonsteknologi og automatisering vil følge den samme ruten som ved tidligere teknologiske sprang. Det vil med andre ord bli skapt nok nye jobber som sørger for å holde arbeidsledigheten nede. Autor (2015) tror likevel at digitalisering og dagens teknologisk utvikling vil føre til en del utfordringer. Han mener at fremtidens arbeidstakere vil trenge mer kompetanse og flere ferdigheter. Det vil derfor være nødvendig å utvikle et bedre utdanningstilbud hvor det faglige innholdet er tilpasset tiden og moderne teknologi. I tillegg kan det bli nødvendig å tenke nytt i forhold til redistribusjon av verdier slik at man unngår større økonomisk ulikhet.

Atkinson (2016) mener det er en myte at informasjonsteknologi og fremskritt innen kunstig intelligens vil gi økt arbeidsløshet. Han hevder at forkjempere av et slikt syn er historieløse og

bidrar med unødvendig skremselspropaganda. Slik Atkinson (2016) ser det, vil informasjonsteknologi på lik linje med tidligere teknologier bidra til forsiktig produktivitetsvekst og ha lite effekt på det totale antallet jobber. Han tror digitalisering og informasjonsteknologi vil skape nye arbeidsplasser og nye industrier vi enda ikke vet om. I tillegg vil en produktivitetsøkning føre til ny etterspørsel som i sin tur skaper nye jobber. På denne måten vil likevekten i markedet opprettholdes. Dette minner for øvrig mye om Schumpeters kreative destruksjon som mange økonomer og forskere i andre disipliner velger å feste sin lit til. Ford (2015) mener på sin side at Atkinson og andre økonomer begår en feilslutning ved å sammenligne informasjonsteknologi med tidligere teknologier. Han kritiserer mange økonomer for at de tror historien gjentar seg og at dagens teknologiske utvikling vil utspilles på nøyaktig samme måte som tidligere:

*The question of whether smart machines will someday eclipse the capability of average people to perform much of the work demanded by the economy will be answered by the nature of the technology that arrives in the future – not by lessons gleaned from economic history (Ford, 2015:61).*

Forskningen jeg har presentert i det foregående, viser at det er store uenigheter blant akademikere og forskere i synet på hvordan informasjonsteknologi, digitalisering og automatisering vil påvirke arbeidslivet. Til tross for denne uenigheten, er de samme forskerne enige om at arbeidstakere med lite utdanning og begrensede ferdigheter er de som er mest utsatt for å bli erstattet av maskiner, roboter og dataprogram (Brynjolfsson og McAfee, 2014; Frey og Osborne, 2013; Arntz, Gregory og Zierahn, 2016; Ford, 2015; Schwab, 2016 og Autor, 2015).

### **3.4.5 Mennesker versus maskin – finnes det menneskelige konkurransefortrinn?**

Teknologisk utvikling har de siste femti årene ført til at maskiner, roboter og dataprogram kan utføre stadig mer komplekse oppgaver. Til tross for store fremskritt innen informasjonsteknologi, automatisering og robotisering, er mennesker fremdeles flinkere til å løse mange oppgaver enn maskiner og roboter. Jeg vil i det følgende greie ut om egenskaper hos mennesker som forskere mener det er vanskelig for teknologien å adaptere.

Frey og Osborne (2013) har identifisert tre områder hvor mennesker fremdeles er langt flinkere enn maskiner, roboter og dataprogram. De tre områdene kan ses på som flaskehals for digitalisering og automatisering, og består av *persepsjon og manipulering, kreativitet og sosial intelligens*.



Persepsjon og manipulering omfatter oppgaver som krever gode fingerferdigheter. Fingerferdighet er i denne sammenheng evnen til å koordinere og utføre presise bevegelser med hendene for å gripe, manipulere eller montere små objekter. I følge Frey og Osborne (2013) er mennesker fremdeles flinkere enn dagens roboter til å utføre arbeidsoppgaver som krever fingerferdigheter. Dersom oppgaven i tillegg må utføres i trange og rotete omgivelser, vil dette gjøre at mennesker egner seg mye bedre enn roboter. Et godt eksempel på en slik arbeidsoppgave, er montering av rør under vasken på et trangt og rotete bad. I følge Frey og Osborne er dette en jobb for rørleggere i lang tid fremover (Frey og Osborne, 2013:31).

Når det gjelder kreativitet, har vi mennesker et betydelig fortrinn vis a vis dagens maskiner og roboter. Frey og Osborne (2013) mener at mennesket har en unik evne til å komme opp med smarte løsninger i gitte situasjoner og finne kreative løsninger på komplekse problemer. Maskiner og roboter gjør stadig fremskritt på dette feltet, men det vil ta lang tid før teknologien er på samme nivå som oss mennesker. Mennesker er dessuten betydelig bedre enn maskiner og programvare til å tenke utenfor boksen: *”Computers and robots remain lousy at doing anything outside the frame of their programming”* (Brynjolfsson og McAfee, 2014:192).

Sosial intelligens er en annen egenskap det er vanskelig å overføre til maskiner og roboter. Frey og Osborne (2013) mener at menneskets evne til å oppfatte og forstå andres reaksjoner og væremåte er fraværende i dagens teknologiske løsninger. De mener at sosial intelligens gjør det naturlig for mennesker å gi følelsesmessig støtte til andre. Det er særdeles vanskelig å programmere roboter og maskiner til å få genuine emosjonelle egenskaper slik vi mennesker har. Om det er behov for emosjonalitet i industrisammenheng er dog diskutabelt.

Mye av det mennesker gjør i den fysiske verden har maskiner og roboter svært vanskelig for å mestre. Den kjente professoren innen datavitenskap, Hans Moravec, gjorde følgende observasjon i hans arbeider vedrørende informasjonsteknologi og robotisering: *”(...) it is comparatively easy to make computers exhibit adult-level performance on intelligence tests or playing checkers, and difficult or impossible to give them the skills of a one-year-old when it comes to perception and mobility”* (Moravec, 1988:15). Denne observasjonen har i ettertid blitt kjent som Moravecs paradoks. Dette paradokset går ut på at det som i utgangspunktet virker enkelt med bruk av informasjonsteknologi, ofte er svært vanskelig å få til, mens det som i utgangspunktet virker vanskelig, ofte er enklere å lykkes med. I dag vil dataprogram som ”Stockfish” slå Magnus Carlsen i 96 av 100 sjakkpartier (Foss Olsen, 2016). Samtidig

finnes det ikke roboter som er i nærheten av å ha like avanserte bevegelser og sanser som små barn. Dette er et godt eksempel på Moravecs paradoks i praksis.

Moravecs paradoks er en av grunnene til at forskere mener kognitive arbeidsoppgaver ofte er mer utsatt for automatisering enn mange fysiske og manuelle oppgaver (Frey og Osborne, 2013 og Ford, 2015). Ford (2015) mener det er svært vanskelig å utvikle maskiner eller roboter som er i stand til å løse de fysiske arbeidsoppgavene til for eksempel gartnere, rørleggere eller snekkere. Slikt arbeid byr på krevende motorikk- og sanseutfordringer, og er dessuten gode eksempel på typisk håndverksarbeid som har et betydelig innslag av læring i praksis. Store deler av kunnskapen som tilegnes i slikt arbeid er taus. Polanyis paradoks, *"we can know more than we can tell"*, blir derfor relevant i denne sammenhengen. Polanyi (1966) mente at kunnskapen som kreves for å utføre en oppgave ofte ikke kan uttrykkes eksplisitt og læres gjennom teori, men må tilegnes gjennom praktisk utførelse. Det er svært vanskelig å uttrykke hva taus kunnskap består av med ord og tall. Dette gjør at det blir utfordrende, og i noen tilfeller umulig, å utvikle programvare som skal utføre oppgaver der taus kunnskap kreves. Ford (2015) mener derfor at det ofte er enklere å automatisere kognitive oppgaver som utføres i såkalte *"white-collar jobs"* enn uforutsigbart manuelt arbeid med innslag av taus kunnskap. Eksempler på *"white-collar jobs"* er kontorister, regnskapsmedarbeidere, assistenter i advokatbyråer, servicemedarbeidere og folk som gjør forholdsvis enkle analyser i bank- og finanssektoren. Med andre ord, typiske kontorjobber som er forholdsvis rutinepregede.

En kombinasjon av Moravec og Polanyi sine paradoks betyr likevel ikke at fysiske og manuelle arbeidsoppgaver i industriektoren er skånet for automatisering. Historien har vist at industrien er ett av områdene hvor det har blitt automatisert aller mest. I følge Schwab (2016) skyldes dette at arbeidsoppgavene i industri i stor grad har vært mekanisk gjentakende og manuelle. Chui, Manyika og Miremadi (2016) mener det er viktig å skille mellom forutsigbart og uforutsigbart fysisk arbeid, og at denne distinksjonen er avgjørende for hvorvidt automatisering er mulig eller ikke. Det fysiske og manuelle arbeidet til industriarbeidere er ofte nokså rutinepreget, forutsigbart og skjer i relativt stabile omgivelser. Hvordan man løser oppgavene er i stor grad forhåndsavklart, selv om det selvsagt kan oppstå situasjoner hvor man må improvisere som ved produksjonsstans eller vedlikeholdsarbeid. Ettersom arbeidsoppgavene er konkrete og rutinepregede, vil automatisering i mange tilfeller være mulig. For rørleggere eller gartnere, derimot, er situasjonen annerledes. Her er det fysiske arbeidet langt mer uforutsigbart, og man er ikke bundet av de samme rutinene. Omgivelsene

varierer dessuten i mye større grad enn hva de gjør i industrien.

Forskere mener altså at mennesker er flinkere enn maskiner og roboter til å løse oppgaver som involverer persepsjon og manipulering, kreativitet og sosial intelligens (Frey og Osborne, 2013; Brynjolfsson og McAfee, 2014 og Schwab, 2016). Historisk sett har teknologi i stor grad blitt brukt til å erstatte fysisk arbeidskraft der arbeidsoppgavene er rutinepregede og forhåndsbestemte. Dette vil sannsynligvis fortsette å prege både industrisektoren og andre sektorer i tiden fremover. Det nye med moderne informasjonsteknologi, er at stadig flere kognitive arbeidsoppgaver vil kunne automatiseres.

### **3.5 Samarbeidende maskiner og roboter i industrien**

Maskiner og roboter i industrien har tradisjonelt vært store av størrelse, farlige for mennesker å være i nærheten av og ofte programmert til å utføre en enkelt forhåndsbestemt oppgave. Dette kan se ut til å være i ferd med å endre seg. Robotutviklere og kybernetikere har de siste årene jobbet med å utvikle en ny generasjon av roboter som kan implementeres i de fleste industrier. De nye robotene er smartere, mer mobile, mindre rent fysisk og legger til rette for et omfattende samarbeid mellom menneske og maskin som ofte blir kalt "human-machine collaboration" i forskningslitteraturen (Hagerty, 2015).

Mange av de store robotprodusentene, blant annet ABB Ltd of Switzerland, Rethink Robotics Inc. og Kuka Robotics, har bevilget store beløp til utvikling av samarbeidende roboter. Slike roboter utstyres med sensorer, kameraer og annen teknologi for å kunne implementeres i produksjonsprosesser uten å være i veien for mennesker og annen aktivitet. I tillegg skal robotene være enkle å programmere og i stand til å utføre flere oppgaver (Hagerty, 2015). Samarbeidende roboter skal dessuten være kapable til å utføre operasjoner som krever smidighet og finmotorikk. En slik utvikling gjør at bruksområdet utvides betydelig, og at de klare skillelinjene mellom arbeidsoppgaver som egner seg for mennesker og maskiner brytes opp (Hagerty, 2015). Per Vegar Norseth, visepresident i ABB Ltd tror samarbeidende roboter vil føre til at flere industrier begynner å bruke robotteknologi i produksjonsprosessene (Hagerty, 2015).

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) hevder Industri 4.0 vil føre til et paradigmeskifte når det gjelder interaksjonen mellom menneske og maskin i industrisammenheng. De tror at mennesker vil samarbeide med maskiner og roboter på en langt mer omfattende måte, og at slike samarbeid gir nye muligheter. En tettere interaksjon mellom menneske og maskin kan

gjøre det mulig å løse mer avanserte og komplekse arbeidsoperasjoner. Dette vil i følge Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) gi økt effektivitet og produktivitet. Samtidig reduseres sannsynligheten for skader, feilproduksjon og annen form for svikt.

Mennesker har frem til nå stått for mye av den endelige monteringen av sluttprodukter og halvfabrikata (særlig i tilfeller der det er snakk om å få små deler og komponenter på plass). Hagerty (2015) mener ny robotteknologi med fokus på "human-machine collaboration" ser ut til å bryte opp denne arbeidsinndelingen. Han mener roboter vil bli i stand til å utføre oppgaver hvor det er snakk om montering av mindre komponenter, og i tillegg vil de jobbe tettere på mennesker uten at det er fare for kollisjoner og skader. Denne utviklingen gjør at flere industrier kan ta i bruk roboter. Det vil nok likevel være store variasjoner mellom industrier og bransjer. Dagens roboter har for eksempel store problemer med å løse oppgaver som involverer manipulering av fleksible og myke materialer (Hagerty, 2015).

I et samarbeid mellom menneske og maskin er det innlysende at mennesket fortsetter å være en viktig faktor. "Human-machine collaboration" representerer derfor et alternativ til tesen om at teknologisk utvikling på sikt vil gjøre mennesker overflødige i arbeidslivet. Atkinson (2016) mener dagens informasjonsteknologi fører til mer "human-machine collaboration", og at frykten for at arbeidsplasser skal forsvinne i hopetall derfor er irrasjonell og sterkt overdrevet. Ford (2015) er derimot skeptisk til at samarbeidet mellom mennesker og maskiner vil sikre og skape nye arbeidsplasser. Han hevder at informasjonsteknologi og digitalisering bare vil bidra til et beskjedent antall nye jobber hvor mennesker samarbeider med maskiner, og at slike samarbeid hovedsakelig vil oppstå i jobber som allerede eksisterer. Slik Ford (2015) ser det, er "human-machine collaboration" i mange tilfeller et steg på veien til helautomatiserte løsninger.

Ford (2015) mener at mange arbeidstakere som samarbeider med maskiner, er med på å utvikle nye teknologiske løsninger og dataprogram gjennom å utføre sine daglige arbeidsoppgaver og rutiner. I jobber der man anvender en eller annen form for programvare, kan arbeidsprosessen "overvåkes" og lagres ved hjelp av egne dataprogram. Denne informasjonen kan i sin tur benyttes til å utvikle ny programvare og algoritmer som er i stand til å løse de samme arbeidsoppgavene uten hjelp fra mennesker. Ford (2015) mener dette kan gjøres for både kognitive arbeidsoppgaver og manuelt arbeid. Ingeniører kan for eksempel "overvåke" hvordan en operatør styrer en robotarm og utfører en oppgave, og ved hjelp av moderne sensorer registrere og beregne hvordan bevegelsene utføres. Disse dataene kan

gjennom programmering brukes til å utvikle programvare som gjør robotarmen i stand til å utføre oppgaver uten at mennesker styrer den.

### **3.6 Nye krav til fremtidens arbeidstakere som følge av teknologisk utvikling**

Teknologisk utvikling har ført til at nye krav stilles til arbeidstakere når det gjelder ferdigheter, utdanning og kvalifikasjoner. Den industrielle revolusjon gjorde at den vestlige verden gikk fra å være et jordbrukssamfunn til å basere seg på industri, og utover 1900-tallet forlot mange industriarbeidere industrien til fordel for jobber i servicesektoren (Autor, 2015: 5-6). De som fortsatt jobber i industrien, har opplevd at arbeidshverdagen har fått et nytt innhold. I dag kreves det mer kompetanse og kunnskap i de aller fleste industrier enn for femti år siden. Den vestlige verden har gradvis blitt transformert til ett kunnskapssamfunn. Viktige spørsmål som reises i dag på grunn av teknologiske utvikling, er om stadig mer avansert informasjonsteknologi og Industri 4.0 gjør det nødvendig med mer kompetanse i industri og øvrig arbeidsliv? Og hvilken type kompetanse vil dette i så fall dreie seg om?

Schwab (2016) tror digitaliseringen av arbeidslivet vil stille nye krav til fremtidens arbeidstakere med tanke på ferdigheter og utdanning. Han mener folk må øke kunnskapsnivået når det kommer til databehandling og interaksjon med maskiner. Utdanningsinstitusjoner bør legge til rette for slik opplæring fra tidlig alder slik at man sikrer at folk får en solid kunnskapsbase. Schwab (2016) mener mange arbeidstakere vil gå fra å utføre manuelle oppgaver til å overvåke og analysere prosesser. Dette gjelder særlig industriarbeidere. Han mener derfor at det vil stilles høyere krav til industriarbeidernes analytiske evner. Med et større fokus på statistikk, praktisk matematikk og statistisk analyse i utdanningsløpet vil fremtidens arbeidstakere få ferdigheter til å utføre oppgaver som innebærer dataanalyse. Historisk sett har analysering av data ofte blitt utført i øvre del av organisasjonshierarkiet. Med Industri 4.0 og digitalisering mener Schwab (2016) at dette også vil bli en jobb for folk lenger nede i organisasjonen som er tettere på produksjonen.

I tillegg til å forberede arbeidstakere på å jobbe sammen med maskiner og digitale verktøy, mener Schwab (2016) det er helt essensielt å utdanne folk innenfor de områdene der mennesker fremdeles er flinkere enn maskiner. Utdanningsinstitusjonene bør derfor vektlegge områder som kreativitet, sosial interaksjon og kompleks problemløsning i enda større grad enn det som gjøres i dag. Også Frey og Osborne (2013) mener det er viktig at mennesker tar sikte på å bli enda bedre innenfor disse områdene. De to professorene fra Oxford University tror fremtidens arbeidsgivere ønsker kreative medarbeidere som har evnen til å foreta

beslutninger under uavklarte forhold, og som er i stand til å utvikle nye ideer.

Brynjolfsson og McAfee (2014) er enige med forskerne ovenfor. Det er nødvendig å øke kompetansebehovet innen IKT og dataanalyse for å møte fremtidens krav i arbeidsmarkedet. Samtidig mener disse forskerne at dagens utdanningsinstitusjoner fokuserer for lite på kreativitet og idekreering i ung alder. Fokuset rettes i dag primært mot memorering av fakta og mot basisferdigheter innen lesing, skriving og enkel matematikk. Brynjolfsson og McAfee (2014) mener det er særdeles viktig å ha gode basisferdigheter, men etterlyser et større fokus på kreativ problemløsning i grunnutdanningen. Et kreativt tankesett i ung alder er noe man kan ta med seg videre inn i høyere utdanning og deretter ut i arbeidslivet. Kreativitet blir som nevnt sett på som en egenskap det er vanskelig for maskiner og programvare å adaptere.

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener Industri 4.0 vil føre til at det stilles høyere krav til industriarbeidere når det gjelder å håndtere kompleksitet, abstraksjon og problemløsning. Fremtidens industriarbeider må dessuten være i stand til å styre og organisere eget arbeid mer enn det som har vært nødvendig frem til nå. De tyske forskerne tror en generell kompetanseheving i hele organisasjonen blir nødvendig slik at samarbeidet med maskiner kan intensiveres. For folk som allerede jobber i industrien kan Industri 4.0 derfor bety at etterutdanning blir nødvendig. Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) tror dessuten at industriarbeidere i fremtiden må lære gjennom hele arbeidsløpet for å henge med på den teknologiske utviklingen. Kontinuerlig læring blir trolig viktig med Industri 4.0 og stadig mer avansert informasjonsteknologi.

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener industriarbeidere vil få mer autonomi, et mer interessant miljø å jobbe i og flere muligheter for egenutvikling som følge av Industri 4.0. De tyske forskerne tror dessuten det blir et større behov for folk som forstår samspillet mellom alle aktørene som er involvert i produksjonsprosessen. Industri 4.0 vil føre til en tettere integrasjon mellom avdelinger og fagområder som tidligere har vært adskilte. Dette bidrar til at behovet for sosiale ferdigheter og tverrfaglig kompetanse vil øke. I følge Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) vil Industri 4.0 altså føre til en flatere organisasjonsstruktur, der medarbeidere i alle avdelinger må ha en god forståelse av hva som skjer i de ulike delene av produksjonsprosessen.

I rapporten til Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) argumenteres det for at industribedrifter og utdanningsinstitusjoner må inngå tettere samarbeid for å forberede

fremtidens arbeidstakere på endringene i arbeidslivet. Det vil bli viktig å utvikle treningsprogrammer hvor studenter får et praktisk innblikk i industrien akkompagnert av teoretisk arbeid på universitet og skoler. For å stimulere til nysgjerrighet må vitenskap og industriprosjekt vises frem til allmennheten og den yngre delen av befolkningen. Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) oppfordrer industribedrifter til å bli mer åpne og transparente, samtidig som det politiske apparatet må bidra med midler slik at industrien får mulighet til å vise frem det som skjer i praksis.

### **3.7 Sentrale begrep fra faglitteraturen**

Dette forskningsprosjektet er basert på en tverrfaglig tilnærming med teoretiske bidrag fra forskjellige fagdisipliner. Mye av faglitteraturen inneholder prediksjoner, tanker og synspunkt fra forskere om hvordan moderne informasjonsteknologi vil virke på industri og arbeid. Deler av denne forskningen innehar ikke klare begrep og har ikke utmeislet etablerte teorier og modeller. Dette gjør det krevende å plukke ut sentrale begrep. I praksis og i møtet med mitt case – Hydro i Sunndal – har jeg likevel valgt å vektlegge enkelte begrep som har vist seg svært relevante for analysen av funnene.

Det er åpenbart at Industri 4.0 og de teknologiske løsningene som ligger i konseptet er svært relevant i denne studien. Begrep som Cyber-Physical Systems og Internet of Things blir viet mye oppmerksomhet i analysedelen. Det samme gjelder avansert sensorteknologi, forutsigbart vedlikehold (predictive maintenance), og dataanalyse. I tillegg til disse teknologibegrepene, er begrep som Keynes' ”technological unemployment” viktig i diskusjonen som følger min andre problemstilling. Videre er Moravec og Polanyis paradokser (taus kunnskap) viktige teorier og begrep som kan være med å forklare de spesielle utfordringene når det gjelder implementering av nye teknologiske løsninger i aluminiumindustri.

For min tredje problemstilling der kompetansekravene til fremtidens industriarbeidere ved Hydro i Sunndal diskuteres, er spørsmålene rundt interaksjonen mellom mennesker og maskiner (human-machine collaboration) sentralt. Her kommer jeg dessuten inn på begrep som kontinuerlig og livslang læring.

## **4 Forskningsmetode**

I dette kapitlet gjør jeg rede for hvordan jeg metodisk har håndtert denne masteroppgaven. Jeg vil forsøke å reflektere over de valg som er tatt og hvordan forskningsprosessen har artet seg. Det vil presenteres relevant metodelitteratur gjennom hele kapitlet, og store deler av denne litteraturen har blitt brukt gjennom hele forskningsprosjektet.

### **4.1 Kvalitativ metode**

Ved valg av forskningsmetode er temaet for studien en av de avgjørende faktorene. Problemstillingen og forskningsspørsmålene man ønsker å studere vil fungere som en veiledning i forhold til valg av forskningsmetode. Kvalitativ metode er særlig godt egnet til studier av fenomener hvor det er gjort lite forskning tidligere (Thagaard, 2013:12). I forskning av mindre komplekse fenomen eller hvor det allerede er gjort flere undersøkelser, blir det ofte innhentet kodifiserbare data med den hensikt å oppnå statistisk generalisering og høy reliabilitet. I slike tilfeller er kvantitativ metode som regel best egnet. Ønsker man derimot en dypere forståelse av et fenomen, som gir muligheten til å utarbeide forståelse, tolkning og argumenter, er det gunstig å velge kvalitativ metode. Til sammen vil dette kunne bidra til en valid fortolkning av fenomenet man studerer (Kitchin og Tate, 2000:229-256).

Creswell (2007) mener at kvalitativ metode egner seg godt i forskning hvor man ønsker å oppnå en dyp forståelse av et komplekst fenomen, og hvor en slik forståelse bare kan oppnås ved direkte dialog med mennesker. I dette forskningsprosjektet valgte jeg å foreta en casestudie hvor jeg ser nærmere på hvordan Hydro i Sunndal forholder seg til Industri 4.0 og de teknologiske løsningene som ligger i konseptet. Samtidig undersøkte jeg hvilke konsekvenser en slik teknologisk utvikling kan medføre med tanke på bemanning og hvilke krav som vil stilles til fremtidens ansatte. Valget av kvalitativ metode falt naturlig med tanke på at temaet er fremtidsrettet og at det er gjort lite forskning på området tidligere. Kvalitative tilnærminger fanger dessuten opp de kontekstuelle forholdene på en bedre måte enn hva kvantitativ forskning gjør. Ettersom at jeg ønsket å oppnå innsikt i konkrete prosjekt vedrørende automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal, og sammenligne synspunkt og prediksjoner mellom eksterne og interne i Hydrokonsernet, foretrakk jeg et kvalitativt forskningsopplegg med hovedvekt på intervju. Det ville ikke vært mulig å oppnå den samme forståelsen ved hjelp av kvantitative metoder som for eksempel spørreundersøkelser. Mine



forskningsspørsmål krever mye refleksjon og kan ikke besvares med korte formuleringer og forhåndsavklarte svaralternativer slik som surveyer er bygget opp.

Crang og Cook (2007) mener at kvalitativ forskning ikke bør betraktes som en statisk og lineær prosess hvor man først leser seg opp på et tema, deretter foretar en innsamling av data, før man til slutt skriver en oppgave. De hevder at kvalitativ forskning heller bør ta en evolusjonær og fleksibel retning hvor man tilpasser seg til utfordringer underveis og forfølger relevante spor. Jeg har i forbindelse med min oppgave forsøkt å ha en slik fleksibel tilnærming til det hele. Underveis i forskningsprosessen har nye ideer, refleksjoner og betraktninger dukket opp, og dette har jeg forsøkt å bruke til min fordel. Forhåpentligvis har kvaliteten på mine analyser og studien som helhet styrket seg gjennom å tenke slik.

## **4.2 Casestudie**

Casestudier er et mye brukt undersøkelsesopplegg innen kvalitativ metode hvor forskningsfokuset rettes mot én spesifikk eller få enheter (case). Casestudier kan betraktes som intensive undersøkelser av et fåtall analyseenheter, hvor hovedformålet er å oppnå rikholdig informasjon fra den eller de enhetene som det fokuseres på i forskningen (Thagaard, 2013:56). Yin (2009) mener casestudier egner seg særlig godt når analyseenheten inngår i en kontekst. Dersom de kontekstuelle forholdene er relevante for forståelsen man får av fenomenet som undersøkes, er casestudie riktig valg av metode. Yin (2009) mener andre forskningsmetoder som for eksempel spørreundersøkelser, eksperiment eller historiefortelling, ikke klarer å fange opp de kontekstuelle forholdene på samme måte som et casestudie. I min oppgave fungerer Hydro i Sunndal som en hjørnesteinsbedrift i lokalsamfunnet. Sunndalregionen utgjør altså konteksten som Hydro i Sunndal er del av. Flere av mine forskningsspørsmål berører de kontekstuelle forholdene. Dette gjelder blant annet hvordan lokalsamfunnet blir påvirket av forhold ved Hydro i Sunndal og hvordan den teknologiske utviklingen som tar til på metallverket har innvirkning for de lokale utdanningsinstitusjonene.

I følge Woodside (2010) er casestudier hensiktsmessig å anvende for å nå følgende forskningsmål: Beskrivelse, forklaring, prediksjon og kontroll. Beskrivelse er i denne sammenheng et forsøk på å besvare ”hvem, hva, hvor, når og hvordan”. Forklaring blir her brukt for å forsøke å gi svar på spørsmålet om ”hvorfor”. Prediksjon innen casestudier dreier seg om å utvikle prognoser i forhold til nær og/eller lengre fremtid, hvor valgt analyseenhet er

fokusområde. Kontroll omfatter forsøk på å påvirke kognitive prosesser, holdninger og atferd som forekommer i det enkelte case. Uavhengig av hvilket eller hvilke forskningsmål som benyttes i casestudien, er hovedformålet å oppnå en dyp forståelse av aktørene, interaksjonene, følelsene og atferden som omfatter den spesifikke analyseenheten (Woodside, 2010:6). I min oppgave ble forskningsdesignet en kombinasjon av beskrivelse, forklaring og prediksjon. Jeg har forsøkt å beskrive hvordan Hydro i Sunndal forholder seg til automatisering/robotisering og Industri 4.0. I tillegg er oppgaven forklarende ettersom jeg ser etter kausale årsakssammenhenger i mine slutninger. Jeg har altså hatt en målsetting om å kunne forklare ”hvordan” teknologisk utvikling og digitalisering vil sette sitt preg på Hydro i Sunndal, og samtidig ”hvorfor” det er slik. Informasjonen som har kommet frem gjennom feltarbeidet, sekundærdataen og teorigrunnlaget, brukes dessuten til videre antakelser om fremtiden.

Man kan velge å ha et komparativt forskningsopplegg i forbindelse med casestudier dersom formålet er å foreta sammenligninger mellom flere enheter. I min oppgave forholdt jeg meg til en analyseenhet, Hydro i Sunndal (med lokalsamfunnet i Sunndal som en kontekst). I de tilfeller hvor det kun er ett case som analyseres, er det viktig å rette fokus mot casen eller enheten som helhet og ikke mot de enkelte personene som forskeren får informasjon fra (Thagaard, 2013:56). Jeg var veldig bevisst på å utforme spørsmålene i intervjuene på en måte som sikret at informasjonen jeg mottok var relevant i forhold til analyseenheten. Samtidig ønsket jeg å innhente mer generelle betraktninger rundt digitalisering, moderne informasjonsteknologi og automatisering fra mine eksterne informanter. I disse intervjuene var det viktig at samtalen ikke flyttet seg for langt fra oppgavens overordnede målsetting. Jeg føler jeg håndterte denne utfordringen på en god måte.

Til tross for at casestudier er meget utbredt innen kvalitativ forskning, blir forskningsmetoden kritisert for å være overfladisk og gi resultat som ikke er generaliserbare. Folk med et slikt syn argumenterer for at det enkelte case er så unikt at det ikke kan knyttes til en bredere kontekst (Woodside, 2010:9). Enkelte mener dessuten at casestudier mangler troverdighet ettersom forskeren vil finne det han/hun er på utkikk etter. Woodside (2010) hevder på sin side at man bare kan oppnå en dyp forståelse av analyseenheten eller prosessen som studeres ved å ha et begrenset utvalg av respondenter. Det er dessuten fullt mulig å undersøke flere case, hendelser og atferder innen ett og samme casestudie. Dette kan føre til dyp forståelse ved at forskeren identifiserer mønstre mellom analyseenhet og teori (Woodside, 2010:10).

Yin (2009) skiller mellom statistisk generalisering og analytisk generalisering. Statistisk generalisering er som nevnt typisk for kvantitative undersøkelser hvor man generaliserer funnene til en større populasjon. Målsettingen med kvalitative studier er derimot i følge Yin (2009) å foreta en analytisk generalisering. En slik generalisering går på å finne de indre sammenhengene i caset og utvide og generalisere teorier. De indre sammenhengene kan videre løftes og abstraheres fra det aktuelle caset til andre analyseenheter og situasjoner. Min intensjon med oppgaven var å utarbeide en god deskriptiv analyse og samtidig relatere mine funn til teori. Det var derfor viktig å utarbeide et solid teorigrunnlag. Jeg ønsket også at datamaterialet sammen med teorien skulle kunne brukes til empirisk funderte drøftinger om fremtidig utvikling. Til tross for at jeg fokuserer på en enhet, altså Hydro i Sunndal og lokalsamfunnet, håper jeg studien kan bidra til verdifull innsikt for flere virksomheter i industrisektoren og være interessant for andre små lokalsamfunn.

#### **4.3 Strategisk utvalg**

I kvalitative studier er det vanlig å benytte strategiske utvalg. I slike tilfeller velger man deltakere med godt egnede egenskaper eller kvalifikasjoner til å besvare forskningsspørsmålene og undersøkelsens teoretiske perspektiver (Thagaard, 2013:60). For å besvare forskningsspørsmålene i min oppgave, mente jeg det var nødvendig å knytte kontakt med fagpersoner ved Hydro i Sunndal med god innsikt i informasjonsteknologi (digitalisering), automatisering og robotisering. Jeg kontaktet ledelsen, og de ga meg en oversikt over informanter de trodde ville passe i forhold til temaene i forskningsprosjektet mitt. Ut i fra denne oversikten valgte jeg ut informanter med den rette ekspertisen og de kvalifikasjonene jeg mente egnet seg best med tanke på hva jeg skulle undersøke. Hydro i Sunndal var altså behjelpelig med å finne respondenter internt. Når det gjelder de eksterne informantene, henholdsvis forskere, politikere og ansatte i lokale utdanningsinstitusjoner, har valget av disse blitt tatt av meg selv. I denne utvelgingsprosessen prøvde jeg å vurdere hvilke personer det ville være gunstig å intervju i forhold til mine forskningsspørsmål. Med tanke på at Hydro i Sunndal er casen i studien, ønsket jeg at majoriteten av de eksterne informantene skulle ha kjennskap til bedriften. Foruten forskeren fra SINTEF, hadde alle informantene en lokal tilhørighet til Sunndalsøra og et nært forhold til Hydro i Sunndal.

Jeg endte til sammen opp med syv informanter, hvorav tre informanter er ansatte i Hydro (to i Hydro i Sunndal, og en i Hydro sentralt) og fire informanter er eksterne. Jeg gjennomførte intervju med alle disse deltakerne. I tillegg fikk jeg tilgang til meget verdifull informasjon gjennom observasjon. I denne sammenheng var det snakk om informanter fra øverste ledelse i Hydro i Sunndal som holdt innlegg vedrørende Industri 4.0 og automatisering og robotisering. Jeg føler at utvalget ble en fin miks av interne og eksterne informanter, og at alle har bidratt med verdifull informasjon.

#### **4.4 Dokumentstudier og sekundærdata**

Med dokumentstudier menes det at forskeren benytter dokumenter skrevet av andre i forskningen. Disse dokumentene skiller seg fra dataen som forskeren henter inn gjennom feltarbeidet, da de er skrevet for et annet formål enn det forskeren skal benytte dem til (Thagaard, 2013:59). I forbindelse med denne oppgaven har jeg gjort studier av flere dokumenter. Jeg har blant annet hentet informasjon fra jubileumsbøker for Hydro i Sunndal og andre historiske tekster om Hydrokonsernet. I tillegg ble informasjon fra en brosjyre vedrørende Industri 4.0 i Hydrokonsernet brukt. Jubileumsbøkene dannet et godt grunnlag for bakgrunnskapitlet og beskrivelsen av ”casebedriften”. Opplysninger fra disse bøkene har dessuten vært brukt i deler av analysen. Deler av denne informasjonen har altså hatt en innvirkning på de empiriske slutningene jeg har kommet frem til.

#### **4.5 Kvalitative intervjuer**

I kvalitative undersøkelser benyttes ofte intervju som metode for å samle inn data. I følge Thagaard (2013) er hensikten med intervju å tilegne seg informasjon vedrørende synspunkt og perspektiv fra informantene om tema som tas opp i intervjusituasjonen. Intervju er dessuten særlig godt egnet til å få et innblikk i menneskers tanker, synspunkt, erfaringer og holdninger.

Intervju i forskningsbasert sammenheng kan utformes på ulike måter. Et uformelt intervju preges av lite struktur og kan ses på som en samtale mellom forsker og informant hvor temaene er forhåndsavklart (Thagaard, 2013:97). I slike intervju har forskeren anledning til å forme spørsmålene underveis og bringe opp nye tema som en kanskje ikke hadde tenkt på i forkant. En fordel med å velge en lite strukturert tilnærming, er at forskeren har mulighet til å følge opp svarene som informanten kommer med, og be vedkommende utdype hva som menes. På den andre siden av spektret har vi det som betegnes som strukturerte intervju. I

slike intervju er spørsmålene utarbeidet på forhånd, og man stiller de i en forhåndsbestemt rekkefølge. Fordelen med strukturerte intervju er at svarene er sammenlignbare ettersom at alle informantene bidrar med informasjon om de samme temaene (Thagaard, 2013:98). Den mest brukte intervjuformen i kvalitativ forskning, som befinner seg i midten av spektret, omtales ofte som semi-strukturerte eller delvis strukturerte intervju. I følge Kvale og Brinkmann (2009) kjennetegnes semi-strukturerte intervju ved at man følger en delvis strukturert intervjuguide hvor de overordnede temaene er avklart på forhånd, men hvor rekkefølgen av temaene og spørsmålene avgjøres under selve gjennomføringen av intervjuet. Intervjuguiden kan slik sett fungere som en sjekklister mot slutten av intervjuet, for å kontrollere at informasjonen er relevant i forhold til problemstilling og forskningens tema.

Jeg valgte å gjennomføre semi-strukturerte intervjuer i forbindelse med denne oppgaven. En slik tilnærming var mest hensiktsmessig med tanke på at jeg ønsket å innhente informasjon basert på informantenes synspunkt, holdninger og tanker. En semi-strukturert tilnærming gjorde det mulig for meg å grave dypere i materien i de tilfellene hvor jeg anså det som nødvendig. For eksempel dersom jeg hadde vansker med å forstå hva informanten egentlig mente, eller om jeg kom på oppfølgingsspørsmål underveis. Alle intervjuene ble gjennomført ansikt til ansikt, bortsett fra ved et tilfelle. Jeg mener det var fornuftig å ha intervjuer med enkeltpersoner alene da dette gir ro og skaper tillitt. Samtidig tror jeg det gjorde det enklere å sammenligne synspunkt mellom informanter internt i Hydro, enn hva det ville blitt dersom jeg hadde hatt gruppeintervju. Dersom jeg hadde intervjuet flere ansatte i Hydro i samme intervju, kunne det dessuten oppstått en lite heldig situasjon hvor de lenger nede i organisasjonshierarkiet ikke ville delt sine tanker i frykt for å si noe ”galt”. Dette kunne ha ført til at verdifull informasjon hadde gått tapt.

Jeg hadde som sagt ett gruppeintervju hvor to informanter var nære kollegaer. De uttrykte på forhånd et ønske om å være to, slik at de kunne utfylle hverandre i intervjusituasjonen. Dette var selvsagt i orden for meg. Thagaard (2013) påpeker at gruppeintervju eller såkalte fokusgrupper kan gi verdifull innsikt i temaene som undersøkes ved at det legges til rette for en fruktbar diskusjon. Samtidig risikerer man at det kun er de mest dominerende synspunktene som kommer til uttrykk da informantene med meninger som viker fra majoriteten, ofte ikke våger å delta i diskusjonen. I forhold til mitt gruppeintervju var dette lite problematisk, ettersom gruppen bestod av bare to informanter som var trygge på

hverandre. Det skal sies at den ene informanten var noe mer snakkesalig enn den andre, men jeg forsøkte å oppmuntre begge til å delta.

Jeg valgte å gjennomføre intervjuene på arbeidsplassen til mine informanter. De fleste av respondentene jobber og bor i Sunndalsregionen, noe som medførte at det ble litt reising. Slik jeg ser det ble kvaliteten på intervjuene bedre ved å arrangere fysiske møter ansikt til ansikt, enn det den ville blitt dersom jeg hadde tatt det via telefon, skype eller lignende. Intervjuene ble avholdt på møterom eller på informantenes kontor. Dette var trygge omgivelser for deltakerne og bidro til å skape en fin atmosfære. Ett av intervjuene ble utført etter det Crang og Cook kaller for ”on the move”-prinsippet, noe som innebærer at forsker og informant er i bevegelse på en eller annen måte samtidig som forskeren har anledning til å stille spørsmål. Dette fører ofte til at man får en slags kombinasjon av deltakende observasjon og intervju (Crang og Cook, 2007:65). I mitt tilfelle skjedde dette ved at jeg fikk en omvisning på fabrikken i Hydro i Sunndal hvor vi så på konkrete prosjekt vedrørende automatisering og robotisering. Samtidig hadde jeg anledning til å spørre spørsmål og komme med kommentarer. Denne omvisningen ga meg verdifull informasjon og innsikt, som jeg tror ville vært vanskelig å oppnådd foruten.

#### **4.6 Intervjuguide**

Hensikten med kvalitative intervju er å få informasjon om de temaene man undersøker. Det er derfor viktig å stille spørsmålene på en måte som inviterer informantene til å reflektere over temaene det spørres om, samt å motivere dem til å gi informasjonsrike kommentarer (Thagaard, 2013:100). Semi-strukturerte intervju krever en viss standardisering og det er derfor lurt å utarbeide en god intervjuguide. Rubin og Rubin (2012) gjengitt i Thagaard (2013) tar til orde for at en intervjuguide bør følge enkelte grunnleggende prinsipp. Den bør inneholde hovedspørsmål hvor temaene vi ønsker å få svar på introduseres. Spørsmålene bør utformes på grunnlag av problemstilling og øvrige forskningsspørsmål slik at forskeren får tilgang til den informasjonen han eller hun ønsker. Intervjuguiden bør gi rom for impulsive oppfølgingsspørsmål som oppstår i intervjusituasjonen. Hensikten med slike spørsmål er å få mer detaljert informasjon og nyanserte kommentarer fra informanten i forhold til de temaer og skildringer som kommer frem. I semi-strukturerte intervju er det rom for at slike spørsmål skal kunne bli til underveis. Jeg fulgte Rubin og Rubin (2012) sine prinsipper i mine

intervjuguiden, og avklarte på forhånd hvilke temaer som skulle tas opp. Det ble utformet konkrete spørsmål i forkant av intervjuene som jeg lente meg på i intervjusituasjonen.

Ettersom jeg gjorde intervju med både eksterne og ansatte i Hydro i Sunndal, anså jeg det som nødvendig å utarbeide egne intervjuguiden for de ulike informantene. For informanter som var ansatte i Hydrokonsernet, ble intervjuguidene relativt like. For de eksterne informantene valgte jeg å utarbeide intervjuguiden som var tilpasset deres kunnskap, jobb og posisjon (se eksempler i appendiks). Til tross for at intervjuguiden ble tilpasset den enkelte informant, sørget jeg for at sentrale temaer ble inkludert i alle intervjuene. Følgende temaer var sentrale i alle intervjuguidene: *Implementering av teknologi som er sentral i Industri 4.0, muligheter og utfordringer med stadig mer avansert informasjonsteknologi, teknologisk utvikling og bemanning, konsekvenser for lokalsamfunnet ved en eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal og krav til fremtidens arbeidstakere ved Hydro i Sunndal*. For majoriteten av mine informanter var Hydro i Sunndal fokusområdet da temaene ble tatt opp. Men for forskeren fra SINTEF, ble fokuset rettet mot Industri 4.0, muligheter og utfordringer, på en mer generell basis. Informasjonen som denne forskeren bidro med var likevel ytterst relevant i forhold til mine forskningsspørsmål.

Jeg valgte å redusere antall spørsmål i intervjuguiden etter å ha gjort det første intervjuet. Med færre spørsmål og enkelte omformuleringer, opplevde jeg at intervjusituasjonen ble mindre hektisk og at kommentarene fra informantene ble mer utfyllende. Det ble dessuten bedre flyt i samtalen.

#### **4.7 Deltakende observasjon**

En vanlig måte å innhente data i kvalitativ forskning er ved deltakende observasjon. Slik observasjon innebærer at forskeren er fysisk tilstede og overvåker hvordan mennesker handler. Deltakelsen er delvis og tar til ved at forskeren deltar i aktiviteten sammen med respondentene, og samtidig observerer hva de foretar seg (Thagaard, 2013:69).

I forbindelse med denne studien ble det ikke gjennomført en klassisk form for deltakende observasjon. Jeg fikk være med på et seminar som omhandlet automatisering og robotisering arrangert av Sunndal Kommune i samarbeid med Hydro i Sunndal. Dette arrangementet ble avholdt i Storsalen, som er et konferanserom i Hydros egne lokaler. I forbindelse med

seminaret deltok flere ansatte ved Hydro i Sunndal, eksterne leverandører av teknologiske løsninger, forskere ved blant annet SINTEF og NTNU, samt representanter fra øvrig næringsliv. Det ble holdt flere innlegg som var relevante i forhold til min oppgave. Særlig var åpningsinnlegget fra verksdirektøren ved Hydro i Sunndal av stor interesse for min del. I tillegg var det spennende å overvære presentasjoner av nye teknologiske løsninger fra eksterne leverandører, og høre hvilke tanker forskere fra henholdsvis NTNU og SINTEF har om Industri 4.0.

Typisk for deltakende observasjon er at man som forsker deltar i en aktivitet hvor man for eksempel forsøker å studere relasjoner mellom mennesker eller hva folk foretar seg. I mitt tilfelle forløp det hele seg noe annerledes med tanke på at det er snakk om et seminar hvor folk holdt innlegg og presentasjoner. Min rolle dreide seg nok mer om å observere enn å delta i store deler av observasjonstiden. Underveis i seminaret ble vi satt sammen i grupper for å diskutere ulike tema og problemstillinger, og i denne seansen fikk jeg anledning til å være mer delaktig. Jeg hadde dessuten mulighet til å utveksle erfaringer med flere av de andre deltakerne i pausene.

Hvordan forskeren oppfattes av deltakerne i observasjonssituasjoner er ofte avgjørende for informasjonen man mottar. Det er derfor viktig at forskeren reflekterer over hvordan relasjonene med informantene er (Thagaard, 2013:88). Min rolle som student eller forsker hadde ingenting å si for informasjonen som kom fram i innleggene eller presentasjonene. Jeg trengte ikke reflektere over egen posisjon i forhold til deltakerne i denne delen av seminaret. I gruppeaktivitetene der jeg var mer delaktig, er derimot en slik refleksjon mer aktuell. Jeg opplevde at de jeg henvendte meg til både var interesserte og villige til å bidra med informasjon. Helhetsinntrykket fra seminaret er at det ga meg verdifull informasjon det sannsynligvis ville vært vanskelig å få tilgang til dersom jeg ikke hadde deltatt.

#### **4.8 Dataanalyse**

Innen kvalitativ forskning dreier dataanalyse seg om å klargjøre og organisere data for en analyse, før man gjennom koding og kategorisering av datamaterialet får anledning til å presentere data i diskusjoner, figurer eller tabeller (Creswell, 2007:148). En dataanalyse skal bidra til mer enn bare en beskrivelse av de innsamlede dataene. Hensikten med analysen er å



finne sammenhenger og relasjoner i svarene som til sammen gir materialet mening. Dette krever en fortolkning av de tilgjengelige dataene.

For å få oversikt over datamaterialet, valgte jeg å transkribere intervjuene i sin helhet. Dette var en nokså tidkrevende prosess som krevde full konsentrasjon mens jeg lyttet til opptakene. Crang og Cook (2007) hevder at det ikke er slik at en fortolkning av dataene først starter når transkriberingen er utført. Analysedelen er med forskeren gjennom hele forskningsprosjektet. For eksempel vil fortolkningen av et intervju starte samtidig som den praktiske gjennomføringen av intervjuet pågår. Dette er noe jeg selv merket meg under min forskning. Jeg begynte å fortolke informasjonen som respondentene ga meg i selve intervjusituasjonen, men dette var selvsagt en nokså overfladisk betraktning. Etter at datainnsamlingen og transkriberingen er fullført, går analysedelen inn i en ny fase. I denne mer formelle fasen av dataanalysen skal forskeren se på datamaterialet med et mye mer detaljert og kritisk blikk. Forhåpentligvis vil man være i stand til å avdekke nye mønstre og viktige skildringer (Crang og Cook 2007:133).

For at man skal være i stand til å oppnå en dypere forståelse av datamaterialet og se nye mønstre, blir koding og kategorisering ofte foretrukket. Koding av data innebærer at man tar ut elementer og utsnitt fra materialet og knytter begreper til disse utdragene (Thagaard, 2013:158). På denne måten kan forskeren identifisere hvilke deler av dataene som er særlig relevante og bli mer fortrolig med innholdet. Det neste trinnet i analysen skjer ved at man klassifiserer den kodete dataen i kategorier. De utsnittene av data som omhandler det samme temaet blir klassifisert innen samme kategori (Thagaard, 2013:159). Det er naturlig at inndelingen av kategoriene har en direkte referanse til problemstillingen og gjenspeiler det teoretiske og empiriske innholdet i prosjektet. Slike kategorier blir omtalt som forhåndsdefinerte kategorier, og er som nevnt, ofte teorinære. Samtidig bør det være rom for å inkludere tema som blir utviklet og generert i løpet av analysen. Det vil da være snakk om empirinære kategorier, men som gjennom systematisering kan gjøres til egne teorinære begrep. Ved å klassifisere teksten i kategorier blir det enklere å se mønstre i materialet og avklare hvilke temaer som er sentrale.

Jeg valgte å bygge videre på temainndelingen jeg hadde foretatt i utformingen av intervjuguiden. Følgende sentrale temaer utgjorde derfor kategoriene i min analyse: Implementering av teknologi som er sentral i Industri 4.0, muligheter og utfordringer med

stadig mer avansert informasjonsteknologi, teknologisk utvikling og bemanning, konsekvenser for lokalsamfunnet ved en eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal, krav til fremtidens arbeidstakere med tanke på kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning. Selv om jeg brukte forhåndsdefinerte kategorier i analysen, var jeg samtidig bevisst på at det er viktig å være fleksibel og tillate endringer underveis. Thagaard (2013) hevder at fleksibilitet ivaretas ved at forskeren endrer kategoriene i samsvar med forståelsen en tilegner seg etter hvert som forskningen skrider frem. Jeg gjorde ingen store endringer i forhold til kategorier underveis i analyseprosessen ettersom jeg følte at temainndelingen fra intervjuguiden fungerte bra. Men jeg ble oppmerksom på at deler av informasjonen fra informantene passet bedre inn i andre kategorier enn det jeg trodde på forhånd. Et eksempel på et slikt tilfelle er når en av mine informanter legger ut om bemanning, når spørsmålet går på digitale løsninger i produksjonen av aluminium. Her ble det viktig at jeg kodet informasjonen på en slik måte at informasjonen havnet i riktig kategori. Dette ble løst rent praktisk ved at jeg brukte egne fargekoder for hver enkelt kategori/tema. Kategoriseringen av datamaterialet var med å gi meg bedre oversikt, og jeg føler at denne inndelingen hjalp meg til å kunne identifisere mønstre og fortolke innholdet på en god måte.

#### **4.9 Temasentrert analyse**

Ved temasentrert analyse blir det fokusert på temaer som er sentrale i forskningsprosjektet. I en slik analyse vil forskeren analysere hvilken informasjon som kommer fra informantene innen hvert tema. Hensikten er å gå i dybden på de ulike temaene, og sammenligne informasjon fra alle respondentene. Dette kan bidra til en dyptgående innsikt og forståelse av de ulike temaene (Thagaard, 2013:181).

For å gjennomføre temasentrert analyse trenger man informasjon fra alle informantene om de samme temaene. Thagaard (2013) mener dette betyr at kategoriene som skal undersøkes bør inneholde detaljerte og fyldige beskrivelser fra alle som har stilt opp til intervju. I og med at mitt datamateriale var innhentet fra informanter med forskjellig yrkeserfaring og kunnskap, ble det viktig å reflektere over hvordan informasjonen passet inn i forhold til mine kategorier. Et eksempel på dette er i forhold til informasjonen jeg fikk fra en forsker i SINTEF. Denne informanten uttalte seg på et generelt grunnlag i forhold til mine forskningsspørsmål. I dette intervjuet ble fokuset rettet mot industri i Norge på et mer helhetlig nivå da han som ekstern

ikke hadde detaljert innsikt i hva som foregår ved Hydro i Sunndal. Forskeren bidro likevel med meget verdifull informasjon.

Hensikten med å intervju eksterne informanter var å kunne sammenligne deres informasjon med folk som jobber internt i analyseenheten. I slike tilfeller var det viktig å være bevisst på at deler av informasjonen ble sagt på et generelt grunnlag, og ikke rettet seg spesifikt mot Hydro i Sunndal. De samme kategoriene ble likevel brukt for alle informantene. Jeg sørget for å kode informasjonen på en måte som gjorde det enkelt å skille mellom utsagn som kunne direkte knyttes til Hydro i Sunndal, og det som ble sagt på et mer generelt plan. Årsaken til at jeg ikke opprettet flere kategorier, var at det ofte kan føre til vanskeligheter med å avdekke variasjoner i datamaterialet. Ved for få kategorier derimot, risikerer man å gå glipp av verdifull informasjon og at analysen blir lite nyansert (Thagaard, 2013:182). Jeg vil argumentere for at kategoriinndelingen med fem kategorier/tema fungerte godt i forhold til forskningsspørsmålene i denne oppgaven.

#### **4.10 Etske vurderinger, betraktninger og dilemma**

Det stilles visse krav til hvordan forskeren skal opptre i det han eller hun utfører vitenskapelig arbeid. I følge Thagaard (2013) har forskeren et ansvar for å følge retningslinjene som gjelder internt i forskningsmiljøer, samtidig som man forholder seg til de etiske prinsippene som er gjeldende i omgivelsene. God forskningsetikk handler blant annet om å fremstille deltakerne i studien på en moralsk og etisk forsvarlig måte. Det kreves også at egne antakelser og funn fra forskningen bør legges frem så ryddig, fortrolig og moralsk som mulig.

Før man går i gang med datainnsamlingen, må forskeren ha fått informantenes informerte samtykke. Informert samtykke betyr at deltakerne i studien går med på å la seg intervju frivillig. Samtykket skal altså være fritt, uten noen form for ytre press. Og på forhånd skal alle deltakerne i studien bli informert om hva deres deltakelse innebærer og hva hensikten med forskningsprosjektet er (Thagaard, 2013:26). Informert samtykke blir som regel gitt i starten av et forskningsprosjekt, men som kjent har kvalitative studier en tendens til å endre seg med tiden. Ofte er det derfor vanskelig å informere deltakerne om hvordan en vil fortolke og anvende datamaterialet. I min oppgave valgte jeg å holde kontakt med informantene underveis i forskningsperioden. Jeg mener dette var viktig i denne studien da innsamlet data var av en slik karakter at den kunne spores tilbake til miljøet som informanten tilhører. Jeg

ønsket derfor at deltakerne skulle få mulighet til å gi sitt samtykke i forhold til presentasjonen av sentrale funn. I flere tilfeller sendte jeg utdrag fra analysen til den gjeldende informant og spurte om jeg hadde oppfattet det som ble sagt riktig. Det er hensiktsmessig at informanter får gjort en sitatsjekk dersom man bruker direkte sitat, særlig i tilfeller hvor informanten er identifiserbar.

Prinsippet om konfidensialitet er viktig i vitenskapelig forskning. Konfidensialitet innebærer at deltakerne i forskningen har krav på at informasjonen de bidrar med blir behandlet konfidensielt. Forskeren må hindre at formidling og fortolkning av dataen vil skade enkeltpersonene som deltar i studien (Thagaard, 2013:28). Forskeren skal vise respekt for deltakernes rett til privatliv og i tilfeller hvor det oppgis sensitiv informasjon, er det viktig at informantene selv får vurdere om informasjonen kan gjøres offentlig.

I de fleste kvalitative studier vil det være nødvendig med en anonymisering av informantene. Dette gjelder spesielt i tilfeller der deltakerne bidrar med sensitiv informasjon. I forbindelse med min oppgave intervjuet jeg fagfolk om ikke-personlige forhold, hvor hensikten var å sammenligne informasjonen de bidro med. Det var informantenes faglige vurderinger jeg var ute etter, og det ble derfor innhentet svært få opplysninger av personlig karakter. En fullstendig anonymisering var lite hensiktsmessig, ettersom poenget var å sammenligne synspunkt og annen informasjon mellom informantene. Jeg har derfor valgt å oppgi yrkestitlene til deltakerne i studien. Jeg mente dette var nødvendig for at leseren av oppgaven skal kunne skille deltakerne fra hverandre og vite hvem som sier hva. Dersom man for eksempel sammenligner synspunkt fra en fagorganisert ansatt i Hydro med meningene til en ekstern forsker, er det nødvendig å oppgi yrkestitlene for at sammenligningen skal bli relevant. Fortolkningen av et sitat får ikke den samme verdien eller meningen dersom man oppgir at sitatet stammer fra ”informant x”.

Jeg oppgir som nevnt yrkestitlene til informantene. I flere tilfeller ble det derfor utfordrende å skjule identiteten til deltakerne. Dette gjelder i forhold til intervjuene med den lokale politikeren (ordføreren i Sunndal kommune), ledere i Hydro i Sunndal og faglige tillitsvalgte. Dette er offentlige personer, og ved å oppgi deres yrkestitler, vil man røpe deres identitet. En fullstendig anonymisering blir i disse tilfellene umulig. Dersom jeg hadde valgt å anonymisere slike informanter, vil jeg påstå at informasjonen fort kunne ha mistet mening og verdi for leseren av oppgaven. En fullstendig anonymisering var altså ikke å foretrekke i

forbindelse med temaet i mitt forskningsprosjekt. Jeg orienterte informantene om dette på forhånd, og fikk deres godkjenning til å bruke både yrkestittel og navn på organisasjonen de tilhører.

#### **4.11 Forskerens posisjonering**

Forskeren vil ha ulik innvirkning på fenomenet som studeres alt etter hvilken posisjon han eller hun har i forholdet til deltakerne. Alder, kjønn, bakgrunn og andre ytre kjennetegn vil være med å avgjøre hvordan forskeren oppfattes (Thagaard, 2013:88). I og med at jeg er student og at mine informanter i hovedsak bestod av folk i høyere stillinger, kan man hevde at jeg fikk en underordnet relasjon til deltakerne og at maktforholdet var skjevt. Dette var ikke noe jeg følte underveis i intervju situasjonene eller under analyseringen av datamaterialet. Alle informantene var nysgjerrige på prosjektets tema og ønsket å bidra med informasjon i forhold til mine forskningsspørsmål. Jeg føler de tok meg på alvor.

Informantene visste på forhånd av intervjuene at jeg hadde en del kunnskap om Hydro i Sunndal og et nært forhold til Sunndalsregionen. De aller fleste av deltakerne i studien var dessuten klar over at jeg har nære slektninger som jobber ved ulike avdelinger i Hydro. Jeg tror dette har vært en stor fordel. Det har blant annet hjulpet meg med å komme i kontakt med relevante informanter. Flere av disse personene ville det sannsynligvis vært vanskelig å få møtt uten bekjentskap og ”døråpnere”. Jeg ble dessuten helt uoppfordret spurt om å delta i et seminar vedrørende automatisering og robotisering. Dette tyder på at kontaktene mine i Hydro i Sunndal ønsket å hjelpe meg. Sunndalsøra er et relativt lite sted og de fleste kjenner eller vet om hverandre. Det at jeg har slekt og nær tilknytning til stedet kan ha hjulpet meg med å vinne deltakernes tillitt og oppmerksomhet. Kanskje ville ikke informantene vært like behjelpelige og villige til å dele informasjon dersom jeg var en student uten noen form for tilhørighet eller forhåndskunnskap om stedet.

#### **4.12 Forskningens kvalitet – Validitet og reliabilitet**

I kvalitative studier vil fortolkningen av dataene være et resultat av forskerens teoretiske forankring og de tendenser og mønstre man utvikler gjennom analysen av datamaterialet. At funnene representerer en forståelse av fenomenet eller fenomenene som studeres er avgjørende for kvaliteten på på forskningen (Thagaard, 2013:193).

En rekke forskere mener at forskningens kvalitet bør vurderes på grunnlag av troverdighet (Corbin og Strauss, 2008; Silverman, 2011; gjengitt i Thagaard, 2013:201). Sentralt i vurderingen av forskningens troverdighet er begrepene reliabilitet og validitet. Med reliabilitet menes det hvorvidt forskningen er pålitelig og konsistent. Reliabilitet har tradisjonelt blitt brukt i forhold til spørsmålet: Vil en annen forsker som benytter de samme metodene komme frem til tilsvarende resultater? Altså om studien kan repliseres eller ikke. Repliserbarhet er knyttet til en positivistisk forskningslogikk hvor nøytralitet trekkes frem som et ideal. I denne forskningstradisjonen skal ikke relasjonen mellom forsker og deltakere ha innvirkning på resultatene. En positivistisk tilnærming fører ofte til at forskningen er kvantitativ, hvor man søker årsaksforklaringer og sammenhenger gjennom tallanalyse og statistikk. Fra et konstruktivistisk ståsted derimot, vektlegges det at kvalitative data blir til i samspillet mellom forsker og deltakerne i felten. Man vil altså oppnå forskjellige resultater ettersom at forskerens opptreden endres fra gang til gang. Konsistens og spørsmålet om repliserbarhet er altså ikke relevant i konstruktivistisk forskning (Thagaard, 2013:202). I følge denne forskningslogikken er forskeren nødt til å argumentere for troverdighet (reliabilitet og validitet) ved å vise hvordan dataene er blitt utviklet i forskningsprosessen.

I kvalitativ forskning kan man styrke reliabiliteten ved å gjøre forskningsprosessen transparent. I følge Silverman (2011) gjengitt i Thagaard (2013:202) dreier dette seg om å legge frem en detaljert beskrivelse av analysemetoder og forskningsstrategi slik at leseren kan vurdere forskningsprosessen trinnvis. Reliabilitet innebærer altså at forskeren gjør rede for hvordan dataene er samlet inn. Samtidig skal forskeren gjøre et tydelig skille mellom dataen som er innhentet under feltarbeidet og egne fortolkninger basert på denne informasjonen. Man bør i denne sammenheng beskrive hvordan teori utgjør grunnlaget for tolkningen. Forskeren bør dessuten greie ut om relasjonene til deltakerne i studien, og vurdere hvilken innvirkning dette har for informasjonen som er oppgitt (Thagaard, 2013:194).

Validitet handler om gyldigheten av tolkningene og resultatene man har kommet frem til i forskningen. I vitenskapelig forskning er validitet altså en betegnelse på hvor godt man klarer å måle (eller beskrive) det man har til hensikt å måle (Thagaard, 2013:204). Det er vanlig å skille mellom ekstern og intern validitet. Intern validitet går på i hvilken grad resultatene man har kommet frem til er gyldige for fenomenet eller utvalget man har undersøkt. Mens ekstern validitet refererer til om resultatene man har kommet frem til i en studie av begrenset størrelse eller omfang, også vil være gyldige i andre sammenhenger (Thagaard, 2013:205). For

eksempel i tilfeller der man utfører en undersøkelse med et begrenset antall respondenter, og generaliserer funnene til en større populasjon. Ekstern validitet knyttes derfor ofte til begrepet overførbarhet.

Å styrke forskningens validitet og reliabilitet vil i kvalitativ forskning dreie seg om mye av det samme. Jeg har forsøkt å styrke validiteten ved å gjøre forskningen transparent. Dette er blitt gjort ved å redegjøre for konklusjonene jeg har kommet frem til på en god og oversiktlig måte. Det er forsøkt å gjøre et tydelig skille mellom hva som er referat fra intervju og egne fortolkninger. Som forsker har jeg vært kritisk i analyseprosessen, og blant annet sammenlignet egne fortolkninger med alternative perspektiv. I denne sammenhengen fikk jeg god hjelp fra medstudenter, andre forskeres forskning og teoretiske bidrag fra flere akademiske retninger. Et annet grep jeg gjorde for å styrke oppgavens troverdighet og validitet, var å diskutere egne tolkninger og analyser med flere av deltakerne. Dette bidro til at jeg avdekket feiltolkninger, som i sin tur førte til at kvaliteten på dataene og egen analyse ble styrket. Når det gjelder min relasjon til informantene, skriver jeg mer om dette under kapitlet om forskerens posisjonering.

Med tanke på at dette er en kvalitativ casestudie hvor dataene er samlet inn gjennom intervju og observasjon, vil det være umulig for andre å replisere forskningen på nøyaktig samme måte. I utgangspunktet var ikke overførbarhet en målsetting i denne studien, men det betyr ikke at forskningen ikke kan ha verdi utover analyseenheten jeg studerte. Overførbarhet kan ses i sammenheng med teoretisk generalisering. Teoretisk generalisering går ut på at forståelsen man utvikler ved å undersøke ett spesifikt fenomen også kan ha gyldighet i andre sammenhenger. En slik generalisering er basert på forskerens logiske resonnementer (Thagaard, 2013:211). Jeg vil argumentere for at flere av mine funn i denne oppgaven kan ha relevans for andre industribedrifter enn Hydro i Sunndal. Dette gjelder nok særlig de konklusjoner jeg har gjort i forhold til hvilke kvalifikasjoner som vil kreves av fremtidens arbeidstakere, og refleksjoner rundt hvordan teknologisk utvikling (digitalisering) kan sette sitt preg på norsk industri. En mer omfattende drøfting og argumentasjon vedrørende forskningsprosjektets overførbarhet blir gjort i analysedelen.

## **5 Analyse av datamaterialet**

I dette kapitlet vil jeg presentere funn fra datamaterialet jeg har samlet inn gjennom feltarbeidet. Teori og empiri blir koblet sammen for å belyse prosjektets forskningsspørsmål. I tillegg vil jeg foreta en sammenligning mellom informasjonen jeg har hentet inn fra mine informanter og funn fra tidligere forskning. Analysen er delt inn i fem temasentrerte kategorier med den hensikt å gi svar på forskningsspørsmålene. Faglitteratur og tidligere forskning inspirerte meg i utarbeidelsen av kategoriene, men alle temaene er knyttet til analyseenheten (Hydro i Sunndal). Følgende kategorier inngår i analysen: *Implementering av teknologi som er sentral i Industri 4.0, muligheter og utfordringer gjennom stadig mer avansert informasjonsteknologi, teknologisk utvikling og bemanning, konsekvenser for lokalsamfunnet ved en eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal og krav til fremtidens arbeidstakere ved Hydro i Sunndal.*

Den 28. November 2016 arrangerte Sunndal kommune et seminar om automatisering og robotisering i Hydros lokaler. Fabrikksjefen ved Hydro i Sunndal åpnet seminaret med å fortelle at Industri 4.0 og automatisering/robotisering er noe Hydro må satse på for å henge med i tiden og beholde sin posisjon i markedet. Foran nysgjerrige tilskuere fortalte fabrikksjefen deretter at teknologisk utvikling byr på mange muligheter for Hydro i Sunndal. Han tror blant annet at Industri 4.0 på sikt kan bidra til å øke produksjonsvolumet av primæraluminium, redusere kostnader og øke effektiviteten. Til sammen kan dette bidra til at aluminiumproduksjonen fortsetter ved metallverket i Sunndal langt inn i fremtiden. Dette seminaret markerte starten på feltarbeidet i forbindelse med denne oppgaven, og gjorde meg meget nysgjerrig med tanke på hvilke muligheter og utfordringer Industri 4.0 og teknologiske utvikling vil gi Hydro i Sunndal.

### **5.1 Implementering av teknologi som er sentral i Industri 4.0**

I teorikapitlet har jeg greid ut om informasjonsteknologi og nye digitale løsninger, og samtidig sett nærmere på hvordan flere forskere mener slik teknologi vil påvirke industrien. I tillegg har jeg forklart hva som ligger i konseptet Industri 4.0, og vist at målsettingen er å skape en såkalt ”smart fabrikk”. I denne delen av analysen vurderer jeg hvordan Hydro i Sunndal forholder seg til Industri 4.0. Jeg presenterer flere automatiseringsprosjekt hvor Hydro i Sunndal tar i bruk nye teknologiske løsninger, og forsøker å vurdere hvorvidt disse



løsningene passer inn i konseptet Industri 4.0. I tillegg til å utføre en deskriptiv analyse, sammenligner jeg dataene fra mine informanter med forskningen i teorikapitlet.

I følge fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal vies Industri 4.0 og digitalisering stadig mer oppmerksomhet. Industri 4.0 er et vedtatt satsningsområde for hele Hydrokonsernet, og styret i Hydro har satt av midler til automatisering- og robotiseringsprosjekt fra og med 2017. Dersom ideene er gode og man kan dokumentere at det vil gi bra inntjening, ligger det nesten automatikk i å få slik pengestøtte, opplyser fagsjefen for automatisering og robotisering. Informanten fra Hydro sentralt mener det kan diskuteres om roboter og automatisering egentlig passer bedre inn under ”Industri 3.0” (med en referanse til den tredje industrielle revolusjon som startet på slutten av 1960-tallet), men understreker at Hydrokonsernet har tatt til seg konseptet Industri 4.0 og valgt å definere det som et strategisk prosjekt. Denne informanten mener Industri 4.0 er det viktigste satsningsområdet for hele Hydrokonsernet dersom de skal klare å forbedre de økonomiske resultatene.

Lederen for Sunndal kjemiske fagforening (SKF) er enig med informantene ovenfor om at Industri 4.0 og automatisering vektlegges i stadig større grad, men sier samtidig at fagforeningen kanskje har litt mer beskjedne forventinger enn ledelsen til nye automatiseringstiltak og teknologiske løsninger. Hun tror det vil ta lang tid før flere av prosessene som omfattes av Industri 4.0 er på plass, og betrakter det hele som en fremtidsvisjon. Fagforeningslederen tror likevel at enkelte prosjekt vil kunne bli gjennomført temmelig raskt.

Til tross for at Industri 4.0 er forholdsvis nytt for Hydro i Sunndal, er det allerede iverksatt prosjekt hvor det jobbes med å ta i bruk teknologi på nye måter. Ett av prosjektene dreier seg om selvkjørende kjøretøy eller AGV (automated guided vehicles). Dette er et pilotprosjekt med en en langsiktig tidshorisont hvor planen er å få en ekstern leverandør til å utvikle kjøretøy som egner seg i deler av aluminiumproduksjonen. Fagsjef for automatisering og robotisering opplyser at det ikke er bestemt hvor i prosessen slike kjøretøy skal settes inn, men at de har flere ideer om hvor det kan være hensiktsmessig. Selvkjørende kjøretøy kan blant annet benyttes til å frakte ferdigprodukter av metall fra støperi til mellomlager, anodekull fra massefabrikk til elektrolysen eller i andre deler av produksjonsprosessen.

Et aluminiumverk er i prinsippet et stort masseforflytningsprosjekt mellom følgende avdelinger: Massefabrikken der det produseres anoder (også kalt karbonavdelingen), elektrolyseavdelingen der elektrolysen foregår og støperiet der diverse ferdigprodukter fremstilles. I tillegg er det som nevnt flere støtte- og stabsavdelinger. Hensikten med selvkjørende kjøretøy er å gjøre transporten av komponenter og utstyr mellom avdelinger mer effektiv. Slike kjøretøy kan dessuten føre til at behovet for sjåfører reduseres:

*Dersom vi for eksempel får til å automatisere anodetransporten, vil det kunne føre til en reduksjon av to til tre personer pr. skift som står for denne transporten i dag. Tre ganger fem skift gir altså en nedbemanning på til sammen femten personer på en hel arbeidsdag (Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal).*

En implementering av AGV vil altså kunne føre til at flere transportjobber automatiseres. Hvor mange personer pr. skift det er snakk om avhenger av hvilke deler av prosessen som berøres. I første omgang dreier det seg om å utvikle et test-kjøretøy. Dersom man lykkes med dette, vil Hydro i Sunndal i neste fase investere i flere selvkjørende kjøretøy. Brynjolfsson og McAfee (2014) tror selvkjørende kjøretøy er en av innovasjonene markedet vil omfavne i relativt nær tid. Dette gjelder både private forbrukere og industribedrifter. I flere industrier er AGV allerede mye brukt, og trolig vil stadig mer avansert informasjonsteknologi føre til at bruken utvides. Selvkjørende kjøretøy programmeres til å utføre forhåndsbestemte operasjoner gjennom algoritmer. Kjøreruten og alle operasjonene kjøretøyet skal utføre må programmeres inn på forhånd av ingeniører. En slik programmeringsjobb vil trolig bli nokså krevende på et metallverk hvor det produseres aluminium. Det er flere uforutsette ting som kan oppstå. Jo flere variabler, jo mer omfattende programmering og høyere grad av ”kunstig intelligens” kreves det for at de selvkjørende kjøretøyene skal kunne utføre oppgavene. Til tross for at et aluminiumsverk byr på en del utfordringer, mener fagsjef for automatisering og robotisering det er fullt mulig å ta i bruk selvkjørende kjøretøy i flere deler av driften. Han tror det vil ta litt tid før de første kjøretøyene er på plass, og at det er for tidlig å si noe konkret om hvilken effekt prosjektet får. I første rekke handler det som nevnt om å foreta en kartlegging av mulighetene sammen med eksterne leverandører av teknologien.

Det er flere automatiseringsprosjekter ved Hydro i Sunndal hvor man har kommet lengre i prosessen enn i AGV-prosjektet presentert i det foregående. Et av disse prosjektene finner sted i støperiet på et område som kalles ”nedleggerområdet”. I støperiet ved Hydro i Sunndal er det to støpesentre og to nedleggerområder. I følge fagsjef for automatisering og

robotisering ved Hydro i Sunndal er tanken med dette automatiseringsprosjektet å endre på de manuelle operasjonene, slik at personen på nedleggerområdet ikke behøves der lenger. I dag betjenes nedleggerområdene av en person pr. skift. Dette automatiseringsprosjektet vil gi en sikkerhetsmessig gevinst da man unngår å ha folk i et område hvor det foregår mye kranarbeid. I tillegg har prosjektet en økonomisk gevinst ved at man reduserer bemanningen med en person pr. skift. Prosjektet er i følge fagsjefen for automatisering og robotisering ikke en revolusjon innen automatisering. Det dreier seg i stedet om mange små tiltak som til sammen utløser gevinster.

En av arbeidsoppgavene som utføres på nedleggerområdet handler om å banke på pressbolten med en hammer for å fjerne fluor. Denne operasjonen vil flyttes opp til kranføreren slik at det manuelle arbeidet fra nedleggerområdet fjernes. I tillegg jobbes det med å legge inn flere betjeningsknapper på krantablået slik at andre relativt enkle arbeidsoppgaver kan tas derfra. Til sammen fører dette til at mye av jobben til personen på nedleggerområdet forsvinner. I disse tilfellene flyttes arbeidsoppgaver fra en person til en annen. Her er det altså ikke snakk om helautomatiserte løsninger hvor maskiner eller roboter tar over oppgavene fullstendig.

I det samme prosjektet finnes det likevel flere arbeidsoppgaver hvor helautomatiserte løsninger skal implementeres. I dag blir ultralydmåling og lengdemåling av pressboltene hovedsakelig gjort manuelt med håndholdte apparater. I forhold til ultralydmålinger av pressboltene, er tanken å få satt opp stasjoner i linjen hvor bolten skal gå igjennom og måles automatisk. I følge fagsjefen for automatisering og robotisering er dette et av de dyreste tiltakene i forbindelse med prosjektet i støperiet. Hydro ønsker i tillegg å implementere automatisk lengdemåling av pressboltene slik at man slipper å måle dem med målebånd. I begge disse tilfellene hvor man gjør målinger av pressbolter, er avansert sensorteknologi nødvendig. Sensorene sørger for presise målinger, og informasjonen registreres i det overordnede datasystemet som overvåker prosessene. Automatiske målinger vil i tillegg til å fjerne arbeidsoppgaver føre til økt effektivitet og presisjonsnivå: *”Mennesker er ikke like nøyaktige i sine målinger og bruker lengre tid enn maskiner og sensorer”* (Informant fra Hydro Sentralt). Moderne sensorteknologi blir av mange ansett for å være en av de viktigste årsakene til at industriprosesser kan optimaliseres. Bruk av sensorer er helt sentralt i begrepet Internet of Things (IoT) som igjen er en forutsetning for Industri 4.0 (Kagermann, Wahlster og Helbig, 2013).

Hydro i Sunndal ønsker å anvende mer sensorteknologi i produksjonsprosessene, og stadig flere ”ting” kobles til internett. Ett av områdene hvor man forsøker å implementere nye løsninger, er i elektrolyseavdelingen hvor det fremdeles er mye manuell måling. Den nyeste elektrolyseavdelingen, SU4, har 340 elektrolyseceller hvor operatørene måler spenning på cellene med et håndholdt apparat. Spenningsverdien skrives opp av operatørene og blir deretter punchet inn i et datasystem på kontorer. Hydro ønsker å løse denne arbeidsoppgaven på en mer effektiv måte. De er i ferd med å utvikle en løsning hvor man bruker smarttelefoner og kobler dem opp mot måleapparatene som måler spenningen. Signalet vil gå rett fra måleapparatet til telefonen og sørge for at datainformasjonen overføres. Disse dataene overføres deretter automatisk fra telefonen til kontrollsystemet. En slik teknologisk løsning vil spare operatørene for en del jobb og unødvendig forflytning. I dette eksempelet tar Hydro i bruk de to viktigste komponentene i Industri 4.0, altså henholdsvis Internet of Things (IoT) og Cyber-Physical Systems (CPS). Det er heller ikke i dette tilfellet snakk om en helautomatisert løsning hvor maskiner utfører målingene uten hjelp fra mennesker (operatører). Eksempelet ovenfor viser dessuten at Industri 4.0 dreier seg om mer enn bare automatisering og robotisering. Ofte handler det om at mennesker blir kapable til å utføre arbeidsoppgaver mer effektivt gjennom å ta i bruk nye teknologiske løsninger.

I følge Schwab (2016) kan moderne sensorteknologi brukes til ”predictive maintenance” og føre til radikale endringer i vedlikeholdsarbeidet for industribedrifter. Flere av informantene snakket om hvordan Industri 4.0 kan bidra til å endre vedlikeholdsarbeid. I følge informanten fra Hydro Sentralt ønsker bedriften å utnytte datainformasjonen som registreres av sensorer til å predikere feil på maskiner og annet utstyr. Gjennom å analysere disse dataene kan man være proaktiv og reparere maskinene i tide før de bryter fullstendig sammen. Ved å utnytte ”rett informasjon til rett tid” ønsker Hydro i Sunndal å være i forkant og unngå kostbare avbrudd. Informanten fra Hydro Sentralt tror reparasjonskostnadene vil kunne reduseres betydelig gjennom predicitive maintenance. For å lykkes med forutsigbart vedlikeholdsarbeid er man nødt til å foreta en grundig analyse av informasjonen som registreres av sensorene. Fagsjef for automatisering og robotisering tror deler av analysen vil bli tatt hånd om av eksterne servicebedrifter med spesialkompetanse på området. Samtidig vil det også foregå analyse internt i vedlikeholdsavdelingene ved Hydro i Sunndal. Alle informantene som jobber i Hydro tror det vil være nødvendig med en kompetanseheving i vedlikeholdsavdelingene dersom de ansatte skal være kapable til å utføre predictive maintenance. Dette blir det sett nærmere på i delkapittel 5.5 som omhandler kompetansen til fremtidens arbeidstakere ved metallverket.

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener Industri 4.0 vil føre til fabrikker der omtrent alt er koblet til internett. Det gjelder ikke bare produksjonsutstyr, maskiner og roboter, men også komponenter og halvfabrikata som til slutt skal inngå i sluttproduktet. For Hydro i Sunndal vil det selvsagt være vanskelig, om ikke umulig, å koble alt som inngår i fremstillingen av primæraluminium til internett. Det er tross alt snakk om flytende metall og råmaterialer. Hydro i Sunndal forsøker likevel å ta i bruk stadig mer avansert sensorteknologi og komponenter med internettilgang i driften. Flere av informantene som jobber i Hydro ga uttrykk for at stadig mer utstyr, maskiner og komponenter vil bli koblet til internett fremover gjennom satsningen på Industri 4.0. Dette virker sannsynlig med tanke på de store fremskrittene sensorteknologi har hatt de siste årene. Samtidig vil jeg understreke at aluminiumproduksjon har en del utfordringer grunnet det tøffe arbeidsklimaet. Fremstilling av primæraluminium skjer ved høye temperaturer og med magnetfelt som kan slå ut sensorer, elektronikk og annet digitalt utstyr. Dette blir nærmere beskrevet i delkapittel 5.2.

Jeg valgte bevisst å presentere to nokså forskjellige automatiseringsprosjekt hvor det tas i bruk teknologi på nye måter. Prosjektet med selvkjørende kjøretøy (AGV) er omfattende og har en lang tidshorisont, mens de ulike tiltakene ved støperiet og nedleggerområdet er enklere å få på plass og krever mindre ressurser. Brynjolfsson og McAfee (2014) mener denne spennvidden er typisk for moderne informasjonsteknologi og digitalisering. Teknologien rammer bredt og består av både større og mindre tiltak som til sammen kan gi store gevinster. Prosjektene jeg fikk innsyn i, viser at det blir stadig flere datastyrte prosesser ved Hydro i Sunndal. Det implementeres mer sensorteknologi og annet elektronisk utstyr som for eksempel aktuatorer og digitale skjermer. Å ta i bruk nye teknologiske løsninger og implementere IKT i driften, er riktignok ikke noe nytt som kommer gjennom satsningen på Industri 4.0. I følge Ulvund (2014) har metallverket i Sunndal hatt ett fokus på teknologi helt siden etableringen i 1954. Det er likevel mye som tyder på at Industri 4.0 vil forsterke fokuset på teknologi, digitalisering og automatisering/robotisering i tiden som kommer.

Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal mener man har mye jobb foran seg før man kommer dit de ønsker å være med Industri 4.0: *”Det er en lang vei å gå før vi har kommet dit vi ønsker å være. Vi er fremdeles bare i startgropa, men spennende ting ligger foran oss”*. Han mener Hydro i Sunndal må satse på Industri 4.0 og digitalisering (automatisering og robotisering) for å sikre at man forblir konkurransedyktige i fremtiden. Dette er et synspunkt som blir delt av alle informantene med lederstillinger i Hydro. De mener

det er viktig at norske industrivirksomheter henger med i tiden og utnytter teknologien til sin fordel. Blir man sittende passivt på gjerdet, vil konkurrenter kunne utnytte dette:

*Industri 4.0 og disse teknologiske løsningene vil jo slå innover oss enten vi vil det eller ikke. For Hydro sin del er vi nødt til å gå i den retningen. Du kan gå den veien sent, eller du kan prøve å gå den så fort muligheten er der. Konkurrentene jobber med akkurat det samme, og vi vil ikke havne bakpå (Informant fra Hydro sentralt)*

Prosjektene jeg har beskrevet i det foregående viser at Hydro i Sunndal prøver å ta del i den teknologiske utviklingen som preger store deler av industrien i vesten. Industri 4.0 virker å være mer enn bare et "buzzword" og en spennig fremtidsvisjon for Hydro i Sunndal. Det skjer flere ting i praksis. Ledelsen i Hydro har stor tro på at Industri 4.0 kan ta deres aluminiumverk flere steg videre når det gjelder effektivitet og konkurransedyktighet. Dersom Hydro i Sunndal lykkes med automatiseringsprosjekt og annen teknologisk satsning nå i startfasen, vil det sannsynligvis bli bevilget enda mer penger og ressurser til prosjekt som tar sikte på å føre metallverket i retning av Industri 4.0. Det er likevel for tidlig å konkludere med at en aluminiumprodusent som Hydro i Sunndal vil lykkes med å bli en "smart fabrikk". Det er mange utfordringer forbundet med å implementere nye teknologiske løsninger i aluminiumproduksjon slik jeg tar opp i følgende delkapittel. Det er likevel liten grunn til å tvile på at ambisjonene er til stede ved Hydro i Sunndal. Samtidig må jeg minne om det fagsjefen for automatisering og robotisering ga uttrykk for i sitt intervju. Hydro i Sunndal er i startfasen av satsningen på nye teknologiske løsninger og Industri 4.0, og har en lang vei å gå før de kommer dit man ønsker å være. Industri 4.0 vil derfor mest sannsynlig bli et satsningsområde for Hydro i Sunndal i lang tid fremover. Det er ikke sikkert man ser store effekter av denne satsningen på nye teknologiske løsninger før om fem-ti år eller kanskje på enda lenger sikt.

## **5.2 Muligheter og utfordringer gjennom stadig mer avansert informasjonsteknologi**

I teorigjennomgangen påpekte jeg at Brynjolfsson og McAfee (2014) og Schwab (2016) mener en stadig mer avansert informasjonsteknologi gir nye muligheter for industri og næringsliv. Jeg vil i det følgende se nærmere på hvilke muligheter som ligger i Industri 4.0 og digitalisering for Hydro i Sunndal. I tillegg forsøker jeg å avklare hvilke utfordringer en slik teknologisk utvikling kan medføre. "Muligheter og utfordringer" vil i denne sammenheng knyttes til teknologi, økonomi og arbeidsforhold. Analysen er basert på informasjonen som

har kommet frem i intervjuene og mine observasjoner i forbindelse med feltarbeidet. Informasjonen vil knyttes til teori og litteratur fra teorikapitlet og utgjør til sammen grunnlaget for de empiriske slutningene.

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) hevder digitalisering, maskinlæring og robotisering vil føre til mer interessante arbeidsoppgaver for folk i industrien. En mer spennende arbeidshverdag blir sett på som en av de store mulighetene som ligger i Industri 4.0. De samme tankene blir delt av flere informanter i mitt prosjekt. Fagsjef for automatisering og robotisering tror ny teknologi vil kunne bidra til å fjerne farlige, kjedelige og rutinepregede operasjoner. Ved å automatisere rutinepregede arbeidsoppgaver vil arbeidsdagen for de ansatte kunne bli mer interessant og mindre monoton. Forskeren fra SINTEF er av samme oppfatning og har følgende tanker om dagens teknologiske utvikling: *”Jeg tenker at en del av teknologien som kommer nå, kan gjøre jobbene mer attraktive og spennende. Rett og slett bedre å stå i”*. Videre sier denne informanten at Industri 4.0 kan sørge for å dytte makt, myndighet og beslutninger nedover i organisasjonen. Altså å desentralisere beslutningstaking. Forskeren fra SINTEF mener at mer omfattende informasjonsflyt trolig vil føre til at folk lenger nede i hierarkiet får nye arbeidsoppgaver. Slike oppgaver vil blant annet gå på å tolke data og foreta beslutninger basert på informasjonen som blir tilgjengelig. Fagsjef for automatisering og robotisering tror også at Industri 4.0 kan føre til at beslutninger flyttes nedover i organisasjonen, men understreker at det her er snakk om en prosessbedrift hvor oppgavene i stor grad er forhåndsbestemte og statiske. Han tror sånn sett det kanskje er mindre rom for beslutningstaking og kreativ fortolkning av data i aluminiumproduksjon enn det er for ansatte i industrier hvor det produseres sluttprodukt eller halvfabrikata.

Ny teknologi har opp gjennom årene endret mye av arbeidshverdagen til operatører i aluminiumproduksjon. Der hvor det tidligere ble utført tungt kroppsarbeid, har teknologi og maskiner bidratt til å gjøre jobbene mindre fysisk krevende. Muskelkraft er likevel fremdeles nødvendig for å løse flere arbeidsoppgaver ved Hydro i Sunndal. Flere av mine informanter tror digitalisering og teknologisk utvikling vil kunne føre til HMS-relaterte gevinster. Altså fremskritt innen helse, miljø og sikkerhet. Leder for SKF tror man gjennom Industri 4.0 kan redusere antall farlige situasjoner og det totale skadeomfanget. Flere arbeidsoppgaver som i dag utføres av mennesker ved Hydro i Sunndal har en risiko for skader forbundet med seg. Blant annet blir løft av deksel fra elektrolysecellene i SU4 trukket frem som en arbeidsoppgave der man ønsker å få på plass en helautomatisert løsning. Dette er en

jobb som over tid tærer på ryggene til de ansatte i følge fagforeningslederen. I tillegg til å bedre arbeidsforholdene for de ansatte, vil en reduksjon av skader også ha en betydelig økonomisk gevinst i følge fagsjef for automatisering og robotisering: ”Å ha skader på de ansatte er en stor kostnad for bedrifter over tid”.

Brynjolfsson og McAfee (2014) og Schwab (2016) mener digitaliseringen av arbeidslivet vil føre til økt produktivitet og bedre resultater for industribedrifter som klarer å utnytte teknologien på en god måte. Dette kan blant annet skje gjennom mer effektive produksjonsprosesser, lavere driftskostnader og bedre produktkvalitet. Fagsjef for automatisering og robotisering tror Hydro i Sunndal kan få bedre kvalitet på produktene (de produserer) ved å øke automatiseringsgraden. Dersom man klarer å dokumentere en kvalitetsmessig bedring via måling, vil flere kunder være villige til å betale mer for produktene. Informanten fra Hydro Sentralt mener også at det er mulig å få bedre kvalitet på ferdigmetallet gjennom Industri 4.0. Han tror man kan få ny innsikt om metallet gjennom analysing av datainformasjonen som sensorene registrerer. Dette kan i sin tur brukes til produktutvikling og til å finne nye bruksområder for aluminium.

En av hovedårsakene til at industribedrifter opp gjennom historien har satset på ny teknologi og automatiserte løsninger, har vært å redusere kostnader. I følge Ulvund (2014) har Hydro i Sunndal alltid hatt en ambisjon om å redusere kostnader ved å implementere nye teknologiske løsninger. Rasjonaliseringen som startet på slutten av 1980-tallet var et forsøk på å redusere både produksjon- og lønnskostnader, og i tillegg å øke effektiviteten. Effektivitet og kostnader henger for øvrig ofte tett sammen for industribedrifter. Fagsjefen for automatisering og robotisering og informanten fra Hydro Sentralt tror Hydro i Sunndal kan redusere sine kostnader gjennom satsningen på Industri 4.0. Informanten fra Hydro Sentralt tror Industri 4.0 kan føre til en mer effektiv produksjon med høyere produksjonsvolum pr. ansatt. Dette kan på sikt bli et konkurransefortrinn for Hydro i Sunndal. Det er flere måter Hydro i Sunndal kan øke produksjonsvolumet pr. ansatt på: De kan øke produksjonsvolumet med samme bemanning, de kan holde volumet konstant og redusere bemanningen, og de kan øke produksjonsvolumet samtidig som bemanningen reduseres. Det siste alternativet er nok mest ambisiøst. Det er likevel dette alternativet jeg har inntrykk av at ledelsen i Hydro håper å realisere gjennom Industri 4.0. Jeg skriver mer detaljert om hvilke følger Industri 4.0 kan få for bemanningen ved Hydro i Sunndal i delkapittel 5.3.



Industri 4.0 og digitalisering gir som jeg har vist foran Hydro i Sunndal mange nye muligheter. Samtidig er det flere utfordringer forbundet med dagens teknologiske utvikling. Det er blant annet store forskjeller mellom bedrifter og bransjer når det gjelder vilkårene for å implementere nye teknologiske løsninger. Aluminiumproduksjon skjer under relativt tøffe arbeidsforhold, og arbeidsklimaet byr på en del utfordringer rent teknisk. Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal viser til elektrolysen hvor det er varmt, en del støv og sterke magnetfelt. Disse faktorene gjør det vanskelig å montere sensorer på elektrolysecellene, og er årsaken til at temperaturen i smelten fortsatt måles manuelt. Hydro har ikke klart å få til en automatisk måling på grunn av at det sure og varme miljøet i cellen (smelta) tærer i stykker sensorer på kort tid.

Magnetfelt kan på sin side bli en utfordring i forhold til prosjektet med selvkjørende kjøretøy. En moderne bil utstyrt med det nyeste av elektronikk og datateknologi vil kunne oppleve å stoppe helt opp enkelte steder i fabrikken i Sunndal. Dette skyldes at magnetfeltene er så sterke at datasystemene slås ut. Informanten fra Hydro Sentralt tror likevel at utfordringen med magnetfelt er løsbart: *”Dette er en utfordring vi vil greie å løse. Man kan blant annet skjerme for magnetfeltene. Men det vil nok kreve en del pilotering og testing før vi er i mål”*.

En annen utfordring i forhold til automatisering og aluminiumsverk, er at man ikke kan stoppe produksjonen. Elektrolyseprosessen må gå hele tiden og få strøm tilført kontinuerlig. Dersom strømforsyningen faller ut i mer enn fem timer, vil elektrolysecellene begynne å ”fryse inn” og det vil koste mange hundre millioner å få startet opp driften igjen. Ettersom at elektrolysen ikke kan stoppe opp, må også støperiet og massefabrikken fungere til en hver tid. Det er derfor utfordrende å gjennomføre store utbygginger ved metallverk som Hydro i Sunndal. Man må være helt sikker på at det nye utstyret som implementeres ikke bryter sammen slik at produksjonen kan gå kontinuerlig. I følge fagsjef for automatisering og robotisering er det derfor kanskje aller mest risiko forbundet med selve implementeringen av nye teknologiske løsninger:

*Vi kan ikke stoppe produksjonen og implementere nye teknologiske løsninger slik de ofte har mulighet til å gjøre i andre industrier. Aluminiumproduksjon er forholdsvis spesiell i den sammenheng. Det er ikke som å lage konfekt eller bildekk (Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal).*

Deler av metallverket i Sunndal begynner å bli temmelig gammelt. Dette gjør det utfordrende å øke automatiseringsgraden og implementere nye teknologiske løsninger. To tredjedeler av fabrikken er fra moderniseringsprosjektet som var ferdig i 2004. Blant annet den nye elektrolysehallen, SU4, stod ferdig etter denne oppgraderingen av anlegget. I de nyeste delene av metallverket kan det gjøres relativt mye for å øke automatiseringsgraden og ta i bruk informasjonsteknologi på nye måter. I de eldre delene av fabrikken er dette derimot langt mer utfordrende. Fagsjefen for automatisering og robotisering mener SU3, altså de to gamle elektrolysehallene fra 1968, er konstruert på en måte som gjør det vanskelig å komme særlig mye lenger når det gjelder automatisering og robotisering. I tillegg ble massefabrikken trukket frem som en avdeling der utstyret begynner å bli gammelt:

*Dersom det kommer noen store nyinvesteringer – en ny elektrolysehall som erstatter SU3, ny brennovn og en ny massefabrikk, kan automatiseringsgraden økes ytterligere (Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal).*

At deler av metallverket og utstyret begynner å dra på årene er altså en utfordring med tanke på å øke automatiseringsgraden og implementere teknologiske løsninger som ligger i Industri 4.0. Etter at jeg gjennomførte intervjuene, har det blitt kjent at Hydrokonsernet vil bruke 200 millioner kroner til å blant annet oppgradere massefabrikken (karbonanlegget) ved Hydro i Sunndal. Denne investeringen bedrer mulighetene for å få på plass en ny massefabrikk senere (Fossum, 2017). Fagsjef for automatisering og robotisering fortalte at denne investeringen gjør at man kommer lenger i forhold til satsningen på Industri 4.0. Han tror dessuten at investeringen vil bidra til at Hydro får på plass en helt ny massefabrikk og brennovn på sikt.

Historisk sett har rutinepreget og manuelt arbeid i aluminiumindustri og øvrig industri vært svært utsatt for automatisering. Man kan derfor stille spørsmålet: Hvorfor utføres det fremdeles fysisk og rutinepreget arbeid ved Hydro i Sunndal? En viktig forklaring på dette er knyttet til uforutsigbarhet. Det kan oppstå uforutsette ting i utførelsen av en oppgave, og dette gjør at det blir variasjoner i arbeidet fra gang til gang. Dette skjer for eksempel i forbindelse med fjerning av metallrester som blir til overs etter støping av bolter og valseblokker. Dette er en rutinepreget arbeidsoppgave som i utgangspunktet virker enkel å automatisere, men som det sannsynligvis vil være vanskelig for maskiner å overta med det første. Hvor mye metallrester som ligger igjen på utstyret som brukes i støpeprosessen varierer mye, og det fysiske arbeidet med å fjerne metallrestene blir derfor forskjellig fra gang til gang. De fysiske bevegelsene til operatørene er altså ikke helt like eller forutsigbare. Slike variasjoner i

arbeidsutførelsen gjør at det blir vanskelig å programmere en robot til å utføre oppgaven. Dersom arbeidet er uforutsigbart er automatisering langt mer komplisert. Eksempelet over kan ses i lys av Moravecs paradoks som jeg skrev om i teorikapitlet. Poenget til Moravec er at det ofte vil være enklere å automatisere ”vanskelig” kunnskapsarbeid enn ”enkelt” fysisk og manuelt arbeid. En kombinasjon av Moravecs paradoks og det tøffe arbeidsklimaet (høye temperaturer og magnetfelt) kan vise seg å bli en utfordring for Hydro i Sunndal når det gjelder automatisering av en del fysisk og manuelt arbeid. Samtidig er det ingen tvil om at maskiner og roboter har tatt store steg når det gjelder å håndtere komplekst fysisk arbeid de siste tiårene. Forskere som Brynjolfsson og McAfee (2014), Frey og Osborne (2013) og Schwab (2016) tror denne utviklingen vil fortsette takket være Moore’s law og forventede fremskritt innen kunstig intelligens og maskinlæring.

I teorikapitlet skrev jeg om Polanyis paradoks og hvordan taus kunnskap gir utfordringer når det gjelder automatisering og robotisering. For en del av arbeidsoppgavene som utføres ved Hydro i Sunndal vil læring skje gjennom praksis, og mye av kunnskapen som tilegnes blir derav taus. Eksempelet som ble beskrevet i det foregående med rensing av produksjonsutstyr har også en solid dose av taus kunnskap forbundet med seg. Det er vanskelig å komme med detaljerte beskrivelser av en slik arbeidsoppgave eller tallfeste operasjonen da det er variasjoner fra gang til gang. I tillegg vil det fysiske arbeidet som utføres måtte læres gjennom praktisk utførelse og bruk av mange sanser. Dette medfører at en kodifisering av oppgavens innhold blir krevende, noe som igjen gjør det svært utfordrende å utvikle helautomatiserte løsninger. Ingeniører forsøker å overkomme Polanyis paradoks ved å skape ”enkle” arbeidsmiljø med færre hindringer og variabler. Et eksempel er helautomatiserte varehus der prosessen er konstruert på en måte som gjør at maskiner og roboter kan utføre jobben. I slike varehus har de lyktes med å redusere variasjoner i arbeidet og at uforutsette ting oppstår. Arbeidet kan derfor uttrykkes eksplisitt gjennom ord og tall, og taus kunnskap og Polanyis paradoks blir av mindre betydning. Når det gjelder aluminiumproduksjon, er det nok betydelig vanskeligere å overkomme Polanyis paradoks i mange tilfeller. Samtidig kan det tenkes utenfor boksen og utvikles alternative løsninger hvor maskiner løser oppgaver på helt andre måter enn mennesker.

Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal mener at mye av det som blir gjort i driften gjøres etter gammel vane. Det er rett og slett ikke tenkt nytt. Med satsningen på Industri 4.0 forsøkes det å tenke nytt og kreativt, og dette fører til en del utprøving av

løsninger man på forhånd ikke vet om vil fungere. Ofte er det snakk om store prosjekt som krever pilotering og nøye uttesting, men selv mindre tiltak innebærer som regel en prosess preget av prøving og feiling. Fagsjefen for automatisering og robotisering mener det er viktig å få med seg operatørene og resten av medarbeiderne i driften når det kommer til testing av nye teknologiske løsninger, og understreker at dette i enkelte tilfeller kan være utfordrende:

*Vi må ha med oss de ansatte. Folk må være villige til å ta i bruk ny teknologi, hvis ikke vil ikke ting kunne gjennomføres. Det er helt nødvendig at vi har fagforeningene på lag (Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal).*

For å inkludere fagforeningene i prosjekter vedrørende automatisering og robotisering, er det opprettet en egen automatiseringsgruppe. Her vurderer man hvilke strategier og prosjekt Hydro i Sunndal skal satse på. Lederen for Sunndal kjemiske fagforening er medlem av denne gruppa og forteller at samarbeidet fungerer godt. Fagforeningene er generelt positive til automatisering og Industri 4.0, så lenge tiltakene medfører at arbeidsplassene blir sikrere økonomisk sett og driftsmessig. De er dessuten ofte for prosjekt som medfører nedbemanning, så fremt det fører til mindre arbeid reelt sett, eller at arbeidsoppgaver utføres så mye raskere ved å anvende maskiner at det ikke er rasjonelt å ha mennesker til å ta hånd om de. Lederen for SKF understreker at det er viktig å inkludere fagforeningene tidlig i prosessen slik at de kan legge frem sine synspunkt og bli inkludert i beslutningstakingen. Ledelsen i Hydro og representanter fra fagforeningene har ofte ulike oppfatninger av hvilke effekter automatiseringsprosjekt vil ha:

*Vi liker jo ofte å peke på de litt ubeleilige sakene og at ideene faktisk må være gjennomførbare. (...) Det er våre folk som står på anleggene i dag og de vet at mange tiltak fører til ekstraarbeid. Der for eksempel ledelsen ser at en oppgave er å kjøre fra A til B, vet vi at det er mange stopp underveis for å korrigere feil. Vi bringer derav totalbildet inn i diskusjonen (Leder for Sunndal kjemiske fagforening).*

I Hydro i Sunndal og i norsk industri ellers har samarbeidslinja mellom fagforeningene og bedriftsledelsen tradisjonelt stått sterkt og gitt resultater. Ulvund (2014) mener dette blant annet har vært tilfelle i forbindelse med å få på plass rammebetingelser og kraftavtaler. Dette er nok en av grunnene til at Hydro i Sunndal legger til rette for et godt samarbeid med organiserte arbeidere, og inkluderer dem i planleggingen av Industri 4.0. På denne måten forsøker Hydro å skape en arena hvor hele organisasjonen får ytre sine meninger. Et velfungerende samarbeid mellom ledelse, fagforening og medarbeidere kan dessuten bli

ekstra viktig med satsningen på Industri 4.0. Industri 4.0 og digitalisering vil høyst sannsynlig føre til flere endringer ved Hydro i Sunndal, og endring kan slik jeg skrev i teorikapitlet, føre til mostand og engstelse blant de ansatte. Jeg tror derfor det blir viktig at kommunikasjonen mellom ledelse og fagforeninger fungerer godt i tiden som kommer. Tydelig kommunikasjon og samarbeid er en forutsetning for at hele organisasjonen skal være endringsvillig og se verdien av teknologisk utvikling.

I følge Brynjolfsson og McAfee (2014) vil fremskritt innen informasjonsteknologi (robotisering, kunstig intelligens og maskinlæring) føre til at maskiner og roboter blir i stand til å utføre flere komplekse arbeidsoppgaver. Dette gjelder både forutsigbart fysisk arbeid og en del kunnskapsarbeid. Fagsjef for automatisering og robotisering er overbevist om at Hydro i Sunndal vil ta i bruk mer maskiner som følge av satsningen på Industri 4.0. I første rekke er det som nevnt de mest rutinepregede oppgavene til operatørene som vil la seg automatisere, men fagsjefen for automatisering og robotisering tror at stadig mer komplekse operasjoner kan bli utført av maskiner etter hvert som teknologien blir mer avansert. Det er likevel mange utfordringer forbundet med å ta i bruk avanserte maskiner og roboter i aluminiumproduksjon slik jeg har vært inne på tidligere. Vi skal huske på at Industri 4.0 opprinnelig kommer fra Tyskland og relateres ofte til bilindustri og produksjon av datautstyr hvor tyskerne er i førersetet. Mye av den tyske industrien går dessuten på å produsere sluttprodukter og blir ansett for å være finmekanisk. Produksjonen av primæraluminium er derimot grovmekanisk og involverer nedbryting av råmateriale og flere kjemiske prosesser. I forkant av denne oppgaven stilte jeg derfor følgende spørsmål til meg selv: Hvor mye av det originale innholdet i Industri 4.0 er overførbart til norsk tungindustri og fremstilling av primæraluminium?

Informasjonen som har kommet frem gjennom feltarbeidet tyder på at mye av teknologien som ligger i Industri 4.0 kan overføres til produksjon av primæraluminium. Flere av prosjektene som er i ferd med å gjennomføres ved Hydro i Sunndal viser at mye allerede skjer i praksis. Både Internet of Things og Cyber-Physical Systems vektlegges i stadig større grad av Hydro, og det samme gjelder automatisering og robotisering. Slike teknologier er helt sentrale i konseptet Industri 4.0 som ble utviklet i Tyskland. Jeg har likevel kommet frem til følgende betraktning i løpet forskningsprosjektet: En produsent av primæraluminium har helt andre utfordringer når det gjelder å ta i bruk nye teknologiske løsninger enn det for eksempel en bilprodusent har. Det er store forskjeller mellom industrier og også variasjoner mellom

bedrifter innen samme industri med tanke på implementering av teknologi som ligger i Industri 4.0. Kanskje vil det derfor være smart av norsk tungindustri og Hydro i Sunndal å gjøre slik forskeren fra SINTEF sa i sitt intervju: ”*Vi er ikke nødt til å kopiere Tyskland og deres versjon av Industri 4.0 til punkt og prikke. Jeg tror det er smartere om vi lager vår egen versjon som er tilpasset norske forhold og industrien vi har her*”.

### **5.3 Teknologisk utvikling og bemanning**

Informasjonsteknologi, automatisering og robotisering har siden ”den digitale revolusjon” som startet på slutten av 1960-tallet, spilt en viktig rolle i industri og øvrig arbeidsliv i den industrialiserte delen av verden. Også produsenter av aluminium har forsøkt å ta i bruk teknologiske løsninger båret frem av stadig mer avansert informasjonsteknologi. Hydro i Sunndal har gjennom informasjonsteknologi implementert flere helautomatiserte løsninger, og dette har hatt innvirkning på bemanningen. I følge Ulvund (2014) har Hydro i Sunndal redusert arbeidsstokken med om lag femti prosent de siste tretti årene. Han mener dette hovedsakelig skyldes rasjonalisering og effektivisering. Nye og bedre teknologiske løsninger har gjort det mulig å drive produksjonen med færre ansatte. Et av spørsmålene jeg ønsket å finne svar på, er om Industri 4.0 vil føre til en ytterligere nedbemanning ved Hydro i Sunndal. I tillegg ønsket jeg å finne ut om enkelte yrkesgrupper ved metallverket er mer utsatt for å bli erstattet av maskiner enn andre. Jeg bygger her på informantenes synspunkter og relaterer informasjonen til litteraturen i teorikapitlet. Gjennom analysen søker jeg å komme frem til en egen fortolkning.

Flere forskere argumenterer for at fremskritt innen informasjonsteknologi vil kunne føre til en reduksjon av antall sysselsatte i mange bransjer og industrier (Brynjolfsson og McAfee, 2013; Schwab, 2016; Ford, 2015 og Frey og Osborne, 2013). Fagsjef for automatisering og robotisering tror Industri 4.0 vil føre til noe nedbemanning ved metallverket på Sunndalsøra. Han tror likevel ikke det blir snakk om en dramatisk reduksjon av antall ansatte i nær fremtid. I følge informanten fra Hydro Sentralt vil en nedbemanning skje gjennom en gradvis implementering av nye teknologiske løsninger. Han tror ikke en nedbemanning vil komme som et sjokk på de ansatte, og poengterer at aluminiumindustrien har rasjonalisert arbeidsoppgaver gjennom hele sin historie.

Forskeren fra SINTEF tror at Industri 4.0 sannsynligvis vil føre til en reduksjon av antall ansatte i aluminiumproduksjon: ”Industrien ser etter nye måter å bruke informasjonsteknologi på, og automatisering og robotisering er et stort satsningsområde. En konsekvens av en slik satsning vil nok være noe nedbemanning”. Nøyaktig hvor omfattende reduksjonen av antall ansatte kommer til å bli ved Hydro i Sunndal, er det i følge SINTEF-forskeren særdeles vanskelig å forutse. Han tror det kan bli store variasjoner mellom bransjer og virksomheter som opererer i samme industri. Det er derfor vanskelig å uttale seg helt konkret om hvor omfattende en nedbemanning blir for konkrete virksomheter, og da særlig som ekstern informant. Forskeren fra SINTEF er derimot mer sikker på at enkelte yrkesgrupper er mer utsatte enn andre når det gjelder automatisering og robotisering. Han mener yrker hvor det er svært rutinepregede arbeidsoppgaver og lite behov for kritisk tenkning er mest utsatt. Et slikt synspunkt sammenfaller med forskningen til blant annet Frey og Osborne (2013) og Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014).

Brynjolfsson og McAfee (2014) mener økt automatisering og robotisering vil bidra til å øke produktiviteten, og at vi allerede ser tegn til dette i store deler av den industrialiserte delen av verden. Årsaken til denne produktivitetsøkningen er at maskiner, roboter og programvare gjør virksomhetene i stand til å skape større verdier med mindre innsats (input). Ved å anvende moderne informasjonsteknologi kan bedrifter øke output og samtidig holde antall ansatte konstant eller til og med redusere bemanningen. Informantene i mitt utvalg er enige med Brynjolfsson og McAfee (2014). De mener moderne informasjonsteknologi og Industri 4.0 vil bidra til å øke produktiviteten i industribedrifter. Men enkelte av deltakerne tror en produktivitetsøkning kan bidra til å forhindre en dramatisk nedbemanning når det gjelder akkurat Hydro i Sunndal:

*Jeg tror det vil bli færre arbeidsplasser pr. tonn produsert. Men forhåpentligvis vil Industri 4.0 føre til større volum, og et behov for arbeidskraft andre steder i produksjonen. Kanskje vil det trengs flere folk på kaia og på logistikk for å ta inn og ut råvarer og ferdigprodukt. Vi ser dessuten for oss en ny massefabrikk og brennovn hvor vi blir selvforsynt av anoder. Dette vil til sammen generere flere arbeidstimer, men færre arbeidstimer pr. tonn (Leder for Sunndal kjemiske fagforening).*

Fagforeningslederen tror altså at Industri 4.0 kan bidra til å øke produksjonsvolumet totalt sett, og at antall tonn aluminium produsert pr. ansatt vil øke. En slik utvikling kan være med å frigjøre arbeidskraft og brukes i andre deler av produksjonen. Fagsjef for automatisering og

robotisering tror dette kan bli et realistisk scenario i enkelte tilfeller, men er usikker på hvor stort omfanget blir. Han understreker likevel at målsettingen med Industri 4.0 ikke er å erstatte mennesker med maskiner, men å bli mer effektiv. Dette kan gjøres på flere måter.

Informanten fra Hydro Sentralt er enig med de foregående informantene om at nye teknologiske løsninger vil føre til økt produksjonsvolum. Han er derimot mer usikker når det gjelder frigjøring av arbeidskraft og hvorvidt den vil kunne brukes andre steder i driften:

*Du har jo ikke noen ledig tid som folk kan gå inn i per definisjon. Jeg tror nok at effektivisering blir på arbeid man ikke har behov for å gjøre. Dersom det ikke er noe annet arbeid som venter, er det litt vanskelig å se for seg at denne kapasiteten kan brukes andre steder (Informant fra Hydro Sentralt).*

Informanten fra Hydro Sentralt er altså usikker på om det finnes nok oppgaver som har behov for arbeidskraft i dagens drift. Han mener behovet for arbeidskraft i andre deler av produksjonen først vil øke dersom Hydro utvikler nye produkter og finner nye markeder. Det samme vil kunne skje dersom produksjonsvolumet blir vesentlig mye høyere. Først da vil det oppstå reelle behov for arbeidskraft i andre deler av produksjonen. En moderat produksjonsøkning er altså ikke tilstrekkelig. Informanten fra Hydro Sentralt mener dessuten at maskiner og roboter vil ta over flere logistikkoppgaver og lignende i fremtiden, og at dette kan føre til at behovet for arbeidskraft blir ytterligere redusert. Resultatet av Industri 4.0 og mer automatisering/robotisering vil derfor være færre ansatte pr. skift i følge informanten fra Hydro Sentralt. Det er altså delte meninger mellom informantene internt i Hydro om overflødig arbeidskraft kan flyttes til andre deler av produksjonen eller ikke. Dette gjelder kanskje særlig mellom lederen i SKF og informanten fra Hydro Sentralt.

Hydro gikk nylig ut med en pressemelding der de informerte om at de vil investere ytterligere 240 millioner kroner i metallverket i Sunndal. Det vil gjennomføres en del modifikasjoner og investeringer i eksisterende og nytt utstyr (hovedsakelig i elektrolysen). Hensikten er å øke strømstyrken og dermed produksjonen av primæraluminium. Verksdirektøren ved Hydro i Sunndal sier i et intervju med Adresseavisen at investeringen skal bidra til å øke den årlige produksjonen av primæraluminium med omtrent 15 000 tonn hvert år i tre år fremover (Fossum, 2017). Investeringen vil i tillegg brukes på en tredje produksjonslinje for støpelegeringer. Den nye produksjonslinjen vil i følge verksdirektøren gi økt fleksibilitet, og man får mulighet til å produsere de produktene som kundene etterspør og som gir best betalt



(Fossum, 2017). Denne investeringen kommer på toppen av de 200 millionene Hydro har satt av til oppgraderingen av massefabrikken ved Hydro i Sunndal. Samlet sett er investeringene på 440 millioner kroner.

I etterkant av intervjuene med mine informanter har det altså kommet frem at deler av Hydro i Sunndal blir oppgradert i årene som kommer. Oppgraderingene vil bidra til økt produksjonsvolum av primæraluminium og at flere tonn produseres pr. ansatt. Jeg fikk anledning til å prate med fagsjefen for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal etter at investeringsbeslutningen ble kjent for offentligheten. Han tror ikke produksjonsøkningen de neste tre årene vil være stor nok til at man trenger mer personell på logistikkavdelingene eller kaianlegget. Derimot vil den nye produksjonslinjen i støperiet generere noen nye arbeidsplasser. Fagsjefen for automatisering og robotisering er likevel usikker på om disse arbeidsplassene vil dekke tapet av arbeid som rasjonaliseres bort andre steder i produksjonen. Han forteller at Hydro ser på flere muligheter til å implementere helautomatiserte løsninger rettet mot logistikkoppgaver. De håper blant annet å få til automatisert transport av ferdigmetall fra støperi til mellomlager, og fra mellomlager til kaianlegg og båt. I disse tilfellene vil det være snakk om å ta i bruk selvkjørende kjøretøy (AGV) og en del robotisering som står for løft av ferdigmetall. Dette er et klart signal fra ledelsen i Hydro om at de ønsker å implementere nye teknologiske løsninger i flere deler av verdikjeden, ikke bare i selve produksjonsprosessen (elektrolysen, massefabrikken og støperiet).

Spørsmålet om hvor mye behov det blir for frigjort arbeidskraft i andre deler av produksjonen synes i stor grad å være avhengig av to forhold: Størrelsen på produksjonsøkningen og hastigheten på den teknologiske utviklingen. Produksjonsøkningen som kommer med oppgraderingen av elektrolyseanleggene, blir sannsynligvis for liten til at behovet for arbeidskraft vil øke i logistikkavdelingen og på transportsiden. Det er dessuten usikkert om det nye støpesentret genererer nok nye arbeidsplasser til å hindre en moderat reduksjon av arbeidsstokken samlet sett. Skulle Hydro i Sunndal få en betydelig produksjonsøkning en gang i fremtiden, kan det tenkes at behovet for arbeidskraft på områder som logistikk og transport vil øke. Samtidig vil det etter alt å dømme komme flere maskiner og roboter som er i stand til å utføre logistikk- og transportoppgaver med tiden. I følge Frey og Osborne (2013) er transport- og logistikkyrker blant de yrkene som vil bli aller mest utsatt for automatisering i løpet av de neste ti til tjue årene. Det er derfor usikkert om en fremtidig produksjonsøkning

kan føre til behov for mer arbeidskraft i logistikk- og transportavdelingene. Hadde oppgraderingene av metallverket gitt en betydelig produksjonsøkning de kommende tre årene, ville sannsynligvis behovet for arbeidskraft i disse avdelingene ha økt. Da ville ikke Hydro hatt nok tid til å få på plass roboter, selvkjørende kjøretøy (AGV) og andre maskiner som kan utføre logistikk- og transportarbeid.

Ved å ta i bruk mer maskiner, roboter og programvare i driften mener informantene at vedlikeholdsavdelingen trenger et løft. Fagsjef for automatisering og robotisering og lederen for Sunndal kjemiske fagforening tror det vil være nødvendig å flytte en del operatører fra produksjonsprosessene over til vedlikeholdsavdelingene. Bemanningen må altså økes for å sikre at vedlikeholdsarbeid blir håndtert på en god måte. Informanten fra Hydro Sentralt er på sin side ikke helt sikker på om det blir slik. Han er enig med informantene i det foregående om at vedlikeholdsavdelingen vil trenge en kompetanseheving som følge av Industri 4.0, men tror ikke man trenger flere ansatte i avdelingen av den grunn. Dette synet blir begrunnet med predicitive maintenance, altså at man gjennom sensorteknologi får muligheten til å forutse når det er nødvendig å sette inn vedlikehold på maskiner og utstyr. Informanten fra Hydro Sentralt har tro på at predicitive maintenance vil føre til store forbedringer innen vedlikeholdsarbeid og at det er mulig å bli langt mer effektiv enn det man er i dag. Han tror altså kombinasjonen av ny sensorteknologi og mer kompetanse gjør at man ikke trenger flere folk i vedlikeholdsavdelingene.

De ulike synspunktene som kom frem gjennom intervjuene med ansatte i Hydro, er interessante av flere grunner. Jeg fikk inntrykk av at jo høyere man kommer i det organisatoriske hierarkiet, jo mer tro har informantene på at teknologi vil være i stand til å løse arbeidsoppgaver. Kanskje betyr dette at ledelsen i Hydro har mer kunnskap om de teknologiske mulighetene som ligger i Industri 4.0 enn det informantene som jobber lenger nede i organisasjonen har. På den annen side kan det tenkes at folk som jobber i produksjonen ser flere flaskehalsar for økt automatisering og robotisering enn hva folk i lederstillinger gjør. Dessuten kan posisjonen og den faglige bakgrunnen til informantene ha betydning for hvordan de velger å fremstå i intervjusituasjonen og hvilke muligheter de mener ligger i Industri 4.0. En fagforeningsleders hovedoppgave er jo å ivareta medlemmenes interesser. En ingeniør i ledergruppen som jobber aktivt med Industri 4.0, kan på sin side kanskje tillate seg å være mer frittalende når det gjelder bortfall av arbeidsplasser.

I teorikapitlet tok jeg tak i forskningsrapporten til Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) hvor det er forsøkt å beregne sannsynligheten for at ulike yrker i Norge rent teknisk vil la seg automatisere i løpet av de neste ti til tjue årene. De konkluderte med at rutinepregede jobber hvor det kreves lite kreativitet, sosial interaksjon og fingerferdigheter (manipulering av objekt), har størst sannsynlighet for å bli automatisert. Videre mener Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) at folk med lav utdanning og som jobber i yrker med lave lønninger, er mest utsatt for å bli erstattet av maskiner. I følge denne rapporten er det stor sannsynlighet for at operatører innen metallproduksjon, kjemisk industri og metallurgiske prosessfag vil kunne erstattes av maskiner i løpet av de neste ti-tjue årene. Det samme gjelder kontrolloperatører i kjemiske prosessfag og andre stasjonære maskinoperatører. Sannsynligheten for automatisering for disse yrkene ligger mellom 84.5 og 92.2 prosent (se tabell 1 i teorikapittel). Når det gjelder ingeniører og lederjobber innen industrien, er sannsynligheten for automatisering derimot svært liten. Jeg konfronterte informantene i mitt utvalg med forskningen til Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014), og ønsket å høre hva de hadde å si om slike tall.

Fagsjef for automatisering og robotisering mener det er lite sannsynlig at operatørene vil forsvinne helt fra Hydro i Sunndal i løpet av de neste ti til tjue årene. Han tror nye teknologiske løsninger først og fremst vil bidra til å fjerne konkrete arbeidsoppgaver fremfor å ta bort hele jobber, men at en moderat nedbemanning virker sannsynlig. Samtidig vil arbeidshverdagen til operatørene endres i takt med den teknologiske utviklingen:

*Jeg tror operatørene vil gå fra det å måle forskjellige ting på cellene og kjøre rundt med ting, til å sitte i kontrollrom og få mer arbeid som krever tenking. Altså å styre parametere og slikt. Samtidig vil jeg understreke at mange arbeidsoppgaver kan helautomatiseres. Det ser vi i det daglige (Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sundal).*

Lederen i SKF tror ikke at automatisering og robotisering vil føre til veldig dramatiske endringer for de ansatte ved Hydro i Sunndal. Hun opplever at jobbene til dagens operatører er relativt trygge og gode å stå i. Fagforeningslederen tror Industri 4.0 vil føre til mer automatisering av arbeidsoppgaver, men at dette ikke vil gjøre at behovet for operatører og andre fagarbeidere forsvinner. Hun forklarer dette ut fra kompleksiteten som ligger i aluminiumproduksjon og at det ikke er noen garanti for at automatiseringsløsninger alltid vil være lønnsomme. Fagforeningslederen tror dessuten at sosiale forhold vil spille en viktig rolle

for hvor stor automatiseringsgraden blir i fremtiden. Hun mener at det ikke bare er teknologi og økonomiske faktorer som avgjør spørsmål vedrørende bemanning ved Hydro i Sunndal. Medarbeidere, lokalsamfunnet og Hydros interessenter (stakeholders) har også et ord med i laget.

Informanten fra Hydro Sentralt har vanskelig å se for seg en produksjon av primæraluminium uten operatører og menneskelig innblanding. Han tror som nevnt det vil bli en reduksjon av antall ansatte, men at maskiner og roboter aldri vil kunne ta fullstendig over et aluminiumverk som Hydro i Sunndal. Det vil bli mer samarbeid mellom mennesker og maskiner, og dette kan føre til at skiftordningen må omstruktureres. Både informanten fra Hydro Sentralt og fagsjefen for automatisering og robotisering mener en mer omfattende interaksjon mellom menneske og maskin gjør at det kreves flere ingeniører og folk med automatiseringskunnskap tettere på produksjonsprosessen. Forskeren fra SINTEF er enig i denne betraktningen, og mener fremtidens ingeniører vil utføre flere praktiske oppgaver og være tettere på produksjonen enn det som ofte er tilfelle i dag. Det vil bli slutt på den tiden der ingeniører sitter på kontorer og bare tilkalles når det er nødvendig.

Informantene i mitt utvalg er altså ikke helt enige med Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) når det kommer til sannsynlighetene for automatisering av operatørjobber. De mener sannsynlighetsberegningene er for høye, og at det er lite som tyder på at operatørene (fagarbeiderne) vil forsvinne i hopetall fra Hydro i Sunndal i løpet av de neste ti til tjue årene. Det er mange utfordringer forbundet med å implementere teknologiske løsninger i aluminiumproduksjon. Det er mulig at Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) ikke har klart å fange opp disse utfordringene i sin forskning, og at sannsynlighetene for automatisering av operatørjobber derav har blitt høyere enn hva mange i industrien mener er riktig. I denne forskningen er det dessuten ikke gjort et skille mellom operatører i aluminiumindustri og annen metallproduksjon. Dette kan ha vært med å påvirke resultatene. Informantene i mitt utvalg er likevel ikke uenige med Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) i alt som har kommet frem i deres forskningsrapport. De fleste av informantene mener som nevnt at antall operatører pr. skift vil gå ned som følge av automatisering. Både fagsjefen for automatisering og robotisering og informanten fra Hydro Sentralt var svært tydelige på at det vil bli flere helautomatiserte løsninger i tiden som kommer, og at det sannsynligvis blir en moderat nedbemanning som følge av dette. Alle informantene i min undersøkelse er dessuten enige med Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) i at operatører er mye mer utsatt for å bli gjort

overflødige gjennom automatisering og robotisering enn det ingeniører og ledere i industrien er.

Mange forskere mener det nye med moderne informasjonsteknologi er at det blir mulig å automatisere mer kunnskapsarbeid (Brynjolfsson og McAfee, 2014; Frey og Osborne, 2013 og Ford, 2015). Forskeren fra SINTEF er langt på vei enig i dette. Han mener det i mange tilfeller er enklere å automatisere rutinepreget kunnskapsarbeid enn fysiske og manuelle arbeidsoppgaver. Det hele har med kompleksiteten av de ulike oppgavene å gjøre og hvorvidt arbeidet er forutsigbart eller ikke. Dette er en interessant betraktning for min analyse. I følge forskningen til Frey og Osborne (2013) og Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) er for eksempel regnskapsmedarbeidere mer utsatte for digitalisering og automatisering enn operatører i metallproduksjon. Regnskapsarbeid er forholdsvis rutinepreget og forutsigbart. Regnskapsmedarbeidere følger ofte tydelige oppskrifter i oppgavehåndteringen og det er relativt få variasjoner i arbeidet som utføres. ”Alt” man trenger for å automatisere regnskapsarbeid, er datamaskiner og programvare (software). Man er ikke avhengig av robotarmer, sensorer, aktuatorer og annet elektronisk utstyr. I følge forskningen til Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) er altså regnskapsmedarbeiderne til Hydrokonsernet mer utsatt for automatisering og digitalisering enn operatørene i selve produksjonsprosessen av primæraluminium. Regnskapsavdelingen til Hydro Norge ligger for øvrig i Sunndal og har om lag 40 ansatte.

Til tross for at mange forskere mener det er enklere å automatisere en del kunnskapsarbeid enn manuelle oppgaver i aluminiumproduksjon, betyr ikke det nødvendigvis at regnskapsavdelingen til Hydro vil merke digitalisering og automatiseringsløsninger raskere enn operatørene ved metallverket i Sunndal. Hvor raskt man implementerer nye teknologiske løsninger og øker automatiseringsgraden i de ulike avdelingene vil trolig avhenge av prioriteringene til ledelsen i Hydro. Informasjonen jeg har fått gjennom feltarbeidet tyder på at Hydro i Sunndal satser mest på å implementere teknologiske løsninger i produksjonen av aluminium. Digitalisering og automatisering av regnskapstjenester befinner seg trolig lenger ned på prioriteringslisten, og er dessuten ikke del av Hydros ”Industri 4.0-satsning”. Selv om effektivisering og automatisering av regnskapstjenester ikke er øverste prioritet for ledelsen i Hydro, vil regnskapsavdelingen i Sunndal trolig merke digitaliseringen av arbeidslivet. Programvaren som Hydro bruker til å håndtere regnskapsarbeid kjøpes fra eksterne leverandører. De fleste leverandører av regnskapstjenester satser svært mye på å utvikle

digitale regnskapsprogram som er i stand til å utføre oppgaver uten menneskelig involvering. Denne utviklingen som foregår eksternt vil sannsynligvis ha innvirkning for Hydros regnskapsavdeling i Sunndal på sikt. Hvorvidt digitalisering og nye teknologiske løsninger vil føre til en reduksjon av bemanningen i Hydros regnskapsavdeling som ligger i Sunndal, er det likevel vanskelig å si noe konkret om. Jeg har ikke forsøkt å finne svar på dette i denne oppgaven. Det er uansett interessant at forskere som Frey og Osborne (2012) og Ekeland, Rouvinen og Pajarinen (2014) tror at mye regnskapsarbeid vil la seg automatisere. Jeg er usikker på om folk i Hydro er klar over at det kan bli enklere å automatisere regnskap- og kunnskapsarbeid enn deler av det manuelle arbeidet som utføres i aluminiumproduksjonen med hjelp av moderne informasjonsteknologi.

Hele Hydrokonsernet er i tøff konkurranse med utenlandske aluminiumprodusenter hvor lønnsnivået er langt lavere enn i Norge. Flere av mine informanter mener de høye lønningene i Norge gjør at man må investere i nye teknologiske løsninger og rasjonalisere arbeidsoppgaver:

*Skal vi overleve er vi nødt til å satse på teknologisk utvikling i form av automatisering og robotisering. Vi har et helt annet lønnsnivå blant våre ansatte enn hva våre konkurrenter har. (...) Dette medfører nok at vi må redusere bemanningen noe. Samtidig skal vi huske på det jeg sa om at teknologiske fremskritt kan gi høyere inntjening da kvaliteten på produktene vi produserer blir bedre (Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal).*

Operatører og fagarbeidere som jobber for aluminiumprodusenter i Kina, Russland, USA, Canada og land lenger sør i Europa har lavere lønninger sammenlignet med norske industriarbeidere. Dette gjelder dessuten på ingeniørnivå i enkelte tilfeller, men det er faktisk motsatt i noen vestlige land. Ledelsen i Hydro tror det kan bli nødvendig å redusere lønnskostnadene for å sikre at man forblir konkurransedyktige i markedet. Fabrikkjefen ved Hydro i Sunndal mener at mer automatisering og robotisering kan bidra til at lønnskostnadene reduseres. Dette kom frem i forbindelse med seminaret jeg deltok på. Samtidig skal vil huske på at det er energi som utgjør den aller største kostnaden i forbindelse med aluminiumproduksjon. Hydro vil nok derfor fortsette å bruke mye penger og ressurser på forskning og utvikling av teknologi som tar sikte mot å redusere energikostnadene. Å opprettholde gunstige kraftpriser og rammebetingelser vil sannsynligvis fortsette å være et hovedfokus for Hydro i Sunndal og lokalpolitikerne.

Ved rasjonaliseringen som fant sted tidlig på 1990-tallet klarte Hydro å få med seg lokalpolitikere, medarbeidere og deler av fagforeningene på endringsprosessen. Ledelsen i Hydro sa den gang at moderniseringen var nødvendig for å sikre videre produksjon av aluminium i Sunndal, og at oppgraderingen av anlegget ville føre til en betydelig reduksjon av klimagasser. Store deler av lokalsamfunnet og Hydros interessenter støttet disse argumentene og var positive til endringene som moderniseringen medførte. Det var riktignok noe motstand fra fagforeningene som ønsket å beholde flere arbeidsplasser, men også de innså at en nedbemanning var nødvendig for å sikre videre eksistens. Det kan se ut til at ledelsen i Hydro vil bruke deler av den samme argumentasjonen dersom en større nedbemanning som følge av Industri 4.0 skulle bli aktuell i fremtiden. Om de lykkes med å få med seg lokalsamfunn, fagforeninger og medarbeidere på en enda en omfattende nedbemanning, er likevel usikkert. En ting er å nedbemanne kraftig én gang og ha støtte i lokalsamfunnet. Det kan vise seg å bli langt mer komplisert neste gang.

Basert på informasjonen som har kommet frem i feltarbeidet, tyder lite på at mange ansatte vil miste sine jobber som følge av økt automatisering og robotisering i nær fremtid ved Hydro i Sunndal. Det vil fremdeles være arbeidsoppgaver med behov for menneskelig arbeidskraft. Maskiner, roboter og programvare (software) vil trolig bli i stand til å løse flere oppgaver, men det er vanskelig å se for seg en aluminiumproduksjon helt uten mennesker. Dette betyr likevel ikke at alle som jobber ved metallverket i Sunndal er skånet for ”technological unemployment” for å brukes Keynes’ begrep. Flere av informantene tror som nevnt at Industri 4.0 vil føre til at Hydro i Sunndal trenger færre operatører pr. skift, og at dette sannsynligvis bidrar til en moderat nedbemanning. Hvorvidt den overflødige arbeidskraften kan flyttes til andre deler av produksjonen, er det delte meninger om. Informanten fra Hydro Sentralt mener, som nevnt at, man er avhengig av en betydelig produksjonsøkning eller utvikling av nye produkter dersom behovet for arbeidskraft skal øke. Det er altså usikkert om det vil være nok arbeid i andre deler av produksjonen som overflødig arbeidskraft kan overføres til. Produksjonsøkningen som kommer de neste tre årene blir sett på som for liten til at avdelinger som logistikk og transport trenger flere medarbeidere. Til sammen har disse forholdene ført til at jeg har kommet frem til følgende slutning: Industri 4.0 og økt automatisering/robotisering vil trolig føre til en moderat nedbemanning ved Hydro i Sunndal i nær fremtid. Naturlige avganger og omplasseringer kan i startfasen gjøre at dette går temmelig smertefritt.

Det er langt vanskeligere å si noe konkret om hvordan nye teknologiske løsninger vil påvirke bemanningen ved Hydro i Sunndal i fremtiden. En større nedbemanning på sikt kan ikke utelukkes. Økt automatisering og nye teknologiske løsninger vil trolig bidra til at flere arbeidsoppgaver blir rasjonalisert. Dersom en slik rasjonalisering pågår over mange år, kan dette føre til at arbeidsstokken gradvis reduseres. På den annen side kan det kanskje bli mer behov for arbeidskraft dersom Hydro i Sunndal øker produksjonsvolumet pr. ansatt betydelig, eller utvider sin produktportefølje. Vi skal dessuten huske på at verden ikke er fullstendig teknologideterministisk. Både fagforeninger, lokalpolitikere og andre interessenter vil nok ha et ord med i laget i forhold til hvordan arbeidsstokken skal struktureres ved Hydro i Sunndal. Samtidig er det kanskje slik at de markedsmessige og makroøkonomiske forholdene veier tyngst i et tøft internasjonalt marked. Dersom ledelsen i Hydro mener en nedbemanning er nødvendig for å være konkurransedyktige og sikre overlevelse på sikt, vil dette sannsynligvis bli en realitet.

#### **5.4 Konsekvenser for lokalsamfunnet ved eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal**

Hittil i analysen har jeg skrevet om hvordan teknologisk utvikling og Industri 4.0 kan få innvirkning for Hydro i Sunndal og de ansatte. I det følgende forsøker jeg å finne ut hvilke konsekvenser en eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal kan få for lokalsamfunnet. I den forbindelse presenteres synspunkt fra informantene i utvalget. Informasjonen som kom frem gjennom feltarbeidet, vil bli koblet sammen med litteratur jeg har anvendt i teorikapitlet.

Hydro og tidligere ÅSV har betydd utrolig mye for Sunndalsøra og regionen. Uten aluminiumproduksjon og metallverket er det tvilsomt om Sunndal ville sett ut slik det gjør i dag. Folk fra distriktene flyttet til Sunndal for å jobbe ved ÅSV som ble åpnet i 1954. I løpet av kort tid ble ÅSV bygdas desidert største arbeidsgiver. Etableringen av metallverket førte til at folketallet i Sunndal steg, og har siden oppstarten spilt en viktig rolle i forhold til utformingen av lokalsamfunnet. I følge ordføreren i Sunndal kommune er Hydro mer enn bare en hjørnesteinsbedrift for Sunndalsregionen: ”Hydro i Sunndal er egentlig hele grunnmuren som lokalsamfunnet står på. Minst fire hjørnesteiner pluss muren i tillegg”. Ordføreren mener derfor at det som er bra for Hydro i Sunndal, stort sett vil være bra for lokalsamfunnet. Hydro i Sunndal har som nevnt alltid satset mye på å ta i bruk teknologi. Denne satsningen har lokalsamfunnet også hatt stor nytte av. Det mest åpenbare eksempelet der teknologisatsning ved Hydro har fått positive effekter for lokalsamfunnet, er hvordan man har lyktes med å



reduere utslippene av klimagasser. Uten å implementere nye teknologiske løsninger ville dette aldri ha vært mulig. Ordføreren i Sunndal kommune mener denne snuoperasjonen representerer en suksesshistorie for norsk industri som fortjener mye mer oppmerksomhet enn den har fått. Dette er kanskje en av årsakene til at han er svært positiv til teknologisk utvikling:

*Jeg er ikke redd for ny teknologi. Det snakkes om Industri 4.0 og lignende. (...) klart, det kan kanskje bety ytterligere nedbemanning, og en del automatisering betyr at man trenger ny kompetanse. Samtidig gir det muligheter for å være kostnadseffektiv. Dersom man får på plass kraftavtaler og internasjonale CO2-regulringer, vil nok teknologisk utvikling styrke konkurransekraften for aluminiumindustrien i lang fremtid (Ordfører i Sunndal kommune).*

Ordføreren i Sunndal kommune er altså positiv til at Hydro i Sunndal tar i bruk nye teknologiske løsninger. Han mener det er svært viktig å henge med i tiden, ettersom det er vanskelig å vite hvilken retning den teknologiske utviklingen tar. På lik linje med mange forskere, mener ordføreren i Sunndal kommune at Industri 4.0 kan styrke konkurransekraften for vestlig industri. Han mener man er nødt til å være endringsvillig i dagens volatile marked og at det er særdeles viktig å utnytte teknologi til egen fordel. Forskeren fra SINTEF tror også at Industri 4.0 kan gjøre norsk industri mer konkurransedyktig. Han mener bruk av teknologi vil øke effektiviteten til norske industribedrifter, og at dette igjen kan bidra til at industrisamfunn som Sunndalsøra fortsetter å eksistere.

Nye teknologiske løsninger og mer automatisering og robotisering kan føre til at arbeid rasjonaliseres. Flere av informantene i utvalget mener det er viktig å tenke på hvilke konsekvenser en slik utvikling kan få for lokalsamfunnet. De to lærerne fra Sunndal videregående skole tror en dramatisk nedbemanning ved Hydro i Sunndal ville fått store konsekvenser for lokalsamfunnet og regionen. De tror en brå og omfattende nedbemanning ville ført til økt arbeidsledighet, og at det ikke det ville vært nok arbeidsplasser i andre virksomheter som kunne ha tatt til seg slik arbeidskraft. Den ene læreren tror samtidig at en stor nedbemanning ville ha fått ringvirkninger for øvrig næringsliv og de lokale utdanningsinstitusjonene: ”Med færre ansatte på Hydro ville nok ikke teknologisk produksjonsavdelingen her på den videregående skolen ha vært så stor som den er i dag. Den hadde nok eksistert, men mer i små-skala versjon”.

De to lærerne ved Sunndal videregående skole mener en hjørnesteinsbedrift som Hydro i Sunndal har et ansvar ovenfor lokalsamfunnet og innbyggerne. Samtidig har de forståelse for at Hydro må satse på teknologi og rasjonalisering av arbeidsoppgaver for å være konkurransedyktige. De mener den tøffe internasjonale konkurransen med aluminiumprodusenter som holder til lavkostnadsland, gjør at lokalsamfunnet kanskje må akseptere noe nedbemanning. Lærerne tror denne problemstillingen vil bli mer aktuell en gang i fremtiden når teknologien har kommet enda lengre, men at det er viktig å tenke over slike spørsmål allerede nå. De har ikke fått noen signaler fra ledelsen i Hydro om at det vil bli en dramatisk nedbemanning i nærmeste fremtid, og forholder seg til dette. Lærerne håper at Hydro i Sunndal er åpen med lokalsamfunnet om hvordan teknologisk utvikling kan virke inn på bemanningen i tiden som kommer.

I følge ordføreren i Sunndal kommune ville en dramatisk nedbemanning ved Hydro i Sunndal fått konsekvenser for lokalsamfunnet. Dersom mange arbeidsplasser ved metallverket i Sunndal hadde forsvunnet, ville dette ført til mindre skatteinntekter på lønninger og mindre samspill med fagforeninger og vanlige arbeidsfolk. Uten arbeidsplasser å gå til, kunne man i verste fall risikert fraflytting. Ordføreren tror likevel at dette er et lite sannsynlig scenario, i alle fall i nær fremtid. Til tross for at automatisering og robotisering sannsynligvis vil føre til noe nedbemanning, tror ordføreren det vil være behov for mennesker i driften ved Hydro i Sunndal i lang tid fremover:

*Effektiviseringen vil nok gå sin gang med ny teknologi. Uten at vi nødvendigvis skal være så redde for det. Folk var jo ganske engstelige da Hydro begynte å nedbemanne for tretti år siden. Det var blant annet et krav om at det skulle være 1200 arbeidsplasser på Verket. Hvis ikke ville vi ikke klare oss. Men historien har vist at det har vi klart helt utmerket (Ordfører i Sunndal kommune).*

I følge ordføreren lyktes man med å overføre den overflødige arbeidskraften fra Hydro i Sunndal til andre bedrifter i nærmiljøet da nedbemanningen begynte på slutten av 1980-tallet. I denne perioden ble det dessuten etablert nye lokale virksomheter som produserer materiell og utstyr for Hydro og andre aluminiumprodusenter. Et eksempel er Hycast som ble opprettet i 1990. Hycast satset i starten på å levere teknologiske løsninger utelukkende til Hydro i Sunndal, men har siden 2009 gjort sine løsninger og produkter tilgjengelige for andre aluminiumprodusenter. Ordføreren i Sunndal kommune tror en eventuell nedbemanning ved Hydro kunne ha ført til at andre aktører i næringslivet hadde mobilisert. Man kunne fått en

lignende situasjon som tidlig på 1990-tallet. Han er likevel usikker på om det ville blitt like mye ”spin-off” fra Hydro i Sunndal som det ble den gang. Ordføreren tror at mye av potensialet er utnyttet når det gjelder å skape nye virksomheter relatert til aluminiumproduksjon. Dersom Hydro i Sunndal hadde valgt å satse på nedstrømsaktivitet og videreforedling av ferdigmetall, ville situasjonen blitt annerledes. Dette ville sannsynligvis ha generert mange nye arbeidsplasser. Dette er ikke aktuelt i dag da ledelsen i Hydrokonsernet har vedtatt at metallverket i Sunndal skal konsentrere seg om å fremstille primæraluminium. Pressverk, valseverk og videreforedling av primæraluminium er i stor grad lokalisert nært markedene lenger sør i Europa og i USA. Det er derfor lite som tyder på at det vil bli etablert nedstrømsaktivitet i Sunndal i tiden som kommer.

Til tross for at Ordføreren i Sunndal kommune ikke tror på en dramatisk nedbemanning i nær fremtid ved Hydro i Sunndal, mener han det er viktig å ta vare på de som eventuelt mister sine jobber som følge av rasjonalisering (økt automatisering og robotisering). Dette gjelder uansett størrelsen på nedbemanningen. Ordføreren ser på dette som en viktig samfunnsoppgave som strekker seg utover hvor mange som jobber ved akkurat Hydro i Sunndal:

*(...) Dersom man automatiserer mange arbeidsoppgaver og arbeidsstokkene blir mindre, vil skatte- og lønnsinntekter kunne forsvinne. Da må man måtte gjøre grep for å sikre at man får inntekter til våre fellesskapsløsninger. Vi må sørge for å rigge samfunnet på en god måte slik at vi ikke ender opp i samme uføret som vi faktisk gjorde da den første industrielle revolusjon kom. Da ble eierskapet og fortjenesten fordelt på veldig få hender (Ordfører i Sunndal kommune).*

Ordføreren i Sunndal kommune mener spørsmålet om hvordan samfunnet skal håndtere nedbemanning dreier seg om mer enn lokalpolitikk. Det er en oppgave for hele det nasjonalpolitiske apparatet og resten av samfunnet. Han er likevel klar på at kommunen har et ansvar ovenfor de som blir arbeidsledige som følge av teknologisk utvikling. I teorikapitlet skrev jeg om Brynjolfsson og McAfee (2014) og deres frykt for at samfunnsinstitusjonene ikke henger med på den teknologiske utviklingen. Etter å ha intervjuet ordføreren i Sunndal kommune virker det på meg som om det politiske apparatet i Sunndal forsøker å være oppdatert på teknologisk utvikling og utfordringene dette byr på. Sunndal kommune ønsker blant annet å bygge opp et velfungerende undervisningsopplegg som forbereder fremtidens arbeidstakere på nye krav i arbeidslivet. Dette viser at kommunen ønsker å være proaktiv i forhold til endringer som forårsakes av teknologisk utvikling.

Forskeren fra SINTEF mener det blir viktig for samfunnet å håndtere eventuelle nedbemanninger og større økonomisk ulikhet som følge av teknologisk utvikling. Dette er en oppgave som må skje både på lokalt og statlig nivå:

*Vi som samfunn må bestemme oss for hvilken retning vi vil ta. Dersom man bare lar disse kreftene slippe løs fritt, vil det være noen som vinner og noen som taper. Samfunnet kan regulere dette og hjelpe de som blir utkonkurrert av teknologi. Slik jeg ser det handler dette først og fremst om politikk (Forsker fra SINTEF).*

Forskeren fra SINTEF mener altså det er en samfunnsoppgave å sørge for at folk får ta del i verdiskapningen som kommer med teknologisk utvikling og Industri 4.0. Dette sammenfaller mye med synspunktene til Brynjolfsson og McAfee (2014). De mener stadig mer avansert informasjonsteknologi og Industri 4.0 gjør at det må vies enda mer tid til slike spørsmål. Dette gjelder både på nasjonalt og lokalt nivå. Politikere, akademikere, folk fra næringslivet og vanlige borgere gjør kanskje lurt i å tenke på slike spørsmål allerede her og nå. Dette gjelder uansett om de mener teknologisk utvikling og mer automatisering kan føre til større økonomisk ulikhet og gjøre folk overflødige i arbeidslivet eller ikke. Ettersom man ikke vet nøyaktig hvilke konsekvenser Industri 4.0 og stadig mer avansert informasjonsteknologi får for samfunn og arbeidsliv, kan det være smart å sette seg inn tematikken. Hvorvidt bedrifter som Hydro i Sunndal har et ansvar i forhold til slike spørsmål (Corporate Social Responsibility), drøfter jeg ikke i denne oppgaven. Riktignok må bedrifter som aktører i et kapitalistisk marked først og fremst gjennomføre tiltak for å sikre videre drift og konkurransedyktighet, men samtidig bør bedrifter også vektlegge at deres beslutningstaking ofte har følger som strekker seg utover egen organisasjon. Dette gjelder kanskje særlig for hjørnesteinsbedrifter i små lokalsamfunn som Hydro i Sunndal.

Ingen av informantene i mitt utvalg ga uttrykk for at de frykter en omfattende nedbemanning som følge av teknologisk utvikling den nærmeste tiden. En av grunnene til dette synspunktet, er den relativt høye snittalderen til de ansatte ved Hydro i Sunndal. Deltakerne tror man kan løse mye av problematikken i forhold til nedbemanning gjennom naturlig avgang.

Informanten fra Hydro Sentralt sa i sitt intervju at en del medarbeidere vil gå av med pensjon i tiden som kommer, og at det derav blir enklere å redusere bemanningen til en passende mengde. Ordføreren i Sunndal kommune mener pensjonsordninger og naturlige avganger dessuten vil gi kommunen bedre tid til å håndtere en eventuell nedbemanning.

Hvilke konsekvenser en eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal vil ha for lokalsamfunnet er, slik jeg har vært inne på, avhengig av flere forhold. Størrelsen på nedbemanningen ved metallverket vil naturligvis ha innvirkning for hvor store konsekvensene for lokalsamfunnet blir. Jo større nedbemanning, jo mer utfordrende blir nok håndteringen for lokalsamfunnet. I tillegg vil hastigheten på den teknologiske utviklingen være avgjørende. Nedbemanningen som foregikk tidlig på 1990-tallet førte ikke til økt arbeidsledighet i Sunndal til tross for at den var relativt omfattende og skjedde raskt. Den overflødige arbeidskraften ble som nevnt overført til andre lokale bedrifter, og ”spin-off” fra Hydro i Sunndal førte dessuten til at det ble etablert nye virksomheter som trengte medarbeidere. Dette kan skje på nytt dersom en større nedbemanning skulle finne sted ved Hydro i Sunndal en gang i fremtiden. Samtidig er det flere forhold som gjør at utfordringene er annerledes i dag enn på 1990-tallet.

Rasjonaliseringen som startet i slutten av 1980-årene, skyldtes i stor grad implementering av IKT-system og automatiseringsløsninger som var spesialutviklet for Hydro i Sunndal. De teknologiske løsningene som kommer gjennom dagens informasjonsteknologi, Industri 4.0 og digitalisering er derimot av en slik art at også andre bedrifter og bransjer i lokalsamfunnet kan ta dem i bruk. Dersom andre lokale bedrifter også velger å øke automatiseringsgraden, er det usikkert om det vil være nok etterspørsel etter arbeidskraft som kan kompensere for et eventuelt bortfall av arbeidsplasser ved Hydro. Når det er sagt, Schumpeters ”kreative destruksjon” er en prosess som trolig vil komme til å gjelde i fremtiden også. Etablerte næringer vil destrueres, og nye industrier og bedrifter vil vokse frem. Hvor mange arbeidsplasser som vil skapes på et sted som Sunndal eller på samfunnsnivå for øvrig, er det vanskelig å si noe konkret om. Schwab (2016) mener den ”fjerde industrielle revolusjon” og moderne informasjonsteknologi så langt har skapt færre jobber i nye industrier enn tidligere teknologiske revolusjoner. Dette kan selvsagt snu med tiden, men det er likevel usikkert om en omfattende og hurtig nedbemanning ved Hydro vil kunne møtes av tilsvarende rask etablering av nye virksomheter i et lite lokalsamfunn som Sunndal. I alle fall hvis det samtidig er slik at de viktigste ”spin-off”-mulighetene fra Hydro i Sunndal allerede er utnyttet. Følgelig er det grunn til å tro at dersom en brå og omfattende nedbemanning ved Hydro i Sunndal inntreffer i dag eller i fremtiden, kan det få større konsekvenser for lokalsamfunnet enn det som ble tilfelle på starten av 1990-tallet. Dette resonnementet er ikke et forsøk på å predikere eller å spå om fremtiden, men kan heller betraktes som en mulig situasjon basert på funnene jeg har gjort i feltarbeidet og studiet av forskningslitteratur.

## 5.5 Krav til fremtidens arbeidstakere ved Hydro i Sunndal

Teknologisk utvikling har vært med å forme arbeidslivet gjennom historien og bidratt til å endre kompetansekravene til arbeidstakere. Norske industriarbeidere har gått fra å utføre klassisk kroppsarbeid til å ta i bruk redskap og maskiner. Operatørene ved Hydro i Sunndal utfører i dag et helt annet arbeid enn det som ble gjort på 1950-tallet og ved starten av aluminiumproduksjon i Sunndal. Dette til tross for at den grunnleggende produksjonsprosessen på mange måter er den samme. Et av mine forskningsspørsmål er om Industri 4.0 vil stille nye krav til fremtidens arbeidstakere ved Hydro i Sunndal når det gjelder kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning. I det følgende presenterer jeg informantenes synspunkter på dette spørsmålet og sammenstiller denne informasjonen med forskningen jeg har drøftet i teorikapitlet.

Industri 4.0 handler blant annet om å ta i bruk flere maskiner og roboter i produksjonen. Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener Industri 4.0 og digitalisering gjør at fremtidens industriarbeidere må ha bedre datakunnskaper og forståelse av hvordan informasjonsteknologi fungerer. Fagsjef for automatisering og robotisering er enig i denne betraktningen, og tror Industri 4.0 vil føre til nye krav for mange av de ansatte ved metallverket i Sunndal. Han mener hele arbeidsstokken vil trenge bedre datakunnskaper enn det som har vært nødvendig frem til nå. Dette skyldes at stadig flere digitale hjelpemidler tas i bruk, og at man i flere tilfeller vil få en mer omfattende interaksjon mellom menneske og maskin. Informanten fra Hydro Sentralt er enig i at flere av de ansatte vil trenge en kompetanseheving. Han tror forholdet mellom menneske og maskin vil endres og at særlig operatørene må være læringsvillige i denne overgangen. Samtidig påpeker informanten fra Hydro Sentralt at noen av maskinene sannsynligvis vil bli veldig enkle å kontrollere fra tablå, nettbrett og lignende. I tilfeller der interaksjonen mellom menneske og maskin er enkel, vil det kanskje ikke være nødvendig med en omfattende kompetanseheving. Informanten fra Hydro Sentralt er dessuten tydelig på at hovedprosessen i seg selv ikke vil bli endret som følge av teknologisk utvikling og mer automatisering/robotisering. Karbonprosessen, elektrolyseprosessen og støperiprosessen forblir slik de er i dag til tross for Industri 4.0 og mer avansert maskineri. Operatører må derfor fortsette å ha en god forståelse av de grunnleggende prosessene som gjelder i aluminiumproduksjon.

Når man tar i bruk flere maskiner, roboter og programvare (software) i produksjonen er det naturlig å tenke at kunnskapsnivået i vedlikeholdsavdelingene må økes. Industribedrifter

ønsker å forsikre seg om at maskinene kan repareres raskt dersom feil og skader skulle oppstå. Fagsjef for automatisering og robotisering mener Hydro i Sunndal har en stor jobb foran seg på dette området. Han er kritisk til at ledelsen har redusert sine vedlikeholdsbudsjetter den siste tiden, og mener dette må snu når automatiseringsgraden skal opp. I tillegg vil en kompetanseheving blant de ansatte i vedlikeholdsavdelingene være helt nødvendig:

*Tar vi inn mer utstyr som i stor grad er automatisert, vil vi bli mer avhengig av at alt fungerer optimalt. Maskiner og annet utstyr må være raskt oppe igjen dersom noe skulle bli ødelagt eller ikke fungerer slik som det skal. Vi må derfor ha ansatte med den riktige kompetansen til å kunne reparere og vedlikeholde slikt utstyr (Fagsjef for automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal).*

Fagsjefen for automatisering og robotisering tror de ansatte i vedlikeholdsavdelingene vil trenge mer teknisk kompetanse. De som jobber med vedlikehold trenger mer kunnskap om automatisering og robotisering, og han utelukker derfor ikke at det vil tas inn flere ingeniører og andre fagpersoner med tyngre kunnskap. Dette sammenfaller nokså mye med synspunktene til forskeren fra SINTEF. Han tror det vil trenge flere ingeniører tettere på produksjonen for å sikre at maskineriet fungerer slik det skal. En slik utvikling kan igjen føre til et tettere samarbeid mellom ingeniører og operatører der kunnskap utveksles. Kanskje kan en kompetanseoverføring mellom operatører og ingeniører føre til at skillelinjen mellom disse yrkesgruppene gradvis hviskes ut på enkelte områder.

Leder i SKF mener det tegnes et bilde der det er nødvendig med ny og mer kompetanse blant de ansatte. Hun tror Industri 4.0 gjør at det blir behov for flere automatiseringselektrikere, mekanikere og folk med spesialkunnskap innen automatisering og robotisering. Hun er enig med fagsjefen for automatisering og robotisering om at vedlikeholdsavdelingene har mest behov for tilførsel av kunnskap. Fagforeningslederen er samtidig tydelig på at operatørene ved Hydro i Sunndal allerede har mye kunnskap og vet mye om hele produksjonsprosessen. Hun mener at operatørene ved Hydro i Sunndal er i stand til å utføre arbeidsoppgaver som ingeniører er nødt til å gjøre ved andre aluminiumsverk. Fagforeningslederen mener Hydro i Sunndal bør forsøke å bygge videre på kunnskapen blant sine medarbeidere. Kunnskapen som operatørene besitter kan brukes konstruktivt til å få på plass mer effektive løsninger. Det er ofte slik at de som jobber tettest på produksjonen, er de med mest kunnskap om hvordan arbeidsoperasjoner foregår i praksis.

Kompetansenivået til norske industriarbeidere er relativt høyt og har trolig en sammenheng med at fagarbeideren/operatøren bestandig har vært i utvikling. Industri 4.0 møtes kanskje derfor mer med begeistring enn med frykt blant mange av dem som jobber ved Hydro i Sunndal. Fagforeningslederen fortalte at flere av operatørene har tro på at de kan lære seg det som er nødvendig for å kunne jobbe i en produksjonsprosess hvor stadig mer digitale verktøy, maskiner og roboter implementeres. Mange av de ansatte tror dessuten at Industri 4.0 vil føre til nye utfordringer og mindre rutinepreget arbeid. For disse operatørene blir Industri 4.0 tatt i mot med store forventninger. Samtidig finnes det en del ”folk på gulvet” som frykter at teknologi vil ta fra dem arbeidsoppgaver eller gjør at kompetansen de besitter ikke blir relevant lenger. Leder i SKF er altså åpen om at enkelte medarbeidere frykter å bli erstattet av maskiner og miste sine jobber. Hun poengterte at dette ikke er en ny problemstilling som kommer med Industri 4.0 og dagens teknologiske utvikling. Rasjonalisering av arbeidsoppgaver er som påpekt ikke et nytt fenomen i aluminiumindustrien, og ei heller frykten for å bli gjort overflødig.

Fagsjef for automatisering og robotisering tror at flere arbeidstakere vil få en hverdag som går ut på å analysere data og overvåke prosesser: ”*Det vil bli mindre slegge og spett, og mer arbeid som krever tenking*”. Han tror en større del av operatørjobben vil gå ut på å styre prosesser via overvåkningsverktøy og parametere i kontrollrom. Det vil dessuten være behov for flere folk som er i stand til å analysere de store mengdene med data som sensorer registrerer. På dette området vil sannsynligvis både operatører og ingeniører brukes. Informanten fra Hydro Sentralt mener ferdighetene til dem som jobber med analyseringen av datainformasjonen er det viktigste, ikke yrkestittelen. Han tror likevel det vil være nødvendig med ingeniørutdanning i mange tilfeller for å kunne tolke og analysere data på en god måte.

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener datainformasjonen som samles inn via sensorer, kan brukes til å blant annet optimalisere produksjonsprosesser, utvikle nye produkter og skreddersy egne løsninger for spesifikke kunder. Å bruke data og analyse til slike formål krever sannsynligvis mer kompetanse enn det operatører får gjennom dagens fagbrevutdanning. Dersom Hydro i Sunndal ønsker at operatører skal utføre et slikt arbeid, vil det kreve opplæring og etterutdanning for dem som allerede har fagbrev og arbeider i driften. Skal fremtidens operatører bli i stand til å utføre forholdsvis komplisert dataanalyse, vil det nok være nødvendig å foreta endringer av dagens pensum i fagutdanningen. Analyse av



datainformasjon må vektlegges i større grad og det samme gjelder nok grunnleggende statistikkforståelse.

I teorikapitlet skrev jeg at forskere som Brynjolfsson og McAfee (2014) og Frey og Osborne (2013) mener kreativitet og sosial interaksjon blir viktige ferdigheter for fremtidens arbeidstakere. Dette begrunnes ut fra at maskiner fremdeles er langt svakere enn oss mennesker på disse områdene. Når det gjelder industriarbeid og fremstilling av primæraluminium, kan det diskuteres hvor mye rom det er for kreativitet og sosial interaksjon. Fagsjefen for automatisering og robotisering mener behovet for kreativitet er sterkt avhengig av de spesifikke arbeidsoppgavene til den enkelte arbeidstaker. Han mener operatører utfører temmelig rutinepregede arbeidsoppgaver i faste prosesser, og at dette gir begrensninger når det gjelder hvor kreative slike medarbeidere har mulighet til å være. For Hydros ingeniører er kreativitet derimot viktig i det daglige. Kreativitet er for eksempel nødvendig når ingeniører jobber med å optimalisere produksjonsprosesser. Fagsjefen for automatisering og robotisering tror Industri 4.0 kan føre til at man trenger mer kreativitet blant de ansatte som allerede har en kreativ arbeidsdag. Han tenker hovedsakelig på ansatte som jobber med å optimalisere produksjonsprosesser, produktutvikling, forskning på aluminium og bruksområder, effektivisering av driftsoppgaver og lignende. Dette arbeidet blir i dag i stor grad utført av folk med ingeniørutdanning. Industri 4.0 vil sannsynligvis føre til at det blir mer tolkning av data og styring av maskiner og digitale verktøy slik jeg har vært inne på tidligere. Fagsjef for automatisering og robotisering tror denne utviklingen medfører at noen av operatørene får flere arbeidsoppgaver hvor de får anledning til å være kreative. Han tror likevel ikke at Industri 4.0 vil lede til en ”kreativ revolusjon” for operatører i aluminiumproduksjon.

Sunnal videregående skole har i mange år hatt et tett samarbeid med Hydro i Sunndal. Elever fra linjen, Teknikk og industriell produksjon, er flere ganger i uken utplassert ved metallverket. Utplasseringen sørger for at elevene får et innblikk i aluminiumproduksjon og får brynt seg på praktiske oppgaver. Samtidig får Hydro i Sunndal anledning til å markedsføre seg selv som arbeidsgiver. De to lærerne jeg intervjuet ønsker at deres elever skal få tilført relevant kunnskap som kan brukes i Hydro i Sunndal og andre industribedrifter. Det er derfor nødvendig at undervisningen henger med på den teknologiske utviklingen. Med satsningen på Industri 4.0 og mer automatisering/robotisering tror de to lærerne ved Sunndal videregående skole at det blir nødvendig å endre på deler av pensum. De tror fremtidens læreplaner vil

fokusere mer på styring av maskiner, analyse av data og muligens noe programmering. Et slikt faglig innhold skiller seg ganske mye fra dagens pensum hvor den praktiske forståelsen og gjennomføringen av produksjonsprosesser vektlegges mest.

Brynjolfsson og McAfee (2013) frykter den teknologiske utviklingen i flere tilfeller vil gå for raskt for samfunnsinstitusjonene og skoleverket. Dette er en bekymring som også den ene læreren ved Sunndal videregående skole ga uttrykk for:

*En del yrkesfaglige studieretninger er kjent for å ligge etter på teknologi- og utstyrsfronten. Jeg skulle ønske vi kunne fått vist frem litt mer tidsriktig utstyr til elevene. Jeg er veldig opptatt av at den verdenen elevene opplever i den videregående skolen, stemmer overens med den verdenen de møter i industrien (Lærer ved Sunndal videregående skole).*

Den samme læreren mener en konsekvens av å ligge etter på utstyrsfronten, er at det fokuseres på arbeidsoppgaver og yrker som i dag omtrent ikke eksisterer. Smedyrket er et eksempel som trekkes frem i denne sammenheng. Læreren skulle ønske det ble bevilget mer penger fra det offentlige til nytt utstyr slik at man kunne ha oppdatert læreplanene. En alternativ løsning vil være å få til flere intensjonsavtaler med industrien der samarbeidet mellom skole og industri utvides. Gjennom slike avtaler kan man finansiere tidsriktig utstyr slik at skoleverket holder tritt med den teknologiske utviklingen som pågår ved Hydro i Sunndal og i andre industribedrifter. Samtidig er det nok slik at moderne utstyr som kommer med Industri 4.0 ofte krever annen kunnskap fra lærere ved den videregående skolen. Dette gjelder kanskje særlig i forhold til håndtering av maskiner/roboter og enkel programmering. Industri 4.0 vil trolig føre til flere maskiner og mer robotisering ved Hydro i Sunndal og i andre industribedrifter. Lærere fra linjen, Teknikk og industriell produksjon, vil derfor muligens bli nødt til å fokusere mer på samspillet mellom maskin og menneske (human-machine collaboration). Dette betyr at skolevesenet må fokusere mer på teknologisk utvikling og tilby elevene ny og relevant kompetanse.

At de videregående skolene har tidsriktig utstyr er nok viktig for at elever skal få den nødvendige kompetansen til et arbeidsliv i endring. Et annet spørsmål som dukker opp i forbindelse med dagens teknologiske utvikling, er om utdanning fra videregående skole vil være tilstrekkelig for å bli tilbudt lærlingeplass ved industribedrifter som Hydro i Sunndal. Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener som nevnt at Industri 4.0 vil føre til krav om

høyere utdanning for fremtidens industriarbeiderne. Dersom dette blir en realitet i norsk industri, kan det medføre at færre blir tilbudt lærlingeplass rett etter fullført videregående. Kanskje vil Hydro i Sunndal kreve at flere av deres ansatte har universitetsutdanning i fremtiden. Det er vanskelig å si noe konkret om dette, men ledelsen i Hydro er i alle fall svært tydelige på at Industri 4.0 gjør at en kompetanseheving for mange av deres ansatte blir nødvendig. Informanten fra Hydro Sentralt tror en konsekvens av Industri 4.0, er at det blir økt etterspørsel etter arbeidstakere med utdanning fra universitetsnivå. Det vil særlig bli behov for mer ingeniørkompetanse. I tillegg til flere ingeniører, vil Hydros aluminiumverk ha behov for flere folk med tung kunnskap i andre fagdisipliner. Når det gjelder operatører og fagarbeidere blir det trolig nødvendig med en oppdatering av dagens fagutdanning slik jeg har vært inne på tidligere.

Hydro i Sunndal og det lokale næringslivet har allerede begynt å tenke på hvilken kompetanse de tror blir nødvendig som følge av Industri 4.0 og digitaliseringen av arbeidslivet. Det kan se ut til at flere av Sunndals næringslivsaktører forsøker å være proaktiv når det gjelder teknologisk utvikling og kompetanse. Dette kom tydelig frem under intervjuet med Ordføreren i Sunndal kommune. Han fortalte at Hydro og andre lokale bedrifter ønsker å få på plass en egen automatiseringslinje i den videregående skolen i Sunndal. Sunndal kommune har valgt å lytte til næringslivet, og ønsker å bidra til at ei slik linje kommer på plass raskt. Ei slik linje kan bidra til å forberede fremtidens lærlinger og arbeidstakere på en arbeidshverdag hvor interaksjonen mellom menneske og maskin trolig blir tettere. At Hydro i Sunndal tar opp dette med kommunen, er et tydelig signal om at de mener automatiseringskompetanse blir viktig fremover.

Kagermann, Wahlster og Helbig (2013) mener en forutsetning for å lykkes med Industri 4.0 er et velfungerende samarbeid mellom næringsliv, politikere, forskningsinstitusjoner og universitet. Hydro i Sunndal har hatt et godt samarbeid med lokale utdanningsinstitusjoner og det politiske apparatet i lokalsamfunnet i lang tid. Hele Hydrokonsernet samarbeider dessuten aktivt med NTNU i Trondheim og SINTEF. Industri 4.0 kan være med å legge til rette for et enda tettere samarbeid mellom disse aktørene. Vi skal huske på at de teknologiske løsningene som ligger i Industri 4.0 er basert på stadig mer avansert informasjonsteknologi som ikke er særegen for aluminiumproduksjon. Hydro i Sunndal og andre aluminiumprodusenter har ikke dyp kunnskap om slik teknologi, og vil derfor være avhengig av ekstern hjelp for å lykkes med satsningen på Industri 4.0. Informanten fra Hydro Sentralt fortalte at Hydro ønsker å lære

mer om automatisering, robotisering og avansert sensorteknologi. Han håper samarbeidet med forskningsmiljøene ved NTNU og SINTEF kan bidra til kunnskapsutvikling og løsninger på tekniske utfordringer som er spesielle i aluminiumindustrien. Hydrokonsernet ønsker i tillegg at en stor andel av fremtidens arbeidstakere skal ta med seg kunnskap om moderne informasjonsteknologi fra utdannings- og kunnskapsinstitusjoner inn i aluminiumproduksjon. På denne måten kan FoU-miljøet internt i Hydro få mer kunnskap om informasjonsteknologi og de nye teknologiske løsningene som ligger i Industri 4.0. Hydro er allerede i ferd med å rekruttere folk med god kunnskap om informasjonsteknologi og automatisering, og etterspørselen etter slik kompetanse er, som nevnt, ventet å øke.

Informantene i mitt utvalg tror altså at Industri 4.0 vil føre til at det stilles større krav til fremtidens arbeidstakere ved Hydro i Sunndal når det gjelder kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning. Dette sammenfaller med synspunktene til majoriteten av forskerne som jeg har presentert i teorikapitlet. Satsningen på Industri 4.0 og mer automatisering/robotisering vil trolig bety at det blir behov for en bedre forståelse av hvordan avansert informasjonsteknologi fungerer. Dette medfører at en kompetanseheving blir nødvendig for mange av de ansatte ved Hydro i Sunndal. Det er kanskje mest naturlig å tenke seg at operatører blir den yrkesgruppen som trenger å få tilført kunnskap, men også Hydros ingeniører og ledere vil nok trenge å øke sin kompetanse og forståelse. Vi skal dessuten huske på det informanten fra Hydro Sentralt sa i sitt intervju. Enkelte av arbeidsoppgavene som kommer med Industri 4.0, vil sannsynligvis bli forholdsvis enkle å utføre da det er snakk om å bruke digitale verktøy som nettbrett, tablå og lignende til å styre parametere og overvåke prosesser. I slike tilfeller kan de teknologiske løsningene bli utviklet på en måte som gjør det enkelt for operatører og andre brukere å ta de i bruk. Programmering, implementering og deler av vedlikeholdsarbeidet for slike teknologiske løsninger og systemer vil likevel bli komplisert. Til mye av dette arbeidet kreves det svært god kunnskap om moderne informasjonsteknologi og automatisering/robotisering. En god del av disse jobbene vil trolig bli overlatt til eksterne leverandører og servicebedrifter slik som det gjøres i dag.

## 6 Konklusjon

Jeg vil i det følgende summere opp de mest sentrale funnene knyttet til mitt forskningsprosjekt. Jeg gjør dette ved å gå gjennom resultatene jeg har fått ut av mine tre problemstillinger.

I teorigjennomgangen har jeg forsøkt å finne forskningsfronten på feltet. Diskursen om teknologisk utvikling, Industri 4.0 og hvilke konsekvenser denne utviklingen kan gi, er tverrfaglig med bidrag fra forskere innen økonomi, teknologi, ingeniørvitenskap og samfunnsvitenskap. Det teoretiske rammeverket har blitt tatt med inn i arbeidet med problemstillingene, utformingen av spørsmålene til informantene og til slutt i analysen av resultatene. Det synes å være enighet om at Industri 4.0 og stadig mer avansert informasjonsteknologi gjør at vi står foran store endringer både i industri, servicenæringer og samfunnet for øvrig. Det er derimot delte meninger om og i hvilken grad Industri 4.0 og moderne informasjonsteknologi vil gjøre mennesker overflødige i arbeidsmarkedet. Til tross for slik uenighet, synes det å være konsensus i forskningslitteraturen om at dagens teknologiske utvikling gjør en kompetanseheving helt nødvendig både for fremtidens industriarbeidere og arbeidstakere i andre sektorer.

### ***Problemstilling 1: Hvordan forsøker aluminiumprodusenten Hydro i Sunndal å ta i bruk teknologi som ligger i konseptet Industri 4.0?***

Hydro i Sunndal har sammen med hele Hydrokonsernet valgt å definere Industri 4.0 som et satsningsområde. Industri 4.0 er et konsept som Hydro i Sunndal og andre industribedrifter vil forholde seg til i lang tid fremover. Inkrementell innovasjon sørger for at nye teknologiske løsninger vil bli implementert etter hvert som de utvikles. Samtidig skal man ikke utelukke at Industri 4.0 og stadig mer avansert informasjonsteknologi kan føre til radikale innovasjoner som også kan få positive virkninger for aluminiumprodusenter.

Det er startet opp flere prosjekt ved metallverket i Sunndal der teknologiske løsninger som er sentrale i Industri 4.0, er i ferd med å tas i bruk. Prosjektet på ”nedleggerområdet” i støperiet er et godt eksempel der både Internet of Things og Cyber-Physical Systems spiller en viktig rolle. En del av dette prosjektet går ut på å bruke avansert sensorteknologi til å registrere datainformasjon om ferdigprodukter. Dette gjelder blant annet lengde- og ultralydmålinger av

pressbolter. Disse dataene vil i sin tur bli overført til overordnede datasystem som har kontroll over hele prosessen. Slike datasystem (Cyber-Physical Systems) kan formidle nyttig informasjon til ansatte og maskiner som er koblet til internett. Datainformasjonen som registreres av sensorer, kan dessuten brukes til analyse. Ved å analysere datainformasjon, kan Hydro blant annet optimalisere produksjonsprosesser og få til en mer fleksibel produksjon. Eksempelet fra støperiet og prosjektet som omhandler selvkjørende kjøretøy (AGV), viser at Hydro i Sunndal satser tungt på Industri 4.0.

Industri 4.0 byr på mange muligheter for Hydro i Sunndal. Det er liten tvil om at satsningen først og fremst har et økonomisk motiv. Mer automatisering og robotisering kan føre til høyere produktivitet og produksjonsvolum pr. ansatt. I tillegg vil lønnskostnadene kunne reduseres dersom arbeidsoppgaver rasjonaliseres og en moderat nedbemanning finner sted. Ved å utstyre maskineri med avansert sensorteknologi som registrerer utstyrets tilstand, kapasitet og ytelse, kan Hydro i Sunndal få til et proaktivt og forutsigbart vedlikeholdsarbeid. Dette kan redusere muligheten for kostbar produksjonsstans og at maskineri havarer. Sensorteknologien som kommer med Industri 4.0 kan dessuten vise seg å bli svært verdifull for Hydros FoU-avdelinger. Datainformasjonen som sensorer registrer, kan bidra til ny og bedre kunnskap om aluminium og metallens egenskaper. Hydros egne forskere og eksterne samarbeidspartnere kan benytte denne informasjonen til å utvikle produkter med høyere kvalitet og finne nye bruksområder for aluminium. Alt dette kan føre til bedre økonomiske resultater for Hydro i Sunndal. I tillegg til økonomiske gevinster, kan Industri 4.0 bidra til et tryggere arbeidsmiljø der farlige operasjoner overtas av maskiner og roboter. Dette kan igjen føre til færre skader på de ansatte og bedre kontroll over produksjonen. Industri 4.0 og stadig mer avansert informasjonsteknologi kan altså gi Hydro i Sunndal HMS-relaterte gevinster.

Fremstilling av primæraluminium er, slik jeg har vært inne på i analysen, tungindustri med relativt krevende arbeidsforhold. Høye temperaturer, magnetfelt og uforutsette situasjoner som oppstår i prosessen, bidrar til utfordringer når det gjelder å implementere nye teknologiske løsninger. Et eksempel på dette, er målinger i elektrolysecellene. De høye temperaturene og det sure miljøet i elektrolysecellen tærer i stykker sensorer på kort tid og gjør at slike målinger må utføres manuelt. Lignende utfordringer finnes også i andre deler av produksjonen. Sterke magnetfelt enkelte steder i fabrikken kan vise seg å bli en utfordring når det gjelder selvkjørende kjøretøy. Elektronikken og datasystemene på slike kjøretøy kan slås ut av magnetisk kraft. En annen betydelig utfordring i forhold til implementering av

teknologiske løsninger og aluminiumproduksjon, er at produksjonen må gå kontinuerlig. Produksjonsstopp på over fem timer vil føre til at elektrolysecellene ”fryser inn”, og en restart av produksjonen vil koste flere hundre millioner kroner. Dette gjør store moderniseringsprosjekt utfordrende for aluminiumprodusenter, men historien har vist at eksempler på tilsvarende teknologiendringer har vært mulig. De spesielle forholdene i aluminiumproduksjon gjør at det kreves mer planlegging og uttesting av nye teknologiske løsninger enn det som er tilfelle i mange andre industrier.

Hydro i Sunndal ønsker å øke automatiseringsgraden ved å ta i bruk stadig mer avansert informasjonsteknologi i form av avanserte maskiner og roboter. I den forbindelse kan Moravec og Polanyis paradokser vise seg å gi utfordringer. En del av de fysiske arbeidsoppgavene som utføres ved Hydro i Sunndal, kan bli mer krevende å automatisere enn det man i utgangspunktet tror. Dette gjelder særlig uforutsigbart manuelt arbeid der variasjoner gjør at oppgaveutførelsen blir forskjellig fra gang til gang. Dersom slike arbeidsoppgaver i tillegg har innslag av taus kunnskap, kan det bli vanskelig å utvikle helautomatiserte løsninger. I slike tilfeller vil ikke ingeniører ha detaljerte arbeidsbeskrivelser uttrykt gjennom ord og tall som kan brukes til kodifisering og programmering. Vi skal dessuten huske på at moderne informasjonsteknologi i enkelte tilfeller gjør det enklere å automatisere rutinepreget kunnskapsarbeid enn manuelle arbeidsoppgaver. På bakgrunn av faglitteraturen tror jeg dette også kan bli gjeldende ved Hydro i Sunndal.

Til tross for at det finnes utfordringer som er spesielle i aluminiumproduksjon, forsøker altså Hydro i Sunndal å implementere mye av teknologien som er sentral i Industri 4.0. De konkrete prosjektene som jeg har beskrevet i analysen, omhandler Internet of Things, Cyber-Physical Systems, avansert sensorteknologi, robotisering og kunstig intelligens. Slike prosjekt viser at det er mulig for en aluminiumprodusent å ta i bruk mye av teknologien som kommer med Industri 4.0. Det er samtidig liten tvil om at Hydro i Sunndal vil få flere utfordringer i forsøket på å transformere metallverket til å bli en ”smart fabrikk”. Det tøffe arbeidsklimaet i aluminiumproduksjonen fører til utfordringer man ikke har i mange andre industrier. Hydro og eksterne samarbeidspartnere vil trolig finne løsninger på mange av disse utfordringene, men det kan muligens ta lenger tid og bli vanskeligere enn i annen industri. Kanskje vil man derfor ikke se de helt store effektene av Industri 4.0 før om fem-ti år eller enda lengre frem i tid.

***Problemstilling 2: Vil Industri 4.0 og økt automatisering/robotisering føre til en nedbemanning ved Hydro i Sunndal, og hvilke konsekvenser vil dette eventuelt få for lokalsamfunnet?***

En sentral del av Industri 4.0 handler om hvordan industribedrifter kan effektivisere produksjonen gjennom mer automatisering og robotisering. Mine funn tyder på at Industri 4.0 vil føre til at flere arbeidsoppgaver blir automatisert ved Hydro i Sunndal. I første omgang vil det være snakk om rutinepregede og manuelle operasjoner som det allerede er mulig å løse rent teknisk. Automatisering av arbeidsoppgaver vil trolig føre til at Hydro i Sunndal trenger noe færre ansatte pr. skift. En økt automatiseringsgrad vil i sin tur sannsynligvis føre til en moderat nedbemanning ved Hydro i Sunndal i nær fremtid.

Mer automatisering og robotisering kan føre til at produksjonsvolumet pr. ansatt øker. Dette kan medføre at Hydro trenger mer arbeidskraft i avdelinger som logistikk og transport. Dersom overflødig arbeidskraft overføres til andre deler i produksjonen, kan man unngå en større nedbemanning. Det er likevel usikkert om dette kommer til å skje. Industri 4.0 vil berøre de fleste avdelingene ved Hydro i Sunndal. Nye teknologiske løsninger vil trolig også bli implementert i logistikk- og transportavdelingene på sikt. Dersom automatiseringsgraden økes i flere avdelinger, vil behovet for arbeidskraft i hele driften kunne reduseres til tross for at produksjonsvolumet pr. ansatt øker. Jeg har kommet frem til at størrelsen på produksjonsøkningen og hastigheten på den teknologiske utviklingen vil være avgjørende for om det blir behov for overflødig arbeidskraft i andre deler i driften. Man kan ikke utelukke at en betydelig produksjonsøkning i fremtiden gjør at behovet for menneskelig arbeidskraft vil øke. Samtidig vil det nok utvikles flere helautomatiserte løsninger som kan implementeres i aluminiumproduksjon takket være fremskritt innen robotisering, sensorteknologi og maskinlæring (kunstig intelligens).

Mine funn viser at det er operatører og ansatte i metallverkets driftsavdelinger som er mest utsatt for å bli erstattet av maskiner, roboter og programvare. Lite tyder likevel på at det blir en dramatisk reduksjon av antall operatører i nær fremtid. Det ser ut til at ledere, ingeniører, forskere og andre med posisjoner langt oppe i organisasjonshierarkiet ved Hydro i Sunndal har relativt trygge jobber. Men også disse yrkesgruppene må nok oppdatere sin kompetanse som følge av Industri 4.0 og digitalisering. Til tross for nye teknologiske løsninger som gjør det mulig å automatisere flere arbeidsoppgaver, er det vanskelig å se for seg en



aluminiumproduksjon helt uten mennesker. Dette skyldes blant annet utfordringene i produksjonsprosessen og kompleksiteten i flere av arbeidsoppgavene. I tillegg vil nok både sosiale og politiske forhold være av betydning.

Industri 4.0 vil altså sannsynligvis føre til en moderat nedbemanning ved Hydro i Sunndal i nær fremtid. På lengre sikt er det langt vanskeligere å være konkret. Dersom vi faktisk bare er i startfasen av Industri 4.0 og en storstilt modernisering av industrisektoren ligger foran oss, kan man ikke utelukke at en større nedbemanning finner sted ved Hydro i Sunndal. Samtidig er ikke verden fullstendig teknologideterministisk. Politikere, fagforeninger og andre interessenter vil gjøre seg gjeldende med synspunkter på så vel graden av automatisering som størrelsen på bemanningen ved metallverket i Sunndal. Det er nok likevel slik at økonomiske forhold veier tyngst i et kapitalistisk marked der konkurransen mellom aktørene er svært tøff. En større nedbemanning kan bli vurdert som nødvendig av ledelsen i Hydro for å sikre markedsmessig posisjon og konkurransedyktighet. Vi skal dessuten huske på at teknologien som kommer med Industri 4.0 er universell, og at den sannsynligvis også vil bli tatt i bruk av Hydros konkurrenter. Dette kan føre til en enda tøffere konkurranse og at aluminiumprodusenter må forsøke å redusere de totale kostnadene ytterligere.

Hvilke konsekvenser en eventuell nedbemanning ved Hydro i Sunndal kan få for lokalsamfunnet, er avhengig av flere forhold. Vi skal huske på at dette er et komplekst saksfelt som berører mer enn arbeidsstokken ved metallverket i Sunndal. Det er naturlig å tenke at en større nedbemanning ved en hjørnesteinsbedrift, må få innvirkning på lokalsamfunnet. Nedbemanningen tidlig på 1990-tallet førte imidlertid ikke til økt arbeidsledighet i Sunndalsregionen. Den gang ble mye av den overflødige arbeidskraften overført til andre lokale industribedrifter. ”Spin-off” fra Hydro i Sunndal sørget i tillegg for at det ble etablert en del nye virksomheter. Disse bedriftene siktet seg inn på å levere løsninger til flere aluminiumprodusenter, og hadde behov for medarbeidere med aluminiumkompetanse. Man kan ikke utelukke en tilsvarende effekt dersom en brå og større nedbemanning ved Hydro i Sunndal hadde inntruffet i dag eller i fremtiden. Samtidig er det flere forhold som gjør at utfordringene i dag er annerledes enn på 1990-tallet.

Teknologien som kommer med Industri 4.0 og digitalisering er universell og vil sannsynligvis tas i bruk i de fleste industrier. Lokale industribedrifter i Sunndal kan på lik linje med Hydro, velge å implementere moderne informasjonsteknologi og øke automatiseringsgraden. Dette

kan medføre at behovet for menneskelig arbeidskraft i andre lokale bedrifter reduseres. Vi kan selvsagt ikke se bort i fra at Industri 4.0 kan føre til ”spin-off” fra Hydro og nyetablerte bedrifter i Sunndal som satser på å levere nye teknologiske løsninger til Hydro og andre aluminiumprodusenter. Samtidig kan det stilles spørsmål om arbeidstakerne som blir overflødige på metallverket, har den nødvendige kompetansen som disse jobbene utenfor bedriftsporten vil kreve. De færreste som jobber ved Hydro i Sunndal har mye kompetanse om moderne informasjonsteknologi, robotisering, avansert sensorteknologi eller kunstig intelligens (maskinlæring). Nyetablerte bedrifter kan riktignok satse på å levere løsninger som er spesialutviklet for aluminiumproduksjon, og derav ha bruk for en del folk med bakgrunn fra aluminiumindustrien. Det er likevel usikkert om det vil være behov for mange med slik kompetanse, i alle fall om det vil være nok til å kompensere for et eventuelt bortfall av arbeidsplasser ved Hydro i Sunndal dersom en brå og omfattende nedbemanning skjer.

Konklusjonen blir derfor som følger: En moderat nedbemanning ved Hydro i Sunndal som skjer gradvis over tid, vil trolig ikke føre til store konsekvenser for lokalsamfunnet i Sunndal. I et slikt tilfelle kan økt arbeidsledighet unngås gjennom naturlig avgang og overføring av overflødig arbeidskraft til andre lokale bedrifter. En brå og omfattende nedbemanning ved Hydro i Sunndal kan derimot få større konsekvenser for lokalsamfunnet. Dette kan føre til økt arbeidsledighet og en mer krevende situasjon enn det som ble tilfelle ved nedbemanningen tidlig på 1990-tallet. Dette er som nevnt ikke et forsøk på å predikere eller å spå om fremtiden. De mye brukte ordene til den danske fysikeren, Niels Bohr, er her treffende: ”Det er svært at spå – især om fremtiden”.

***Problemstilling 3: Hvilke krav til kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning vil Industri 4.0 medføre for fremtidige arbeidstakere ved Hydro i Sunndal?***

Satsningen på Industri 4.0 gjør at det implementeres mer avansert maskineri, sensorteknologi og robotisering i driften ved Hydro i Sunndal. Den teknologiske utviklingen vil trolig bidra til en arbeidshverdag med nye oppgaver for mange av de ansatte. Mine funn tyder på at Industri 4.0 vil føre til at det blir nye og høyere krav til kvalifikasjoner, ferdigheter og utdanning for fremtidige arbeidstakere ved metallverket.

Satsningen på Industri 4.0 gjør at hele organisasjonen ved Hydro i Sunndal vil trenge bedre datakunnskaper. Det vil være variasjoner mellom avdelinger og yrkesgrupper når det gjelder

hvor mye ny kunnskap som kreves. En generell kompetanseheving i hele organisasjonen blir nok likevel nødvendig i et arbeidsliv der interaksjonen mellom mennesker og maskiner blir tettere. Fremtidige arbeidstakere ved Hydro i Sunndal trenger en bedre forståelse av hvordan moderne informasjonsteknologi fungerer. Flere operasjoner vil skje i et samspill mellom menneske og maskin. I slike samarbeid vil operatører måtte ha kunnskap som gjør at de kan styre og kontrollere maskiner og andre digitale verktøy. Dessuten vil nok mye av det fysiske og rutinepregede arbeidet bli erstattet med arbeidsoppgaver som krever mer avansert tenking. En slik transformasjon av arbeidslivet gjør at de ansatte må få tilført mer kompetanse. Dette gjelder kanskje særlig på operatørnivå og for de som jobber i produksjonen, men også metallverkets ledere og ingeniører vil nok trenge mer kunnskap og bedre forståelse av teknologien som kommer med Industri 4.0. Samtidig skal vi huske på at operatørene og andre ansatte ved Hydro i Sunndal har verdifull kunnskap om aluminiumproduksjon og hele verdikjeden. Det vil være viktig å utnytte denne kunnskapen i en tid der mer maskiner, roboter og programvare implementeres.

En sentral del av Industri 4.0 dreier seg som nevnt om analysering av data. Å analysere datainformasjonen som sensorer fanger opp kan være forholdsvis krevende. I mange tilfeller vil dette være en oppgave som stiller høye krav til de ansatte når det gjelder analytiske ferdigheter og statistikkforståelse. Dataanalyse vil trolig bli en oppgave for både ingeniører og operatører i fremtidens aluminiumproduksjon, også ved Hydro i Sunndal. Dersom slike oppgaver skal utføres på operatørnivå, vil det være nødvendig med kompetanseheving. Analyse av data og statistikk må nok vektlegges i større grad enn det som blir gjort i dagens fagutdanning. En oppdatering av denne utdanningen kan bidra til at fremtidens operatører får kompetansen som blir påkrevd. I tillegg vil det nok være nødvendig med etterutdanning og egne treningsprogram for dem som allerede jobber som operatører.

Industri 4.0 vil trolig føre til at det trengs enda mer ingeniørkompetanse ved Hydro i Sunndal enn i dag. Mine funn tyder på at det blir behov for flere ingeniører med kunnskap om automatisering, robotisering og annen informasjonsteknologi. Dersom stadig mer avansert teknologi blir implementert i driften, vil nok Hydro i Sunndal trenge flere ingeniører som jobber tettere på produksjonen. Samtidig kan mer maskineri, datateknologi og robotisering i driften føre til at skillelinjen mellom ingeniører og operatører gradvis hviskes ut på enkelte områder. En slik utvikling vil medføre at fremtidens operatører får flere komplekse arbeidsoppgaver.

Industri 4.0 gjør at kompetansen blant de ansatte i vedlikeholdsavdelingene må styrkes. Hydro i Sunndal må forsikre seg om at de har ansatte med den nødvendige kompetansen som kreves for å reparere og vedlikeholde moderne maskiner, roboter og annet digitalt utstyr. Forutsigbart vedlikehold (predictive maintenance) fører nok dessuten til at det blir mer analyse av datainformasjon i vedlikeholdsavdelingene. Samtidig vil trolig en del av disse oppgavene bli tatt hånd om av eksterne servicebedrifter.

Skolevesenet spiller en viktig rolle når det gjelder å forberede fremtidens arbeidstakere på kravene som vil møte dem i arbeidslivet. Mine funn tyder på at Industri 4.0 og digitaliseringen av arbeidslivet gjør at de lokale utdanningsinstitusjonene i Sunndal trenger mer kompetanse om moderne informasjonsteknologi og automatisering/robotisering. Dette gjelder nok særlig Sunndal videregående skole og linjen Teknikk og industriell produksjon som har en målsetting om å forberede elever på jobber i industribedrifter. En kompetanseheving blant lærere vil nok være nødvendig i mange tilfeller, og pensum må i tillegg oppgraderes slik at det som læres bort til elevene er relevant og følger utviklingen i industrien. Det er dessuten viktig at skolesystemet får tilgang på mer tidsriktig utstyr slik at elevene får et bedre innblikk i hva som faktisk foregår i industrien. Industrien selv må nok bidra med innkjøp av dyrt og tidsriktig utstyr som kan brukes i undervisningen. I tillegg kan folk fra industrien bidra i læringsprosessen ved å delta i undervisning og vise frem teknologiske løsninger for elever. En egen automatiseringslinje ved Sunndal videregående vil kunne bidra til at elever kan opparbeide kompetanse som blir etterspurt ved Hydro i Sunndal og i andre industribedrifter i fremtiden.

Industri 4.0 og stadig mer avansert informasjonsteknologi vil trolig føre til en enda raskere endringstakt i industrien og næringslivet. På bakgrunn av faglitteraturen og uttalelser fra ledere i Hydro, tyder mye på at denne utviklingen også vil bli gjeldende for Hydro i Sunndal. En raskere endringstakt i industrien gjør at arbeidstakerne ved metallverket i Sunndal må innstille seg på et arbeidsliv med livslang læring. Nye teknologiske løsninger som gradvis implementeres kan medføre at de ansatte må tilegne seg ny kunnskap flere ganger i løpet av arbeidskarrieren. Samtidig skal vi huske på at grunnprosessen i aluminiumproduksjon forblir den samme til tross for moderne informasjonsteknologi og nye teknologiske løsninger. Fremtidens arbeidstakere ved Hydro i Sunndal vil fortsatt måtte ha god forståelse og kunnskap om fremstillingen av primæraluminium.

## 6.1 Studiens begrensninger og overføringsverdi

Det er gjort forholdsvis få studier som tar for seg Industri 4.0 og eventuelle konsekvenser av den teknologiske utviklingen på mikronivå. Min studie kan gi bedre innsikt i hvordan nye teknologiske løsninger virker inn i en enkelt industribedrift, og hvordan lokalsamfunnet påvirkes. Dette kan gi en bedre forståelse av Industri 4.0 i praksis. Det finnes dessuten få studier som undersøker hvordan en aktør i norsk tungindustri forholder seg til Industri 4.0 og moderne informasjonsteknologi. Mitt forskningsprosjekt får kanskje frem de bransjespesifikke og kontekstuelle forholdene på en tydeligere måte enn mer generelle undersøkelser. Studien kan dermed fungere som et supplement til diskursen på fagområdet som ofte foregår på samfunnsnivå.

Denne studien har som all forskning sine begrensninger. Forskningsprosjektet har tre forholdsvis omfattende problemstillinger. Dersom jeg hadde valgt å fokusere på kun en av disse, kunne analysedelen kanskje blitt mer dyptgående på akkurat dette området. Da ville det vært mulig å foreta en mer detaljert undersøkelse av et konkret prosjekt som omhandler Industri 4.0. På den annen side ville man gått glipp av sammenhengene mellom innføring av nye teknologiske løsninger, arbeid og kompetansekrav.

En annen begrensning ved denne studien, er at deler av fortolkningene handler om fremtidige konsekvenser av teknologisk utvikling. Hydro i Sunndal er i startfasen av satsningen på Industri 4.0, og mye av teknologien som kommer med konseptet er enda ikke implementert. Det er derfor vanskelig å si noe konkret om hva konsekvensene av denne utviklingen blir på sikt. Jeg har selvsagt forsøkt å gjennomføre mine analyser og fortolkninger i henhold til vitenskapelige og metodiske standarder. Men Selv om man bygger på faglitteratur og synspunkter til eksperter på feltet, er det likevel vanskelig å si noe sikkert om hvordan utviklingen fremover vil bli. Til tross for dette kan eksperter og fagpersoner med tung kompetanse gi en pekepinn om retningen på utviklingen.

I forbindelse med casestudier vil det alltid være spørsmål om tolkningen man kommer frem til, kan være relevant i en større sammenheng. De kontekstuelle forholdene i dette casestudiet medfører at deler av funnene ikke kan overføres til andre analyseenheter (industribedrifter). Dette gjelder særlig momenter av studien der organisatoriske trekk ved Hydro i Sunndal og spesifikke forhold i lokalsamfunnet i Sunndal har vært avgjørende for informasjonen jeg har fått tilgang til. Enkelte deler av studien kan på den annen side være relevant i en større

sammenheng. Andre aktører i norsk eller internasjonal tungindustri kan møte på flere av de samme utfordringene som Hydro i Sunndal når det gjelder implementering av nye teknologiske løsninger og Industri 4.0. Jeg mener dessuten at fortolkningene når det gjelder kompetansekrav til fremtidige industriarbeidere er relevant for mer enn bare Hydro i Sunndal. Vi skal huske på at de nye teknologiske løsningene som kommer med moderne informasjonsteknologi og Industri 4.0 er universelle. Mye av de samme kompetansekravene kan dermed bli gjeldende for fremtidige arbeidstakere i andre industribedrifter.

## **6.2 Videre forskning**

Hvordan Industri 4.0 og stadig mer avansert informasjonsteknologi vil virke inn på industri, arbeidsliv og samfunn, er et stort felt som innbyr til videre forskning. Det kan være interessant å gjøre mer dyptgående undersøkelser av avgrensede prosjekt der teknologi som er viktig i Industri 4.0 implementeres. Slike studier kan gi detaljerte beskrivelser av prosjektets effekter, og om disse samsvarer med forventningene forskere og industriledere har til Industri 4.0. Mer dyptgående undersøkelser kan dessuten finne ut hvordan forholdet mellom menneske og maskin blir for spesifikke arbeidsoppgaver på detaljnivå. Videre kan slike undersøkelser gi innsikt om hvilke konkrete kompetansekrav og ferdigheter som er nødvendig for å utføre bestemte operasjoner. Dette forutsetter at prosjektet har fått pågå en tid.

Videre kan det være interessant å gjøre komparative studier. Man kan sammenligne industribedrifter i samme bransje eller bedrifter i ulike, men nærstående bransjer. Det kan også være interessant å ta for seg bedrifter i svært ulike bransjer, for eksempel å sammenligne et metallverk med en møbelfabrikk eller et lakseslakteri. Slike studier kan få frem forskjeller og likheter mellom aktører i industrien, og føre til en bedre forståelse av Industri 4.0 og moderne informasjonsteknologi i industrisammenheng.

For Hydro i Sunndal, kan det være interessant å legge til rette for følgeforskning der man undersøker effektene av Industri 4.0 etter at flere prosjekt har fått pågå en stund. Slike studier kan ha flere formål. Man kan for eksempel gjøre dyptgående undersøkelser av konkrete teknologiske løsninger, eller man kan forsøke å måle hvilke økonomiske effekter som oppnås gjennom implementering av nye teknologiske løsninger og koble dette direkte til konkrete prosjekt. Videre kan det være spennende å avdekke hvordan Industri 4.0 og moderne informasjonsteknologi faktisk slår ut for arbeidssituasjonen ved metallverket. Vi skal huske

på at mitt prosjekt er gjennomført i startfasen av satsningen på Industri 4.0.  
Problemstillingene i min studie kan derfor forbli aktuelle i flere år fremover.

## Referanser

Amundsen, O og Kongsvik, T. (2008) *Endringskynisme*. Oslo: Gyldendal Forlag AS.

Andersen, H. W., Borgersen, T., Brandt, T., Eliassen, K. O., Stugu, O. S. og Østi, A. (2004) *Fabrikken*. Oslo: Scandinavian Academic Press/Spartacus Forlag AS.

Artz, M., Gregory, T. og Zierahn, U. (2016) The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, Nr. 189. Paris: OECD Publishing.

Atkinson, R. D. (2016) *"It's Going To Kill Us!" And Other Myths About The Future of Artificial Intelligence*, Information Technology & Innovation Foundation, June 2016.

Autor, D. H. (2015) Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29, Nr.3 (3-30). Summer 2015.

Autor, D. H. og Dorn, D (2013) The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market, *American Economic Review*, Vol. 4 (1553-1597).

Baciu, A. (2016) Artificial Intelligence Is More Artificial Than Intelligent, *wired.com*.

Tilgjengelig fra: <https://www.wired.com/2016/12/artificial-intelligence-artificial-intelligent/>

Bertelsen, M. og Havnes, H. (2017) Som ventet fra Norsk Hydro, *Dagens Næringsliv*.

Tilgjengelig fra: <http://www.dn.no/nyheter/2017/02/09/0703/Industri/som-ventet-fra-norsk-hydro>

Brynjolfsson, E. og McAfee, A. (2014) *The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity In a Time of Brilliant Technologies*. New York: Norton & Company, Inc.

Carlin, M. (Red.) (2015) *Effekter av teknologiske løsninger på norsk nærings- og arbeidsliv*. Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO), Årskonferansen 2016. Trondheim: SINTEF.



Chui, M., Manyika, J. og Miremadi, M. (2016) Where machines could replace humans – and where they can't (yet), *McKinsey Quarterly*, July 2016. Tilgjengelig fra:

<http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>

Corbin, J. og Strauss, A. (2008) *Basics of Qualitative Research. Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. 3. Utg. London: Sage Publications, Inc.

Crang, M. og Cook, I. (2007) *Doing Ethnographies*. London: Sage Publications, Inc.

Creswell, J. W. (2007) *Qualitative Inquiry & Research Design. Choosing Among Five Approaches*. 2. Utg. London: Sage Publication, Inc.

Dagens Næringsliv (2017) Hydro er et Kina-case, *dn.no*. Tilgjengelig fra:

<http://www.dn.no/nyheter/2017/01/19/1628/Industri/-hydro-er-et-kina-case>

Dahlum, S. (2015) Algoritme, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra:

<https://snl.no/algoritme>

Das, S. (2016) *The Age of Stagnation. Why Perpetual Growth Is Unattainable and the Global Economy is in Peril*. New York: Prometheus Books.

Ekeland, A., Rouvinen, P. Og Pajarinen, M. (2014) *Computerization and The Future of Jobs in Norway*. SSB-rapport til Kunnskapsdepartementet 2014. Tilgjengelig fra:

<http://nettsteder.regjeringen.no/fremtidensskole/files/2014/05/Computerization-and-the-Future-of-Jobs-in-Norway.pdf>

E24 (2017) Her mister 500.000 jobben, *e24.no*. Tilgjengelig fra: <http://e24.no/makro-og-politikk/kina/en-halv-million-kinesere-mister-jobben/23938261>

Ford, M. (2015) *Rise of The Robots. Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York: Basic Books.

Foss Olsen, A. M. (2016) Verdens beste sjakkspiller er et dataprogram, *tek.no*. Tilgjengelig fra: <https://www.tek.no/artikler/verdens-beste-sjakkspiller-heter-ikke-magnus-carlsen/165159>

Fossum, T. (2017) Sterke tall fra Hydro Sunndal, *Adresseavisen.no*. Tilgjengelig fra: <http://www.adressa.no/nyheter/okonomi/2017/02/09/Sterke-tall-fra-Hydro-Sunndal-14193762.ece>

Fossum, T. (2017) Investeringene i kø på Indre Nordmøre, *Adresseavisen.no*. Tilgjengelig fra: <http://www.adressa.no/nyheter/okonomi/2017/01/18/Investeringene-i-kø-på-Indre-Nordmøre-14073708.ece>

Fossum, T. (2017) Nye investeringer i Sunndal, *Adresseavisen.no*. Tilgjengelig fra: <http://www.adressa.no/nyheter/okonomi/2017/03/08/Nye-investeringer-i-Sunndal-14409093.ece>

Foto forside: *Aluminium extrusion ingots – Hydro Sunndal (2007), Sunndal aluminium plant (2010) og Sunndal Metal Plant (2011)*. Tilgjengelig fra: [www.flickr.com/photos/norskhydro](http://www.flickr.com/photos/norskhydro)

Freeman, C. og Louca, F. (2001) *As Time Goes By. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*. New York: Oxford University Press.

Frey, C. B. og Osborne, M. A. (2013) *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?* Oxford Martin School, University of Oxford. Tilgjengelig fra: [http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)

Gartner, Inc. (2012) *The Importance of Big Data: A Definition*, Gartner: 21. Juni 2012.

Giusto, D., Iera, A., Morabito, G. og Atzori, L. (2010) *The Internet of Things*. New York: Springer Science + Business Media, LCC.

Godin, B. (2015) *Innovation Contested: The Idea of Innovation Over the Centuries*. London: Taylor & Francis Ltd.

Gundersen, D. (2016) Flops, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/flops>

Hagerty, J. R. (2015) Meet the New Generation of Robots for Manufacturing, *The Wall Street Journal*, Tilgjengelig fra: <https://www.wsj.com/articles/meet-the-new-generation-of-robots-for-manufacturing-1433300884>

Henden, J., Frøland, O. H. og Karlsen, A. (2008) *Globalisering gjennom et århundre. Norsk aluminiumindustri 1908-2008*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.

Herman, M., Otto, B. og Pentek, T. (2016) Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, *49th Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii, Januar 2016.

Hydro (2016) *Ekstrudering, valsing og støping fra aluminium*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/Om-aluminium/Aluminiumens-livssyklus/Fabrikasjon/>

Hydro (2016) *Grønnere produksjon*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/var-virksomhet/forskning-og-utvikling/Grønnere-produksjon/>

Hydro (2016) *Hydro Sunndal metallverk*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/var-virksomhet/her-finner-du-oss/sunndal/hydro-sunndal-metallverk/>

Hydro (2016) *Primærproduksjon*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/Om-aluminium/Aluminiumens-livssyklus/Primærproduksjon/>

Hydro (2016) *Raffinering av alumina*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/Om-aluminium/Aluminiumens-livssyklus/Raffinering-av-alumina/>

Hydro (2016) *Utvinning av bauxitt*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/Om-aluminium/Aluminiumens-livssyklus/Utvinning-av-bauxitt/>

Hydro (2016) *Våre kompetansesentre*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/var-virksomhet/forskning-og-utvikling/Vare-kompetansesentre/>

Innvik, P. E. og Kamsvåg, J. L. (1993) *Verket. Sunndal Verks historie gjennom 40 år*. Sunndal: Hydro Aluminium.

Kagermann, H., Wahlster, W. og Helbig, J. (2013) *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*, Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Frankfurt, April 2013.

Katz, Y. (2012) Noam Chomsky on Where Artificial Intelligence Went Wrong, *The Atlantic*. Tilgjengelig fra: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/11/noam-chomsky-on-where-artificial-intelligence-went-wrong/261637/>

Keynes, J. M. (1930) Economic Possibilities for our Grandchildren, *Essays in Persuasion* (358-373). London: Macmillian and co.

Kitchin, R. og Tate, N. J. (2000) *Conducting Research in Human Geography: Theory, Methodology and Practice*. New York: Routledge.

Lee, E. A. (2008) Cyber Physical Systems: Design Challenges, *Electrical Engineering and Computer Sciences*, Berkeley: University of California, 23.januar 2008.

Lucke, D., Constantinescu, C. Og Westkämper, E. (2008) Smart Factory – A Step Towards the Next Generation of Manufacturing, *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*. London: Springer.

Mantoux, P. (2006) *The Industrial Revolution in the Eighteenth Century: An Outline of the Beginnings of the Manufacturing System in England*. US: Taylor & Francis.

McGoogan, C. (2017) Moore's law is not dead, says Intel boss, *The Telegraph.co.uk*. Tilgjengelig fra: <http://www.telegraph.co.uk/technology/2017/01/05/ces-2017-moores-law-not-dead-says-intel-boss/>

Meland, S. I. (2017) Åpner Norges største senter for kunstig intelligens, *Adressavisen.no*. Tilgjengelig fra: <http://www.adressa.no/pluss/nyheter/2017/03/08/Åpner-Norges-største-senter-for-kunstig-intelligens-14407962.ece>

Meld. St. 27 (2016-2017) (2017) *Industrien – grønnere, smartere og mer nyskapende*. Oslo: Det kongelige nærings- og fiskeridepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/9edc18a1114d4ed18813f5e515e31b15/no/pdfs/stm201620170027000dddpdfs.pdf>

Mitchell, R. E. (2014) *A Consise History of Economists' Assumptions About Markets. From Adam Smith to Joseph Schumpeter*. Santa Barbara: Praeger.

Moore, G. (1965) Cramming More Components Onto Integrated Curcuits, *Electronics Magazine*, Vol. 38, nr. 8 (114-117). 14. April 1965.

Moravec, H. (1988) *Mind Children. The Future of Robot and Human Intelligence*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Pew Research Center (2016) *Smartphones Ownership and Internet Usage Continues to Climbe in Emerging Economies*. Tilgjengelig fra: [http://www.pewglobal.org/files/2016/02/pew\\_research\\_center\\_global\\_technology\\_report\\_fina1\\_february\\_22\\_2016.pdf](http://www.pewglobal.org/files/2016/02/pew_research_center_global_technology_report_fina1_february_22_2016.pdf)

Polanyi, M (1966) *The Tacit Dimension*. London: Routledge & K. Paul.

Rosen, W. (2010) *The Most Powerful Idea in the World. A Story of Steam, Industry, and Invention*. New York: Random House.

Rubin, H. J. og Rubin, I. S. (2012) *Qualitative Interviewing – The Art of Hearing Data*. 3. Utg. Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc.

Russell, S. og Norvig, P. (2002) *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. 2. Utg. New Jersey: Pearson Education, Inc.

Rustad, T. (2015) Su3 i full produksjon, *auraavis.no*. Tilgjengelig fra: <https://www.auraavis.no/hydro/nyhet/su3-i-full-produksjon/s/5-5-16314>

Schumpeter, J. A. (1934) *The Theory of Economic Development. An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. New Jersey: Transaction Publishers.

Schumpeter, J. A. (1942) *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Taylor & Francis.

Silverman, D (2011) *Interpreting Qualitative Data. A Guide to the Principles of Qualitative Research*. 4. Utg. London: Sage Publications, Inc.

Schwab, K. (2016) *The Fourth Industrial Revolution*. UK: Penguin Random House.

Stewart, I., Debapratim, D. og Cole, A. (2015) *Technology and people: The great job-creating machine*. London: Deloitte LLP

Swedberg, R. (2007) Rebuilding Schumpeter's Theory of Entrepreneurship, *Conference on Marshall, Schumpeter and Social Science*. Hitotsubashi University, 17-18. Mars 2007.

Thagaard, T. (2013) *Systematikk og innlevelse. En innføring i kvalitativ metode*. 4. Utg. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjerke AS.

Tørresen, J. (2013) *Hva er kunstig intelligens*. Oslo: Universitetsforlaget AS.

Ulvund, A. (2014) *Vi på verket*. Sunndal: Hydro Sunndal metallverk.

Woodside, A. G. (2010) *Case Study Research. Research, Study and Practice*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.

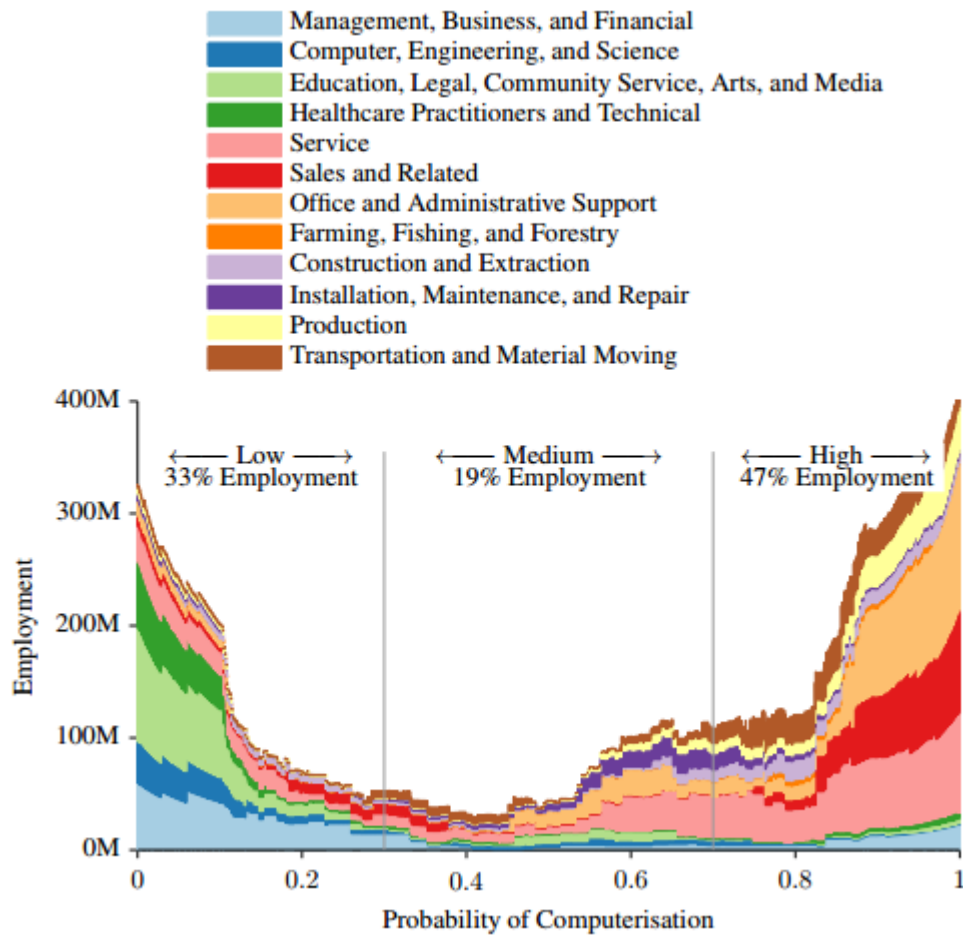
Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C. og Thoben, K. (2016) Machine Learning in Manufacturing: Advantages, challenges and applications, *Production & Manufacturing Research*, Vol. 4, issue 1 (23-45), 2016.

Yin, R. K. (2009) *Case Study Research. Design and Methods*. 4. Utg. London: Sage Publications, Inc.

## Appendiks

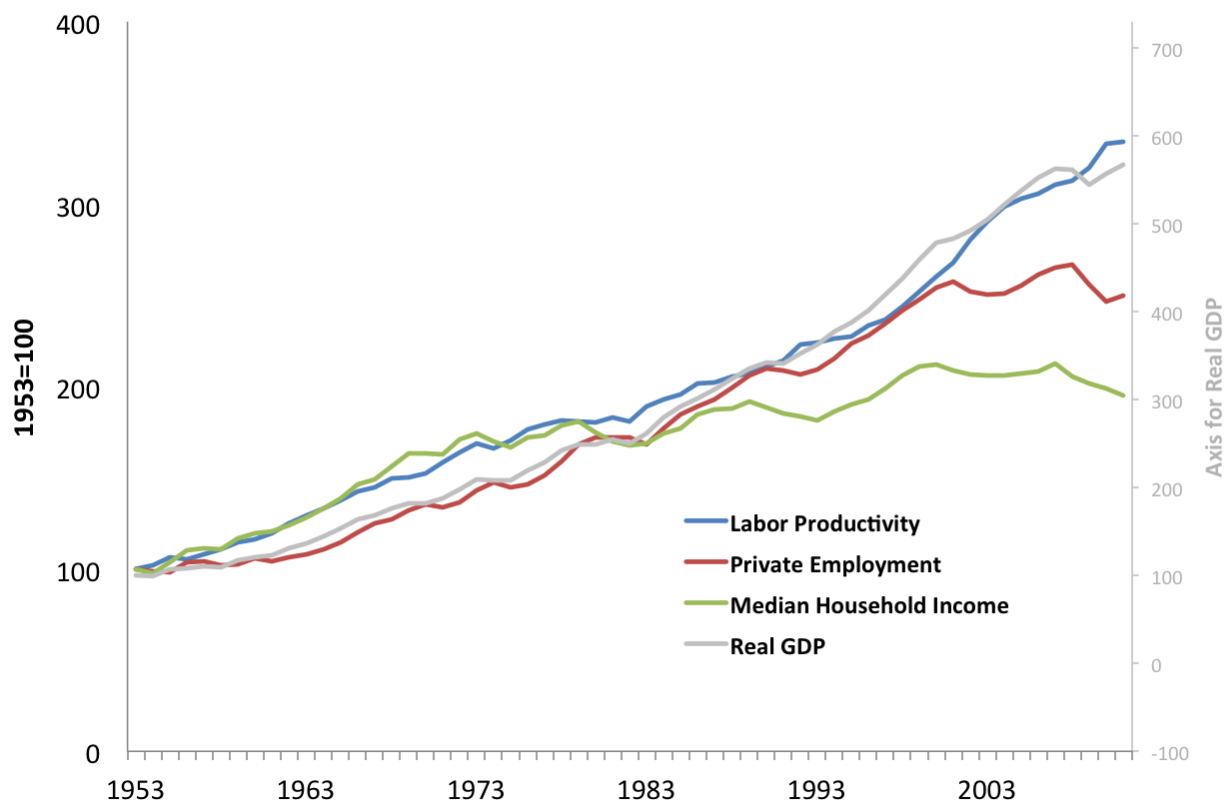
**Figur 2: Probability of Computerization**

Hentet fra Frey og Osborne (2013).



### Figur 3: "The Great Decoupling"

Figuren er hentet fra Brynjolfsson og McAfee (2014) og viser de endrede forholdene i amerikansk økonomi.





## Intervjuguide med ansatte ved Hydro i Sunndal eller Hydro sentralt

### Spørsmål:

- 1) Kan du fortelle litt om deg selv og hvilken bakgrunn du har? (Utdanning)
- 2) Hva gjør du i ditt daglige arbeid ved Hydro i Sunndal? Hvor lenge har du jobbet i Hydro?
- 3) Opplever du at automatisering og robotisering er et satsningsområde ved Hydro i Sunndal? Hvorfor/hvorfor ikke?
- 4) Hva med Hydro sentralt?
- 5) Hvilke muligheter ser du i forhold til automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal?
- 6) Tror du automatisering og robotisering (digitalisering) vil kunne føre til økonomiske gevinster som det ellers ikke ville være mulig å oppnå? Hvorfor/hvorfor ikke?
- 7) Hva kan man oppnå ved automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal? (Økonomiske gevinster, HMS-relaterte gevinster, reduksjon av antall personer pr. skift, økt effektivitet).
- 8) Opplever du at automatisering og robotisering vil være et konkurransefortrinn for Hydro i Sunndal (Hydro generelt) i konkurransen med utenlandske leverandører av aluminium? Kanskje spesielt opp mot produsenter som holder til i Kina hvor lønnsnivået er betydelig lavere enn i Norge. Hvorfor/hvorfor ikke?
- 9) Kan du helt kort greie ut om et par konkrete prosjekt som innebærer automatisering og robotisering? Gjerne to som er av noe forskjellig karakter (et som er realiserbart på kort sikt, og ett som har en lengre tidshorisont). Hvorfor er noen prosjekt vanskeligere enn andre?
- 10) Hvilke hindringer/flaskehals er det med tanke på automatisering og robotisering ved Hydro i Sunndal? Et sosialt aspekt?
- 11) Flere forskere hevder at et digitalisering av arbeidslivet vil medføre at det stilles andre krav til framtidens arbeidstaker med tanke på ferdigheter, kvalifikasjoner og kompetanse. Hva tenker du om dette?
- 12) Tror du at Hydro i Sunndal vil kreve høyere eller annen type kompetanse og utdanning av sine ansatte enn hva som er tilfelle i dag? Blir det flere ingeniører? Hvorfor/hvorfor ikke?
- 13) Har du noen tanker om hvilken kompetanse som vil etterspørres av Hydro i framtiden?

- 14) Flere mener at det bør satses mer på digitalisering og herunder å bygge opp kunnskap rundt automatisering og robotisering. Har du og Hydro noen tanker om dette?
- 15) Tror du automatisering og robotisering vil medføre en nedbemanning av antall ansatte ved Hydro i Sunndal? Hvorfor/hvorfor ikke?
- 16) Det finnes forskere som mener at det er stor sannsynlighet for at brorparten av arbeidsoppgavene til operatører og fagarbeidere innen aluminiumsindustrien vil kunne la seg utføre av maskiner og roboter i løpet av ti-tjue år. Og at arbeidsoppgavene i framtiden vil dreie seg om å vedlikeholde maskinene/robotene og overvåke prosessene. Hva tenker du om dette? Er dette realistisk slik du ser det?
- 17) Automatisering og robotisering kan potensielt føre til høyere produktivitet og mer effektiv drift. Er en av tankene bak prosjekt som innebærer automatisering og robotisering at man skal frigjøre arbeidskraft? At arbeidskraften kan flyttes til nye bruksområder/arbeidsoppgaver?
- 18) Tror du dette eventuelt vil medføre at disse ansatte må få ny opplæring?
- 19) Er du positiv til automatisering og robotisering?
- 20) Har du noe å tilføye?

## **Intervjuguide med ordfører i Sunndal kommune**

### **Spørsmål**

1. Kan du fortelle litt om deg selv og din rolle som ordfører i Sunndal kommune?
2. Hvilken bakgrunn har du? Har du jobbet med noe annet enn politikk?
3. Hvordan vil du beskrive forholdet mellom Sunndal kommune og Hydro i Sunndal?
4. Hva betyr Hydro og metallverket for lokalsamfunnet i Sunndal?
5. Opplever du at Hydro i Sunndal er viktig med tanke på øvrig næringsliv i regionen?
6. Det snakkes mye om at industrien står ovenfor en transformasjonen. Konseptet Industri 4.0 blir viet stadig mer oppmerksomhet blant politikere, industriledere og bedrifter. Digitalisering, automatisering og robotisering er sentralt i Industri 4.0. Hvilke tanker har du som ordfører vedrørende denne utviklingen?
7. Vies Industri 4.0 (mer automatisering/robotisering) oppmerksomhet i lokalpolitikken og i Sunndal kommune? På hvilken måte?
8. Opplever du at lokale aktører i næringslivet, og da spesielt Hydro, fokuserer i økende grad på digitalisering, automatisering og robotisering?

9. Jobbes det aktivt i Sunndal kommune med å finne ut hvordan man kan skape vekst/utvikling gjennom teknologisk utvikling og industri 4.0?
10. Tror du Hydro i Sunndal vil kunne styrke sin posisjon i markedet gjennom å satse på teknologisk utvikling –digitalisering, automatisering og robotisering? (At dette vil føre til økt produksjonsvolum, og sånn sett være med å sikre framtidig drift?)
11. Tror du arbeidstakere ved Hydro i Sunndal kan bli erstattet av maskiner, roboter og avanserte dataprogram? Er dette noe du eventuelt frykter? Hvorfor/hvorfor ikke?
12. Det er vanskelig å spå framtiden, men dersom vi tenker oss at teknologisk utvikling hadde ført til at mange ved Hydro i Sunndal hadde mistet sine jobber. Hva tror du et slikt scenario ville hatt å si for lokalsamfunnet i Sunndal?
13. Er dette en reell bekymring du har som ordfører?
14. Har du noen tanker om hva som kan gjøres på lokalt plan (politisk) for å imøtekomme digitaliseringen av arbeidslivet og de eventuelle utfordringene som oppstår som følger av en slik teknologisk utvikling?
15. Opplever du det slik at høyere utdanning vil bli enda viktigere for fremtidens arbeidstakere enn hva som er tilfelle i dag? (spørsmålet er særlig rettet mot framtidens industriarbeider. Altså ved Hydro i Sunndal). Altså om det vil kreves mer av fremtidens arbeidstaker når det gjelder utdanning, kvalifikasjoner og ferdigheter?
16. Hvordan mener du kommunen og dere som er lokale politikere kan være med å legge til rette for at elever ved de lokale utdanningsinstitusjonene får den kunnskapen som kreves i framtiden?
17. Hvordan vurderer du dagens skoletilbud? Opplever du at elever får den nødvendige kunnskapsbasen og ferdighetene som kreves for å takle fremtidens arbeidsoppgaver? (gjelder spesielt opp mot jobbene som utføres ved metallverket i Sunndal).
18. Hvordan kan lokalpolitikere og Sunndal kommune være med å forme regionalt næringsliv og sikre bærekraftig vekst/utvikling i regionen?
19. Er du optimistisk med tanke på teknologisk utvikling, industri 4.0 og digitaliseringen av arbeidslivet? Hvorfor/hvorfor ikke?
20. Har du noe å tilføye?