



MINI MEDICINSK TEKNOLOGI VURDERING

---

## Ultralyds Robotarm til scanning af gravide

---

2016

**Titel**

Ultralyds Robotarm til scanning af gravide

**Udarbejdet af**

Anne Bundgaard Hoelgaard	201404492
Ditte Heebøll Callesen	201408392
Freja Ramsing Munk	201406736
Ida Mark Skovbjerg	201404669
Mette Østergård Knudsen	201404501
Nina Brkovic	201406458

4. semesterprojekt på sundhedsteknologi, Aarhus Universitet Ingeniørhøjskolen  
Kursus: ST4MTV-01

**Vejledere**

Lektor Lene Häuser Petersen,  
Adjunkt Samuel Alberg Thrysøe

**I samarbejde med**

Robotic Ultrasound  
CEO Søren Pallesen

Afleveringsdato: 30. maj 2016

# Resumé

---

## Indledning

Sonografer, der arbejder med at scanne gravide, er i risiko for arbejdsgener som følge af akavede arbejdsstillinger. Under arbejdet er det ofte nødvendigt at presse ultralydsproben mod maven, mens proben bliver holdt i strakt arm. En Ultralyds Robotarm vil mindske antallet af akavede arbejdsstillinger. Robotarmen, hvorpå en ultralydsprobe er påmonteret, vil blive styret af sonografen via et joystick. Derved undgår sonografen de tidligere nævnte fysiske udfordringer og eventuelle gener.

## Metoder

Målet har været at undersøge hvilke konsekvenser og følger, implementering af Ultralyds Robotarmen kan have med henblik på de fire elementer: Teknologi, Organisation, Patient og Økonomi.

Under interview med afdelinger for scanninger af gravide på Hospitalsenheden Horsens og Regionshospitalet Midt Viborg er oplysninger, som kan bruges ved samtlige perspektiver, blevet indhentet. Samtidigt er der ved hvert perspektiv blevet benyttet specifikke metoder.

## Diskussion/Perspektivering

Rapporten bygger på en sammenfatning af interviews, videnskabelige artikler og antagelser. Dette skyldes delvist, at Ultralyds Robotarmen ikke er færdigudviklet, hvilket giver en usikkerhed, som igennem andre undersøgelser vil kunne blive mindsket.

Ultralyds Robotarmen vil i fremtiden kunne benyttes som telemedicinsk udstyr. Dette vil kræve en tilkobling af kamera og mikrofon, men ingen direkte ændringer på systemet. Sonografen behøver derved ikke at være til stede i samme rum som den gravide.

## Konklusion

Ultralyds Robotarmen vil kunne reducere mængden af arbejdsgener samt mindske akavede arbejdsstillinger for sonografer under scanninger af gravide. Dermed vil sonograferne kunne foretage scanninger 37 timer om ugen samt blive længere tid i jobbet. Robotarmen vil ikke føre til ændringer for patienten med hensyn til kvalitet og resultat af scanningen.

Teknologisk set har Ultralyds Robotarmen en begrænsning, der gør, at den kan benyttes til 70-80% af scanningerne på gravide. De resterende 20-30% af scanningerne skal foretages manuelt. Fra et økonomisk perspektiv vil besparelser i lønomkostninger ikke dække den årlige afskrivning på indkøbet af Ultralyds Robotarmen.

# Abstract

---

# Forord

---

Denne mini-Medicinsk Teknologi Vurdering (mini-MTV) er udarbejdet på 4. semester på sundhedsteknologi, Aarhus Universitet Ingeniørhøjskolen (IHA), under vejledning af Lene Häuser Petersen og Samuel Alberg Thrysøe. Projektet tager udgangspunkt i undervisningen på IHA og udspringer fra kurset Medicinsk Teknologi Vurdering.

I forbindelse med udformningen af denne mini-MTV vil vi gerne takke følgende personer og afdelinger for deres venlighed og hjælp:

Tak til Tina Arnbjørn fra Hospitalsenheden Horsens, Kvindeafdelingen, Svangre- og Ultralyd-sambulatorium for at stille op til interview og tak til afdelingen for demonstrering af ultralydsscanninger.

Tak til Karen Marie Goul fra Regionshospital Midt Viborg, Kvindesygdomme og Fødsler for at stille op til interview. Samt et tak til afdelingen for demonstration af ultralydsscanninger.

Endvidere skal der lyde en stor tak til Søren Pallesen for idégrundlag, hans viden omkring Ultralyds Robotarmen, samt inspiration til litteratursøgning.

# Forkortelser og formler

---

## Forkortelser

Ord	Forklaring
Robotarm	Ultralyds robotarm udviklet af Robotic Ultrasound ApS
mini-MTV	mini-Medicinsk Teknologi Vurdering
IHA	Aarhus Universitet Ingeniørhøjskolen
RMV	Regionshospital Midt Viborg, Kvindesygdomme og Fødsler
HEH	Hospitalsenheden Horsens, Kvindeafdelingen, Svangre- og Ultralydsambulatorium
CMA	Omkostningsminimeringsanalyse
BMI	Body Mass Index
Bilag 12, 28.04.2016	Bilag 12 under dato 28.04.2016
MSI	Musculoskeletal Injuries
WRMSD	Work-Related Musculoskeletal Disorders

## Formler

Annuitetsmetoden:

Viser den gennemsnitlige årlige værdi af en investering. Baseret på den forventede levetid og en pålagt årlig rente.

$$\left( \frac{(1 + \text{rente})^{\text{forventet levetid}} \cdot \text{rente}}{(1 + \text{rente})^{\text{forventet levetid}} - 1} \right) \cdot \text{udstyrspris} = \text{gennemsnitlige årlige værdi} \quad (1)$$

# Indholdsfortegnelse

---

<b>Resumé</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>ii</b>
<b>Forord</b>	<b>iii</b>
<b>Forkortelser og formler</b>	<b>iv</b>
Forkortelser . . . . .	iv
Formler . . . . .	iv
<b>Kapitel 1 Indledning</b>	<b>1</b>
1.1 Formål . . . . .	2
1.2 Projektafgrænsning . . . . .	2
1.3 Projektorganisation . . . . .	3
<b>Kapitel 2 Metoder</b>	<b>4</b>
2.1 Teknologi . . . . .	5
2.2 Organisation . . . . .	5
2.3 Patient . . . . .	5
2.4 Økonomi . . . . .	5
<b>Kapitel 3 Teknologi</b>	<b>7</b>
3.1 Anvendelsesområde . . . . .	8
3.2 Specifikationer . . . . .	9
3.3 Effektivitet . . . . .	9
3.4 Sikkerhed . . . . .	10
3.5 Delkonklusion . . . . .	10
<b>Kapitel 4 Organisation</b>	<b>11</b>
4.1 HEH . . . . .	11
4.2 RMV . . . . .	12
4.3 Leavitts organisationsmodel . . . . .	12
4.3.1 Opgaver . . . . .	12
4.3.2 Teknologi . . . . .	12
4.3.3 Aktører . . . . .	12
4.3.4 Struktur . . . . .	14
4.4 Delkonklusion . . . . .	14
<b>Kapitel 5 Patient</b>	<b>16</b>
5.1 De fem patient aspekter . . . . .	16
5.1.1 Sociale forhold . . . . .	16
5.1.2 Kommunikative forhold . . . . .	17

5.1.3	Individuelle forhold . . . . .	17
5.1.4	Etiske forhold . . . . .	17
5.1.5	Økonomiske forhold . . . . .	19
5.2	Delkonklusion . . . . .	19
<b>Kapitel 6</b>	<b>Økonomi</b>	<b>20</b>
6.1	Scenarie 1 - Den nuværende situation . . . . .	21
6.2	Scenarie 2 - Den fremtidige situation . . . . .	22
6.3	Perspektivering til RMV . . . . .	24
6.4	Delkonklusion . . . . .	24
<b>Kapitel 7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>25</b>
<b>Kapitel 8</b>	<b>Konklusion</b>	<b>27</b>
<b>Kapitel 9</b>	<b>Perspektivering</b>	<b>28</b>
<b>Kapitel 10</b>	<b>Bilagsliste</b>	<b>29</b>
<b>Litteratur</b>		<b>30</b>



# Indledning 1

---

Ved ultralydsscanning af gravide er arbejdsgener hos sonograferne et kendt problem. For at udføre scanningerne holder sonograferne proben i akavede stillinger, der udsætter deres skulder, arm og håndled for store belastninger [1][2][3][4][5]. Disse belastninger forøges, når et pres på mellem 3 og 11 kilogram kræves for at få et klart ultralydsbillede, se Bilag 12, 28.04.2016. Disse stillinger øger risikoen for at få arbejdsgener, der med tiden kan føre til arbejdsskader. Grundet sonografernes belastende arbejdsstillinger er der fra Dansk Føtalmedicinsk Selskab opstillet guidelines angående det maksimale antal timer, en sonograf anbefales at foretage scanninger i løbet af en uge. Disse guidelines er på 28 timer om ugen, se Bilag 10. Dette gør, at der skal flere sonografer til for at kunne scanne det stigende antal gravide i Danmark [6].

Samtidig er Danmark under en udvikling, der gør at antallet af overvægtige kvinder stiger [7]. Dette gør, at sonograferne skal presse med en større kraft for at få billeder af tilsvarende kvalitet, se Bilag 12, 28.04.2016,[8][2][3].

Gennem en årrække er der lavet en række forskningsstudier og forsøg med robotarme til ultralydsscanning af hjertet for at aflaste scanningspersonalet [9]. Dette er med til at underbygge, at problemstillingen er kendt, men den optimale metode er endnu ikke fundet. Yderligere findes der flere forskningsstudier, der omhandler udviklingen af robotter til lignende opgaver [9][8][10].

Denne udvikling har ført til, at firmaet Robotic Ultrasound ApS er i færd med at udvikle en Ultralyds Robotarm, der forventes at kunne afhjælpe problemet. Denne robotarm styres via et joystick, således at sonograferne kan undgå de akavede arbejdsstillinger, se figur 1.1.



*Figur 1.1: Eksempel på opstilling af Ultralyds Robotarm. På billedet ses joystick(tv.) og robotarm(th.).*

## 1.1 Formål

Formålet med denne mini-MTV er derfor at vurdere, om Ultralyds Robotarmen kan implementeres som en teknologisk aflastning for sonografer i deres arbejde med scanning af gravide. Det ønskes at klarlægge fordele og ulemper ved de eksisterende arbejdsforhold og ved implementering af Ultralyds Robotarmen, samt hvilke forskelle robotarmen vil medføre for sonografer og gravide.

Dette vil blive undersøgt ved at besvare følgende opstillede MTV-spørgsmål i rapporten:

- Hvilke funktioner har teknologien og hvordan anvendes teknologien?
- Hvilke arbejdsgener oplever sonografer under ultralydsscanning ved eksisterende procedurer og hvorledes påvirkes dette ved indførsel af teknologien?
- Hvorledes vil afdelingernes arbejdsgange blive påvirket ved indførsel af teknologien?
- Hvilke etiske og patientmæssige udfordringer vil der være ved at indføre teknologien?
- Hvad vil de økonomiske konsekvenser være ved at indføre teknologien i forhold til eksisterende procedurer?

Yderligere forventes det, at rapportens resultater vil blive efterspurgt forud for en beslutningstagning, når robotarmen er færdigudviklet og produceret. Dermed er formålet med mini-MTV'en også at bidrage til beslutningsgrundlaget for den enkelte sygehusafdeling, samt hvilke aspekter, der skal tages højde for og medtages i en vurdering.

## 1.2 Projektafgrænsning

Projektet afgrænses til en vurdering af, hvorvidt der er tilstrækkeligt grundlag til at gøre brug af en Ultralyds Robotarm ved scanning af gravide i forhold til det udstyr, der benyttes på afdelingerne i dag. Det primære fokus i projektet er problemstillingen, at et stort antal sonografer oplever arbejdsgener under scanningsarbejdet [1][2][11][3][5].

Rapportens fokus på sonografer er fundet ved udarbejdelse af interessentanalyse, se Bilag 14. Projektet blev afgrænset til dette fokus, da sonografer er den personalegruppe, der foretager størstedelen af scanningerne af gravide, se Bilag 4 og Bilag 5.

Ultralyds Robotarmen åbner for muligheden om at bruge denne som en telemedicinsk løsning, hvor sonografen er placeret andetsteds. Dette aspekt er fravalgt grundet begrænset omfang af denne mini-MTV.

Opgaven er afgrænset til en 25 siders mini-MTV, hvor det skriftlige omfang på en typisk dansk MTV ligger på over 100 sider [14]. I en mini-MTV vurderes problemstillingen på de fire parametre: Teknologi, Organisation, Patient og Økonomi.

Den korte tidshorisont til udarbejdelsen af denne mini-MTV har været en afgørende faktor for, at det er valgt at begrænse projektet til at bygge på interview med to relevante danske sygehusafdelinger, samt en litteratursøgning på problemstillingen. Interviews er afholdt med "Kvindeafdelingen, Svangre- og Ultralydsambulatorium" på Hospitalsenheden Horsens (HEH) og afdelingen "Kvindesygdomme og Fødsler" på Regionshospitalet Viborg (RMV).

## 1.3 Projektorganisation

Projektet er blevet udarbejdet som semesterprojekt af seks sundhedsteknologistuderende på 4. semester ved Aarhus Universitet Ingeniørhøjskolen.

Hovedforfattere til de enkelte kapitlerne er:

- Teknologi: Ditte Callesen, Ida Skovbjerg og Mette Knudsen
- Organisation: Anne Hoelgaard, Ida Skovbjerg og Nina Brkovic
- Patient: Ditte Callesen, Freja Munk og Nina Brkovic
- Økonomi: Anne Hoelgaard, Freja Munk og Mette Knudsen

# Metoder 2

Afsnittet indeholder en beskrivelse af hvilke metoder, der er blevet anvendt til udarbejdelse af denne mini-MTV i forhold til de fire MTV aspekter: Teknologi, Organisation, Patient og Økonomi.

Overordnet set er der blevet gennemført en litteratursøgning og -vurdering på baggrund af en søgeprotokol, se Bilag 11. Protokollen er udarbejdet ud fra specifikke søgestrategier, hvor der er søgt på engelsk og dansk. De specifikke søgeord er medtaget som dokumentation. Der er søgt i følgende databaser: Embase, PubMed, Google Scholar, Cochrane og Engineering Village.

Generelt har det været et problem at finde videnskabelige artikler til alle afsnit i rapporten undtagen til Organisation. Videnskabelige artikler omhandlende arbejdsskader har været relativt nemme at fremsøge, dog har det ikke været muligt at finde relevant litteratur til Økonomi. Endvidere har det været nødvendigt at hente oplysninger gennem semi-strukturerede interviews for at få et indblik i organisationen og patientoplevelsen på HEH og RMV, samt teknologien bag Ultralyds Robotarmen. Semi-strukturerede interviews blev benyttet for at have samme udgangspunkt til begge interviews, så oplysningerne kunne sammenlignes.

De fremsøgte artikler er blevet sorteret ud fra inklusions- og eksklusionskriterier, se figur 2.1.

Inklusion	Eksklusion
Robotarm	Diagnose stilling
Telemedicin	Teori bag ultralyd
Vestlige lande	U-lande, ikke sammenlignelige lande
WRMSD	Forældet teknologi (før 1950)
MSI	

Figur 2.1: Inklusion- og eksklusionskriterier ved litteratursøgning.

Dermed er artikler omhandlende scanning af gravide, scanning af hjertet, robotarm og arbejdsskader hos sonografer inkluderet i mini-MTV'en.

Udover ovenstående litteratur er der søgt efter ikke-videnskabelig litteratur for at opnå en forståelse for opbygningen af sonograf uddannelse, ultralydsscanning og ad hoc emner for at komme ind i problemstillingen.

## 2.1 Teknologi

Dataindsamling til Teknologi er sket via antagelser fra CEO Søren Pallesen, Robotic Ultrasound ApS, se Bilag 6, produktspecifikationer, se Bilag 1, Bilag 2 og Bilag 3, samt information fra interview af sonografer på HEH og RVM, se Bilag 4 og Bilag 5. Det var ønsket, at dataindsamlingen til Teknologi var sket via videnskabelige artikler, der underbyggede brugen af Ultralyds Robotarmen til scanninger af gravide. Endvidere skulle videnskabelige artikler have skabt evidens for sikkerhedsindstillinger og tekniske specifikationer til sammenholdning med Søren Pallesens antagelser.

Oplysninger fra interview belyser det eksisterende udstyr på afdelingerne. Afsnittet belyser Ultralyds Robotarmens anvendelsesområder, specifikationer, effektivitet, samt sikkerhedsindstillinger.

## 2.2 Organisation

Dataindsamling til Organisation er sket via kontakt til aktører gennem interviews på HEH og RMV, samt videnskabelige artikler. De videnskabelige artikler benyttes til at klarlægge omfanget af problemstillingen og opnå en forståelse for, hvilke akavede arbejdsstillinger, der er tale om.

Den primære tanke til dataindsamling omkring sonografernes arbejdsgange og scanningsproducere var udarbejdelse af et spørgeskema, der skulle sendes til sonograferne på de enkelte afdelinger, se Bilag 13. Derefter var tanken, at data fra spørgeskemaerne skulle sammenlignes med oplysninger fra interviews med afdelingssygeplejersker. På denne måde kunne det testes om informationerne stemte overens. Eftersom der var for få sonografer på RMV og HEH til at give en valid svarprocent, blev spørgeskemaet fravalgt.

Dermed er interviews endt med at blive brugt til at klarlægge sonografers arbejdsgange og de enkelte afdelingers organisering, se Bilag 4 og Bilag 5.

Afsnittet belyser betydningen ved implementeringen af den nye teknologi for afdelingen som organisation, samt mulige ændringer for personalet. Derudover er Leavitts organisationsmodel blevet benyttet til at beskrive de fire organisatoriske hovedelementer [14].

## 2.3 Patient

Patient bygger på oplysninger fra interviews med sonografer på HEH og RMV, samt etikedelen af kurset ST4MTV-01. Derudover er de fem patientaspekter: sociale, økonomiske, etiske, individuelle og kommunikative forhold blevet benyttet til at belyse den pågældende teknologi og de faktorer, der har betydning for sonografers og patientens hverdagsliv [14].

Den etiske vurdering tager udgangspunkt i problemstillinger, der påvirker gravide og sonografer. Disse problemstillinger omhandler de professionsetiske principper, som den etiske vurdering er baseret på [21] [22].

## 2.4 Økonomi

Den økonomiske dataindsamling er primært sket på baggrund af kontakt til aktører via telefon, interview og mailkorrespondance. Derefter er dokumenter og andre skriftlige kilder afsøgt, typisk ved at holde dem op mod mundtlige kilder. Vurderingen er udarbejdet med udgangspunkt i omkostningsminimeringsanalyse (CMA) [14]. Her er der blevet opdelt i to

scenarier, det nuværende og det fremtidige. Det nuværende scenarie er en ultralyds scanningsstue, og det fremtidige er en scanningsstue med Ultralyds Robotarmen. For begge scenarier er der medtaget indirekte omkostninger, som ikke har været mulige at prissætte. De økonomiske beregninger indeholder flere af projektgruppens antagelser, hvor det ikke har været muligt at finde videnskabelige artikler med tilstrækkelig økonomisk evidens. Annuitetsformlen er brugt til at beregne afskrivning af Ultralyds Robotarmen .

# Teknologi 3

---

I dette afsnit undersøges Ultralyds Robotarmen ud fra et teknologisk perspektiv. Den teknologiske løsning består af:

- UR3 Robotarm fra Universal Robots incl. software til styring af denne
- Stativ til robotarmen
- Joystick med dummy-probe
- Computer
- Universalholder til ultralydsprobe

Denne løsning skal kobles til det allerede eksisterende udstyr. Derfor er produktet en add-on løsning, hvilket betyder, at produktet skal købes udover det eksisterende scanningsudstyr. Det nuværende system består af GE Voluson S6 inkl. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) og en printer, samt diverse ultralydsprober, se Bilag 4 og Bilag 5. GE Voluson S6, som ses på figur 3.1 omtales som arbejdsstationen.



*Figur 3.1: Eksisterende udstyr: GE Voluson S6 med tilbehør. Billede taget på HEH.*



*Figur 3.2: Grafisk model af robotarmen med stativ.*

### 3.1 Anvendelsesområde

Produktet skal anvendes til ultralydsscanning af gravide. Robotarmen er fastmonteret på et stativ, så den kan hænge over den gravide. Dette medvirker til en større trykkraft, end hvis stativet stod på gulvet. For at skabe mobilitet, er stativet placeret på hjul. Af sikkerhedsmæssige årsager kan hjulene låses. Dette giver mulighed for en statisk placering i forhold til den gravide. På robotarmen findes en universalholder til ultralydsproben. Holderen passer til alle større fabrikanters håndholdte ultralydsprober, bortset fra vaginalprober, som ikke kan benyttes med robotarmen, se Bilag 12, 28.04.2016.

Stativet med robotarmen skal være på modsatte side af sengen end sonografen. Dette sikrer sonografens udsyn og kontakt til den gravide.

Robotarmen holder ultralydsproben over den gravide, mens den styres af sonografen via et joystick. Derved undgår sonografen akavede arbejdsstillinger.

Joysticket har en påmonteret dummy-probe, som ikke har probeegenskaber. Dummy-proben giver sonografen en følelse af at sidde med en ægte probe i hånden. Systemet skal kunne overføre det tryk, som sonografen påvirker joysticket med til robotarmen, se Bilag 12, 28.04.2016. Derved udføres tryk under scanningen på samme vilkår, som hvis sonografen trykkede direkte på den gravide.



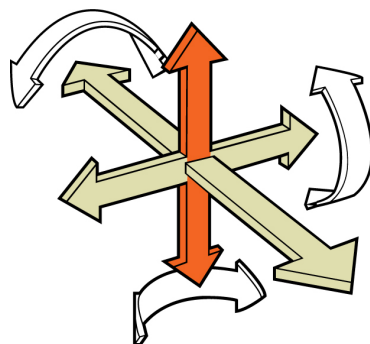
*Figur 3.3: Eksempel på opstilling af Ultralyds Robotarm. Her er robotarmen placeret over patienten. På billedet ses joystick (tv.) og robotarm (th.).*



## 3.2 Specifikationer

Robotarmen har en rækkevidde på 50 cm, der angiver hvor langt den kan række ud, som var det en arm. Den vejer 11 kilogram, og stativet skal derfor være bygget dertil. Robotarmen har 6-graders frihed, som betyder at den kan bevæge sig i x-, y- og z-aksens retning med drejevirkning om hver akse, se figur 3.4. Samtidigt kan den lave en  $\pm 360$  graders rotation.

Robotarmen kræver en 100-240 VAC, 50-60 Hz strømforsyning, hvilket betyder at den kan blive sat til en almindelig dansk stikkontakt, se Bilag 1.



Figur 3.4: Mulige retninger ved 6-graders frihed. Bevægelse i x-, y- og z-aksens retning og drejevirkning om hver akse [12].

Joysticket har bevægelighed som et håndled, og derved har den også de begrænsninger, som findes ved et håndled. Det har 6-graders frihed, se figur 3.4, hvilket passer med robotarmen, se Bilag 3.

Der medfølger software til Ultralyds Robotarmen, hvori styringen af robotarmen og joystick ligger. Det er her bevægelserne fra joysticket omsættes til robotarmens bevægelser. Her er flere sikkerhedsmæssige foranstaltninger placeret. Nogle er indbygget i robotarmen, eksempelvis stopper den øjeblikkeligt, hvis den bliver mødt af en kraft på 50 N (ca. 5 kg) eller derover, se Bilag 2.

## 3.3 Effektivitet

Det antages, at Ultralyds Robotarmen vil blive benyttet til 70-80% af scanningerne af gravide, da de sidste 20-30% af scanningerne er for komplicerede til, at systemet kan udføre dem. Derfor skal sonografen manuelt foretage de sidste 20-30% af scanningerne med den nuværende metode, se Bilag 12, 28.04.2016.

De komplicerede ultralydsscanninger er blandt andet scanninger på kvinder med højt BMI eller kvinder med bagoverbøjet livmoder, se Bilag 12, 28.04.2016.

Ultralyds Robotarmen har ikke indflydelse på billedkvalitet eller resultatet af scanningen. Dette kommer af, at ultralydsproberne er de samme, som man før har benyttet.

Computeren i Voluson S6 indeholder det samme software til billedanalyse og til diverse instrumenter, som bruges under nuværende scanninger. Der er blandet andet tale om software til vækst- og flowmålinger af fostre.

Når sonografen vil trykke med ultralydsproben på den gravide, vil trykkraften blive overført til joysticket, så sonografen får den korrekte trykfeedback. Derved vil sonografen have følelsen af, at

der bliver trykket direkte på den gravide og kan dermed bedre selv have føling med situationen, se Bilag 6.

### 3.4 Sikkerhed

I softwaren til styring af robotarmen findes en sikkerhedsindstilling, hvor en grænse for trykpåvirkningen fra joysticket skal indstilles. Hvis der, af menneskelige eller tekniske fejl, bliver påvirket med en kraft over grænsen, vil robotarmen automatisk slå fra og stoppe, se Bilag 12, 28.04.2016.

Som tidligere nævnt er der også en sikkerhed i, at robotarmen stopper sine bevægelser, hvis den bliver ramt af en kraft på over 50 N, se Bilag 2. Denne foranstaltning gør, at den ikke vil gøre skade på mennesker eller genstande ved at ramme dem, samt at der ikke er behov for et eventuelt sikkerhedsgitter.

### 3.5 Delkonklusion

Ultralyds Robotarmen kommer til at udføre 70-80% af scanningerne, hvilket gør at sonograferne skal udføre nogle af scanningerne manuelt. En stor del af belastningen på sonograferne fjernes, når robotarmen udfører størstedelen af scanningerne. Sonograferne vil potentielt have mere styrke til at udføre de mest komplicerede scanninger manuelt.

Ved implementering af Ultralyds Robotarmen vil resultatet af scanningen ikke blive påvirket, da der stadig er samme bevægelsesfrihed for ultralydsproben. Yderligere skaber de forskellige sikkerhedsindstillinger en tryghed ved brugen af systemet.

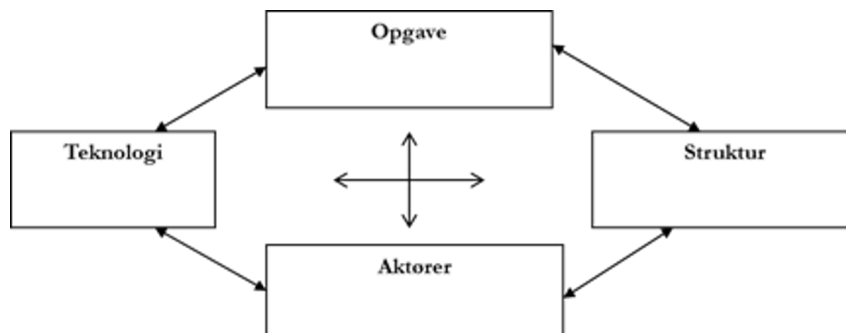
Da produktet er en add-on løsning vil styring, betjening og implementering af Ultralyds Robotarmen ikke give de store problemer. Styringen og betjeningen vil gøres lettere gennem brugen af dummy-proben. Der vil naturligvis altid være en overgangsperiode, hvor sonograferne skal vænne sig til at benytte teknologien.

# Organisation 4

Dette afsnit vil give et indblik i strukturen og opbygningen af Kvindeafdelingen, Svangre- og ultralydsambulatorium på Hospitalsenheden Horsens (HEH) og afdeling Kvindesygdomme og Fødsler på Regionshospitalet Midt Viborg (RMV). Afsnittet vil belyse, hvilken betydning, implementeringen af en Ultralyds Robotarm vil have for afdelingerne som organisation, samt de ændringer det medfører i arbejdsgangen for personalet.

Informationer, som er indhentet fra HEH og RMV, vil blive sammenholdt med videnskabelige artikler i et forsøg på at finde en større sammenhæng i problemstillingen omkring arbejdsgener ved ultralydsscanning af gravide.

Det er valgt at benytte Leavitts organisationsmodel, se figur 4.1, som analysemetode. Denne model er en diamantmodel, der arbejder med fire organisatoriske hovedelementer, som relaterer til hinanden. Hvert hovedelement vil blive belyst i hvert sit underafsnit [14] [15].



Figur 4.1: Leavitts organisationsmodel, viser hvordan struktur, aktører, opgaver og teknologi indbyrdes relaterer til hinanden [15].

Da analysen bygger på dataindsamling fra to kliniske afdelinger, HEH og RMV, vil dens generaliserbarhed potentielt være begrænset. Resultatet heraf kan derfor ikke nødvendigvis anvendes på lignende hospitalsafdelinger i Danmark.

Dataindsamlingen til analysen er indhentet gennem interview med afdelingssygeplejerske Tina Arnbjørn og tre sonografer fra HEH, samt interview med afdelingssygeplejerske Karen Marie Goul og en sonograf fra RMV. Til at underbygge problemstillingen omkring arbejdsgener suppleres der med videnskabelige artikler.

## 4.1 HEH

HEH er bemanded af en afdelingssygeplejerske, fem sonografer samt et ukendt antal læger. Antallet af læger er ikke relevant for denne analyse, da der udelukkende fokuseres på sonografernes arbejdsgange. Afdelingen har udstyr til fire stuer, hvoraf tre stuer bemandes af

sonografer. Der foretages 30-40 scanninger om dagen på afdelingen, og hver scanning tager i gennemsnit 35 minutter. Ovenstående information er blevet opsamlet under interview med afdelingssygeplejerske Tina Arnbjørn på HEH, se Bilag 4.

## 4.2 RMV

Bemanding på RMV består af en afdelingssygeplejerske, ni sonografer og et ukendt antal læger. Afdelingen har ultralydsscanningsudstyr til fem stuer til gravide, hvoraf tre stuer er i drift dagligt og bemandedes af sonografer. Dagligt foretages der 25-30 scanninger på afdelingen. En scanning tager i gennemsnittet 30 minutter. Informationerne for RMV er opnået igennem interview med en sonograf fra afdelingen og afdelingssygeplejerske Karen Marie Goul, se Bilag 5.

## 4.3 Leavitts organisationsmodel

Det er valgt at sammenskrive de indsamlede data fra HEH og RMV, da afdelingerne er sammenlignelige. Leavitts organisationsmodel vil klarlægge afdelingers organisation og struktur. Derudover vil modellen belyse, hvordan organisationsstrukturen, opgaver og organisationens ansatte bliver påvirket af implementeringen af den nye teknologi [14] [15].

### 4.3.1 Opgaver

Opgaverne som afdelingerne varetager på nuværende tidspunkt vil ikke ændre sig ved implementering af robotarmen, da behovet for scanninger af gravide er uændret. Opgaverne består af nakkefoldsscanning i 11.-13. uge, misdannelsesscanning i 19.-22. uge, vægtscanninger samt diverse kontrolscanninger under graviditeten [16].

### 4.3.2 Teknologi

Ved implementering af en ny teknologi, som Ultralyds Robotarmen, sættes der krav til aktørernes faglige kundskaber og erfaringer i brugen af teknologien. Dette er gældende for samtlige sonografer, der skal benytte robotarmen. Der skal derfor være en indkørselsperiode af teknologien førend, den vil være i fuld brug, og før alt personale har kompetencerne til brugen af robotarmen. Det vurderes, at de eksisterende stuer på HEH og RMV er tilstrækkelig store til, at teknologien vil kunne implementeres uden yderligere ændringer. På RMV kan det dog blive nødvendigt at flytte patientskærmen, da robotarmsstativet, se kapitel 3, muligvis vil komme til at dække for den gravides udsyn til skærmen.

### 4.3.3 Aktører

Muskel- eller skeletbesvær forårsaget eller forværret af de arbejdsopgaver, som udføres på arbejdspladsen er af typen work-related musculoskeletal disorders (WRMSD). De fremkommer ved gentagne belastninger, kraftkrævende eller akavede bevægelser. I 2008 oplevede op til 90% af sonograferne smerter under udførelsen af scanninger. Disse smerter kan blive en økonomisk og personlig udgift for den enkelte sonograf i hverdagen [2][11][3][5].

På både HEH og RMV underbygger udtalelser fra sonograferne billedet af, at mange af dem oplever smerter under scanninger. Her er den udbredte holdning, at arbejdet er belastende, og der er usikkerhed om, hvor længe den enkelte sonograf kan blive i stillingen. Det belastende

arbejde, samt den stigende tendens for kvinders BMI, bidrager til denne usikkerhed [17][2][3]. Dog er sonograferne positive omkring deres stilling, hvilket kan være med til at undertrykke eventuelle smerter, sådan at sonografen kan forblive længere tid i sin stilling [1][2].

WRMSD og smerter ses i nakke, skulder og håndled, og kan forekomme af drejende bevægelser i nakke og krop, håndledsbøjninger og arbejde i udstrakt arm. Smerterne kan også stamme fra inflammation af senerne i hånd og håndled, hvilke forekommer af belastningen fra grebet om ultralydsproben sammen med håndledsbøjninger [2][3][4][5]. Se figur 4.2 og 4.3.



Figur 4.2: Håndledsbøjning og greb om proben [3]



Figur 4.3: Arbejde i udstrakt arm [3]

Implementeringen af robotarmen vil føre til markante ændringer for sonografernes arbejdsstillinger. Disse ændringer sker idet, sonografen ikke længere skal sidde med udstrakt arm ind over den gravide, og skaderne i skulderen vil derfor kunne undgås. Desuden vil sonografen være mere centreret omkring arbejdsstationen og derfor vil vrid i kroppen og nakken også blive mindsket. Sonografen skal stadig holde om dummy-proben, se kapitel 3, så den gribende belastning kan ikke fjernes helt. Da de resterende belastninger kan mindskes eller helt fjernes, vil dette ikke have den samme belastende virkning.

En undersøgelse er blevet udført af Robotic Ultrasound ApS for at efterprøve, hvor mange kilo sonograferne skal påtrykke proben med under en ultralydsscanning. Her blev proben påført et dynamometer, hvilken måler trykket sonografen påtrykker med under en scanning. Resultatet heraf blev, at sonograferne ved de almindelige og ukomplicerede scanninger, som en nakkefoldsscanning, trykker med 2-3 kg. Sonograferne skal trykke med omkring 11 kg ved de mere komplicerede scanninger, som scanning på gravide med bagoverbøjet livmoder [18]. Trykket føles dog større for sonografen, da trykket skal påføres i udstrakt arm. Undersøgelsen blev udført på 5 sonografer over én arbejdsdag, se Bilag 12, 28.04.2016.

Den generelle holdning på HEH og RMV er meget teknologivenlig. Derfor formodes det, at implementeringen af teknologien ikke vil føre til væsentlige problemer i forhold til at få sonograferne til at benytte Ultralyds Robotarmen. Implementeringen kræver dog, at der tilrettelægges en ordentlig plan for oplæring af sonograferne i brugen af teknologien. Sonograferne har generelt en god holdning og tillid til teknologi og er åbne for en mulig implementering af Ultralyds Robotarmen.

#### 4.3.4 Struktur

Pr. juni 2016 er den strukturelle opbygning på afdelingerne således, at en medarbejder ultralydsscanner henholdsvis 30 timer på HEH og 22 timer på RMV om ugen. De resterende timer udmønter sig som aflastende arbejde for den enkelte medarbejder. Denne struktur skyldes, at det er et kendt problem på afdelingerne, at scanningsarbejdet er fysisk belastende for medarbejderen. I løbet af en scanningsdag har én medarbejder i gennemsnit ti scanninger. Yderligere foretages der på afdelingerne forebyggende tiltag i form af styrketrænende elastikøvelser, mulighed for gratis massage, ergonomiske redskaber samt fri adgang til fysioterapeuter og wellness-konsulenter, der kontrollerer og vejleder om medarbejderens arbejdsstillinger, se Bilag 4 og Bilag 5.

Afdelingerne tilrettelægger selv mængden af tid den enkelte sonograf skal scanne i løbet af en uge. Dansk Føtalmedicinsk Selskab udstikker hvert femte år anbefalinger, som afdelingerne tilrådes at følge. Anbefalingerne i forhold til antal timers ultralydsscanning er 28 timer pr. uge, da det er vurderet, at ved denne mængde af scanninger vil belastningen af sonografen ikke være i en skadende grad, se Bilag 10. Denne vurdering underbygges af videnskabelige forskningsundersøgelser, hvor sonografernes arbejdsskader og mængden af scanningstid er blevet sammenholdt. Disse undersøgelser viser yderligere, at en arbejdsskade typisk optræder efter 5 års arbejde, hvilket der skal tages højde for i valget af observationsgruppe til lignende undersøgelser [19].

Ud fra dette bemærkes det, at RMV arbejder 6 timer under anbefalingerne, mens sonograferne på HEH scanner to timer mere om ugen end anbefalet. Årsagerne hertil kan være flere. En typisk årsag vil være, at normeringerne og bevillingerne til antal af sonografer og antallet af scanninger, ikke gør det muligt at tilpasse arbejdsforholdet til anbefalingerne.

Implementering af robotarmen vil føre til en ændring i afdelingernes strukturelle opbygning. Ultralyds Robotarmen vil gøre scanningsarbejdet væsentlig mindre belastende, og dermed vil det kunne føre til, at en medarbejder vil kunne scanne på fuldtidsbasis, altså 37 timer om ugen. Arbejdsstillingerne, som sonograferne udfører, og hvordan disse vil ændre sig, er beskrevet i afsnittet 4.3.3. Hvis sonograferne scanner 37 timer om ugen, vil opgaverne de varetager som aflastende arbejde, herunder bl.a. fostervandsprøver, se Bilag 4, og medicinske aborter, se Bilag 5, kunne blive varetaget af andet personale. Yderligere kan det føre til en ændring i antallet af sonografer, der er behov for på den enkelte afdeling.

HEH har på nuværende tidspunkt indvilliget i at være testafdeling for Robotic Ultrasound ApS under udviklingen og test af produktet. Det er i afdelingens interesse, da der ses en fremtid i produktet. Det ønskes fra afdelingens side at være med under tilpasningen af produktet til afdelingens struktur og behov.

## 4.4 Delkonklusion

Organisatorisk vil implementering af Ultralyds Robotarmen kunne føre til færre arbejdsgener blandt sonografer. Samtidig vil brugen af robotarmen ikke skabe store ændringer i den daglige arbejdsgang, samt den strukturelle opbygning på den enkelte afdeling.

Det vurderes, at ved færre arbejdsgener vil mængden af scanningstimer pr. sonograf kunne hæves til 37 timer om ugen. Dette vil dermed på sigt kunne føre til at behovet for antallet af sonografer vil falde.

Begge de adspurgte afdelinger HEH og RMV er åbne for indførslen af robotarmen som en ny teknologi, og dermed ses dette ikke som en begrænsning. Yderligere er de eksisterende stuer af en tilstrækkelig størrelse til at robotarmen vil kunne implementeres uden behov for store udvidelser.

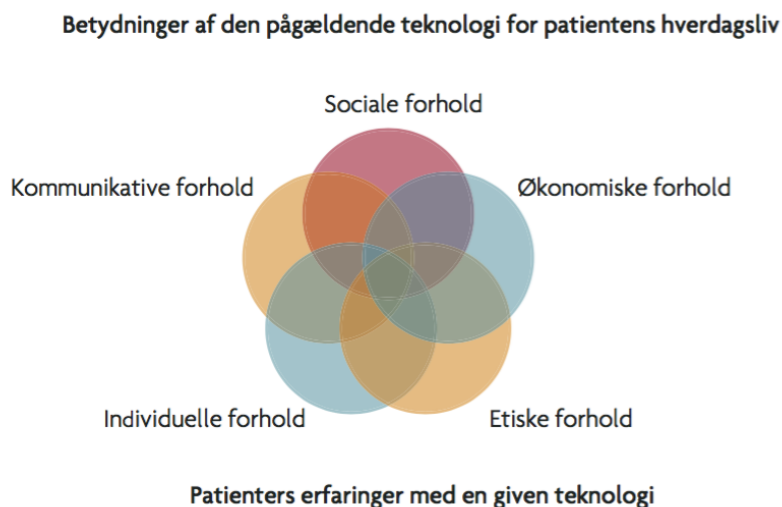
# Patient 5

Ved implementering af en ny teknologi, herunder en Ultralyds Robotarm, har det en indvirkning på patienten. Derfor er det vigtig at belyse, hvilken effekt den nye teknologi har på patientgruppen.

I denne mini-MTV vil både gravide og sonografer blive placeret i rollen som patienter - gravide da de får foretaget en ultralydsscanning, og sonografer da de er i risiko for arbejdsskader. Begge grupper vil derfor blive belyst i dette afsnit.

## 5.1 De fem patient aspekter

For at kunne udarbejde en fyldestgørende analyse af patientperspektivet er det nødvendigt at belyse flere forhold. Se figur 5.1, hvor de fem patientperspektiver er vist.



*Figur 5.1: Udforskning af patientaspekter i MTV, som har betydning for patientens hverdagsliv. [14]*

I realiteten kan man ikke skille de fem perspektiver fra hinanden, men for analysens skyld er det valgt at dele dem op. Modellen skal ses som patientens samlede oplevelse af den givne teknologi, hvor den inddrager patientens egne erfaringer.

De fem perspektiver vil blive gennemgået i de følgende underafsnit.

### 5.1.1 Sociale forhold

På nuværende tidspunkt findes skepsis blandt sonografer for, om de kan forsætte med at scanne indtil pensionsalderen. Der er lavet undersøgelser, som viser at 20 % kommer på førtidspension



grundet deres arbejde [4].

For sonograferne vil eventuelle færre arbejdsskader betyde bedre fysiske funktioner i forhold til arbejde og fritid. Dette kan forlænge tiden på arbejdsmarkedet og forbedre personalemiljøet.

### 5.1.2 Kommunikative forhold

Produktet af scanningen, eksempelvis billeder og kønsbestemmelse, vil ikke blive påvirket af Ultralyds Robotarmen. Da Ultralyds Robotarmen er en add-on løsning, vil den ikke ændre på billedudstyret, se Bilag 6. For sonograferne vil det kræve en anden introduktion til scanningen, da de ikke længere vil have fysisk kontakt med den gravide, dog er de stadig placeret i samme rum.

Sonograferne vil igennem bedre arbejdsstillinger potentielt opleve et andet overskud til arbejdsituationen og patientkontakten.

### 5.1.3 Individuelle forhold

Enkelte gravide patienter kan opleve en utryghed ved at få en ukendt teknologi fysisk tæt på sig. Dette kan forøge en eventuel utryghed omkring sikkerheden ved en ultralydsscanning, som den gravide i forvejen kan have i første trimester [20].

Sonografernes autoritet vil være en stor tryghedsfaktor for patienten. Derved vil en eventuel utryghed fra den gravide patient blive mindsket, når sonograferne udviser sikkerhed og åbenhed for teknologien. Titlen sonograf giver en vis form for troværdighed, der skaber tillid mellem patient og sonograf, samt sonografens arbejde.

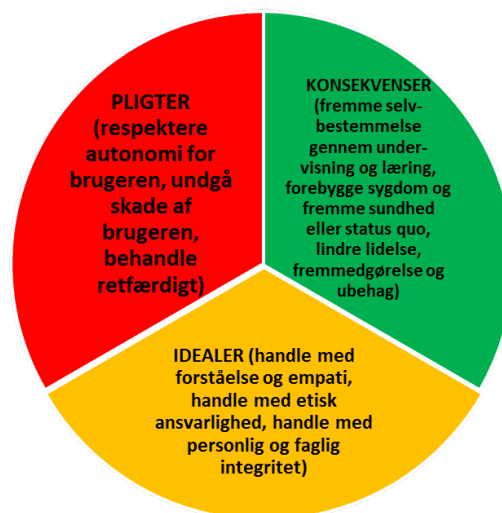
Der vil altid være en sonograf til stede under en scanning, hvilket skaber en menneskelig kontakt og en professionel tryghed.

For den gravide er det især vigtigt at knytte bånd til fosteret. Derved mener sonograferne på RMV, at så længe de gravide og deres pårørende kan følge med i scanningen på en skærm, vil den nye teknologi ikke have stor påvirkning på den gravide, Se Bilag 5.

Sonograferne er meget engagerede i deres arbejde, hvilket kan være en af grundene til, at de ikke anmelder skader [1] [2]. Dette er på trods af videnskabelige undersøgelser, som viser at mange sonografer døjer med smerter [4] [2] [5]. Hvis akavede og fysisk udfordrende arbejdsstillinger for sonograferne undgås, kan det muligvis skabe en bedre opmærksomhed mod den gravide patient - eksempelvis overskud til forklaring af billeder og patientens velbefindende.

### 5.1.4 Etiske forhold

Brugen af en Ultralyds Robotarm danner grundlag for en række etiske problemstillinger, som påvirker både gravide og sonografer. Problemstillingerne omhandler de professionsetiske principper [21].



Figur 5.2: Det etisk hjul, som viser de professionsetiske principper [22].

Figur 5.2 viser en udgave af det etiske hjul, som er inspireret af Jørgen Husted [22]. Det er valgt at udvælge de vigtigste aspekter under pligt, konsekvenser og idealler:

- Undgå skade af brugeren
- Forebygge sygdom og sygelighed og fremme sundhed eller status quo
- Lindre lidelse, fremmedgørelse og ubehag
- Handle med forståelse og empati
- Handle med etisk ansvarlighed overfor sonografer

#### Undgå skade af brugeren:

Ultralyds Robotarmen skal hverken være til skade for gravide eller sonograferne.

#### Forebygge sygdom og sygelighed og fremme sundhed eller status quo:

Hvis man ud fra et nytteetisk perspektiv kan få flere gravide igennem en scanning på kortere tid og samtidig mindske antallet af arbejdsskader for sonografer, vil ressourcerne blive udnyttet bedst muligt og derved komme flest mulige til gavn. Dette følger de socialeetiske ideer i nytteetikken, som ud fra en overordnet forestilling ønsker at fremme nytte og retfærdighed for de mange.

#### Lindre lidelse, fremmedgørelse og ubehag:

Ultralyds Robotarmen skal opfylde dette overfor både sonografer og patienten. Det kan tænkes, at patienten kan føle sig fremstillet som et objekt, fordi teknologien kommer tættere på patienten, mens sonograferne kommer længere væk. Dog er sonografen til stede i samme rum som patienten, derved er der stadig en form for menneskelig kontakt. Det kan tænkes, at denne kontakt vil mindske risikoen for fremmedgørelse og ubehag for patienten.

**Handle med forståelse og empati:**

Ud fra patientens perspektiv kan det opfattes som en ændring af nærhed- og omsorgsrelationen mellem patienten og sonografen under en scanning med Ultralyds Robotarmen.

**Handle med etisk ansvarlighed overfor sonografer:**

En af Ultralyds Robotarmens hovedfunktioner er at mindske antallet af sonografernes arbejdsskader. Derved skabes der empati for sonografernes arbejdssituationen.

Resultatet er, at en mindskelse i antallet af arbejdsskader vil fremme personalesikkerhed og -trivsel.

**5.1.5 Økonomiske forhold**

Ultralyds Robotarmen kommer ikke til at have økonomisk indvirkning for den gravide patient. Derimod ligger betalingen og andre tilkoblede ydelser hos den pågældende afdeling og dens ledelse. Dette uddybes i kapitel 6.

For sonograferne vil Ultralyds Robotarmen heller ikke have en økonomisk indvirkning. Deres løn og timeantal vil forblive ens. Både på HEH og RMV ser sonograferne fordele ved Ultralyds Robotarmen, dog menes det, at økonomien og ledelsens beslutninger vil blive vægtet tungere end sonografernes argumenter.

**5.2 Delkonklusion**

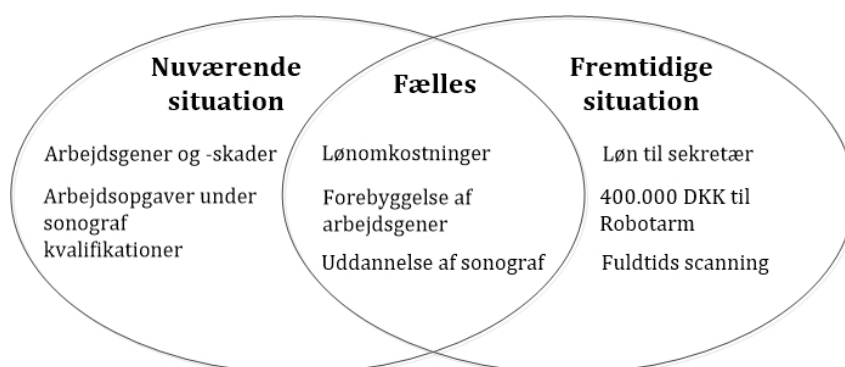
Set fra de patientmæssige forhold vil indførslen af en Ultralyds Robotarm ikke have en stor indflydelse på de gravide. Den usikkerhed og eventuel ubehag, der kan fremkomme, kan afhjælpes af sonografernes autoritet og deres tilgang til opgaven. Så længe den gravide har mulighed for at danne et forhold til fosteret, burde de gravide ikke have et problem med det nye udstyr. Set fra sonografernes synsvinkel kan indførslen af robotarmen forbedre deres arbejdsforhold.

# Økonomi 6

Formålet med dette afsnit er ud fra et økonomisk aspekt at vurdere om en given teknologisk løsning er værd at implementere i praksis. I dette tilfælde gøres det ved at benytte omkostningsminimeringsanalyse. Den benyttes under antagelse af, at den sundhedsmæssige effekt er ens i den nuværende situation og i den fremtidige situation, hvor Ultralyds Robotarmen implementeres som en add-on løsning til eksisterende ultralydsudstyr.

Der opstilles to scenarier. Scenarie 1 er den nuværende situation på en ultralydsscannings stue, mens scenarie 2 er den fremtidige situation på en stue med en robotarm. I analysen ønskes det at klarlægge forskellene i de to scenarier, i forhold til hvilke ressource- og omkostningsforhold der er i det enkelte scenarie.

De økonomiske forskelle mellem de to situationer er opstillet i figur 6.1. Denne viser forskellene i, hvilke udgifter afdelingen vil have i forbindelse med ultralydsscanning af gravide uden og ved brug af Ultralyds Robotarmen. Yderligere ses det, at der er en række fællesudgifter ved begge situationer. Hver situation vil blive beskrevet yderligere i henholdsvis afsnit 6.1 og 6.2.



Figur 6.1: Økonomisk opdeling af udgifter i nuværende og fremtidige situation, samt fællesnævnerer

Belægget for dette afsnit er skabt på baggrund af interview med "Kvindeafdelingen, Svangre- og Ultralydsambulatorium" på Hospitalsenheden Horsens (HEH), se Bilag 4. Her er deres arbejdsgange og arbejdsforhold blevet klarlagt. Se kapitel 4 for yderligere beskrivelse heraf. Dermed er det vigtigt at pointere, at de praktiske forhold skal være sammenlignelige med HEH førend, der kan konkluderes tilsvarende for andre afdelinger.

Yderligere tager analysen udgangspunkt i, at CEO Søren Pallesen hos Robotic Ultrasound Aps forventer, at salgsprisen på robotarmen med tilbehør bliver 400.000 DKK, se Bilag 6.

Scenarie 2 vil primært bygge på hypoteser, da robotten ikke er færdigudviklet endnu.

Grundet at robotarmen er en add-on løsning til det eksisterende ultralydsudstyr, er priser på indkøb og vedligehold af ultralydsudstyret ikke medtaget i denne analyse, da det antages at være

ens i begge scenarier og dermed ikke en forskel. Alle priser i de følgende beregninger er angivet uden moms. Udgifter til service og vedligehold af ultralydsudstyret er ikke medtaget i denne analyse.

## 6.1 Scenarie 1 - Den nuværende situation

I dette scenarie fokuseres der på omkostnings- og ressourceforbruget for at holde en ultralydsscanningsstue i drift fem dage om ugen. I den nuværende situation scanner en sonograf fire dage om ugen, mens sonografen den femte dag varetager en række arbejdsopgaver, som sonografen, i princippet, er overkvalificeret til. Dette skyldes, at det ønskes at aflaste sonograferne i deres arbejdsforhold, og dermed mindske mængden af arbejdsgener og potentielle arbejdsskader. Denne organisering af arbejdet er et valg foretaget af afdelingens ledelse, begrundelsen herfor haves der ikke yderligere belæg for, se Bilag 4.

Omkostningerne i den nuværende situation kan opdeles i følgende punkter. Hvert punkt vil blive uddybet og argumenteret senere i afsnittet.

- Lønomkostninger for 1,2 sonograf
- Arbejdsgener og -skader
- Udgifter til forebyggelse
- Uddannelse af flere sonografer

Lønomkostninger er i dette scenarie givet ved 1,2 sonograf. Den 1,2 sonograf er estimeret på baggrund af, at det er nødvendigt at have en hel sonograf samt 1/5 af en anden sonografs arbejdstid for at have stuen bemandet fem dage om ugen. Månedslønnen for en sonograf med 2 års erfaring med kvalifikationstillæg er på løntrin 6, hvilket giver 26.967 DKK, se Bilag 4. På årsbasis giver det en årsløn på 323.604 DKK. Lønudgifter er dermed beregnet til:

$$323.604 \text{ DKK} \cdot 1,2 = 388.325 \text{ DKK} \quad (6.1)$$

Det ses også, at i den nuværende organisering af arbejdsgangen er der taget hensyn til, at scanning af gravide er et belastende arbejde. Dette viser sig gennem en række omkostninger til forebyggelse af arbejdsskader og -gener. Det koster blandt andet penge, at en sonograf ikke kan scanne fuldtid, og dermed bliver nødsaget til at påtage sig opgaver, sonografen er overkvalificeret til, se Bilag 4. Det vil være omkostningsmæssigt billigere, hvis opgaverne bliver varetaget af en person, hvis kvalifikationsniveau passer dertil. Denne person vil typisk modtage en lavere løn end sonografen og dermed føre til en besparelse.

Samtidig findes udgifter til skadeforebyggelse såsom ergonomiske stole, elastik-træning, massage i arbejdstiden og wellness-konsulenter, der står til rådighed for at give sonograferne råd og vejledning om bedre arbejdsstillinger og -forhold, se Bilag 4. Det har ikke været muligt at finde tilstrækkeligt oplysninger om udgifterne hertil. Dermed er disse ikke medtaget i beregningerne.

Yderligere er der omkostninger forbundet med uddannelse af sonografer. Uddannelse af en sonograf er estimeret til at koste 108.000 DKK, se Bilag 4. Uddannelsen foregår som mesterlære over en 16 ugers periode. I denne periode er den nye sonograf altid under vejledning af mesteren.

Dermed er der dobbeltbemanding på hver scanning. Således antages det at prisen på uddannelsen er givet ved lønomkostninger til den ekstra mand i form af mesteren i de 16 uger:

$$27.000 \text{ DKK} \cdot 4 \text{ måneder} = 108.000 \text{ DKK} \quad (6.2)$$

Der er også forbundet omkostninger ved, at sonografen først antages at kunne foretage alle typer scanninger på egen hånd efter to år, se Bilag 4. Dermed kan der være forlængede scanningstider for den nye sonograf, såfremt vedkommende støder på ukendte scenarier og bliver nødsaget til at opsøge hjælp fra mere erfarne sonografer.

Fra et regionsperspektiv er der ikke direkte omkostninger forbundet med, at en sonograf pådrager sig en arbejdsskade grundet dårlige arbejdsforhold. Ses situationen fra et samfundsperspektiv vil det kunne føre til afledte omkostninger i form af, at personen bliver nedslidt af arbejdet og tvunget tidligt på pension. Denne persons samlede livsløn vil være lavere end en sonograf, der har været på arbejdsmarkedet et fuldt arbejdsliv. Dette fører til, at denne person vil koste samfundet penge fremfor at bidrage økonomisk til samfundet.

Hvor stort et problem arbejdsskader er økonomisk, er svært at måle. En arbejdsskade viser sig som en smerte, men det er svært at angive smerteværdien i kroner og øre. Yderligere er det svært at svare på om smerten fremkommer af scannings arbejdet eller af en fritidsinteresse sonografen har, se Bilag 4. Dette gør at arbejdsskader viser sig som afledte omkostninger. Det har ikke været muligt at finde konkrete tal på arbejdsskader og sygedage blandt sonografer, hvor årsagen til sygdommen kan føres tilbage til selve scannings arbejdet.

## 6.2 Scenarie 2 - Den fremtidige situation

I dette scenarie fokuseres der på de ressourcer, der vil komme i spil ved implementering af en Ultralyds Robotarm som en add-on løsning til eksisterende ultralydsudstyr. Der tages ligeledes udgangspunkt i omkostnings- og ressourceforbruget for at holde en ultralydsscannings stue i drift fem dage om ugen. I dette afsnit vil der blive trukket paralleller til scenarie 1 for at tydeliggøre, hvor omkostnings forskellene er.

Omkostningerne i den fremtidige situation er givet ved følgende punkter. Hvert punkt vil blive uddybet i afsnittet.

- 400.000 DKK til robotarm med tilbehør og stativ
- Færre arbejdsskader og -gener
- Færre udgifter til forebyggelse
- Regionens ansvar for personale og arbejdsmiljø
- Lønomkostninger
- Uddannelse af personale til brug af robotarm

Etableringsomkostninger til robotarmen med tilbehør er estimeret til at være på 400.000 DKK, se Bilag 6. For de fleste institutioner vil en sådan udgift være et stort udlæg, derfor er det mere relevant at fordele omkostninger over den årrække, som indkøberne afskriver teknologien

over. Afskrivningsperioden er på ti år, da det er estimeret, at udstyret er forældet efter ti år. Eksisterende ultralydsudstyr afskrives ligeledes over ti år, se Bilag 4.

Fordeles etableringsomkostningerne over ti år efter annuitetsmetoden med forrentningsfaktor på 0,9 %, se Forkortelser og formler, formel 1. Forrentningsfaktoren er estimeres til at være inflationsraten i Danmark i 2016. Årligt giver dette en omkostning på 42.007 DKK:

$$\left( \frac{(1 + 0,009)^{10} \cdot 0,009}{(1 + 0,009)^{10} - 1} \right) \cdot 400.000 \text{ DKK} = 42.007 \text{ DKK} \quad (6.3)$$

Det forventes, at ved brug af en robotarm ved scanning vil belastningen på sonografen være markant sænket. Det skyldes, at sonografen ikke bliver belastet af at påføre store tryk på patienten, samt bevæge arm og skulder ud i dårlige arbejdsstillinger [3]. Dette uddybes i afsnit 4.3.3 under Organisation. Dermed antages det i denne analyse, at der i dette scenarie ikke vil opstå arbejdsgener eller -skader grundet scanningsarbejdet.

Udgifterne til forebyggelse vil stadig være til stede for afdelingen, da ergonomiske stole, massage og elastik-træning stadig vil være en forbedrende faktor for sonografers arbejdsforhold. Robotarmen kan bruges til cirka 80 % af scanningerne, hvilket viser at sonografer stadig vil blive belastet som i den nuværende situation i cirka 20 % af scanningerne, se Bilag 12, 28.04.2016. Dermed kan afdelingen ikke se bort fra at sætte penge af til sundhedsforebyggelse og - fremmende løsninger i fremtiden.

I det første scenarie medfører det ingen omkostninger for regionen, hvis personalet bliver arbejdsskadet og dermed sygemeldt. For samfundet vil det derimod blive en stor omkostning, grundet udbetaling af understøttelse og manglende skatte indkomst. I scenarie 2 er det lige omvendt. Regionen vil have udgiften til robotarmen på 400.000 DKK som en meromkostning, hvilket vil være et stort udlæg, hvis der udelukkende ses på tallene. Samtidig har regionen også et ansvar for dens personale og arbejdsmiljø, herunder sikkerhed og sundhed.

Ansaret gør, at regionen ikke udelukkende kan fokusere på tal, men også skal medtage andre aspekter når en ny teknologi muligvis skal implementeres for at forbedre arbejdsforhold for personalet. Der lægger en forventning fra samfundet om, at regionen påtager sig ansvaret for personale og arbejdsmiljø. Således regionen på den måde bidrager til at personalet kan blive i deres arbejdsposition i flere år, og dermed går senere på pension [23] [24].

Det sidste forhold, der er medtaget i denne analyse, er forskellene i lønomkostninger. I scenarie 1 skulle der 1,2 sonograf til for at bemande en stue fem dage om ugen. I dette scenarie skal der kun skulle 1 sonograf til, da det antages, at en sonograf nu kan scanne fem dage om ugen, altså fuldtid, se Bilag 4. Dette giver lønomkostninger på årsbasis:

$$323.604 \text{ DKK} \cdot 1 = 323.604 \text{ DKK/stue} \quad (6.4)$$

De arbejdsopgaver som sonografen ikke har tid til at varetage i scenarie 2 vil eksempelvis skulle udføres af en lægesekretær. En lægesekretærs bruttotimeløn på løntrin 24 er som grundsats givet ved 159,84 DKK [25]. En standard arbejdsdag er 7,4 timer [26]. Lønudgifterne til sekretæren kan således beregnes til:

$$159,84 \text{ DKK} \cdot 7,4 \text{ timer} \cdot 52 \text{ uger} = 61.516 \text{ DKK/året} \quad (6.5)$$

De samlede lønomkostninger til at holde en stue i drift, hvor de samme arbejdsopgaver der blev udført i scenarie 1 er medtaget, er beregnet til:

$$323.604 \text{ DKK/stue} + 61.516 \text{ DKK/år} = 385.120 \text{ DKK/år} \quad (6.6)$$

Behovet for færre sonografer til bemanding af én stue, vil sandsynligvis over tid føre til, at færre sonografer skal uddannes. Dette vil føre til en økonomisk gevinst for regionen, da udgifterne til uddannelse af sonografer vil blive nedsat. Dog vil der naturligvis ved implementeringen af robotarmen komme en meromkostning til uddannelse i brugen der af. Dette aspekt er ikke medtaget i beregningerne.

### 6.3 Perspektivering til RMV

I forbindelse med denne mini-MTV er der også indhentet oplysninger fra RMV gennem et interview. Formålet med interviewet var at få afdækket de samme områder, der blev afdækket ved interview med HEH.

Set fra et økonomisk perspektiv er omkostningerne til at holde en stue i drift på RMV sammenlignelige med de beskrevne for HEH, se Bilag 4 og Bilag 5. Dette viser, at denne omkostnings- og ressourceanalyse er mulig at overføre til lignende afdelinger på andre hospitaler i Danmark.

### 6.4 Delkonklusion

Denne gennemgang af omkostnings- og ressourceforskelle mellem scenarie 1 og scenarie 2 viser, at der er en række fordele ved scenarie 1 såvel som scenarie 2. Den afgørende faktor er det dermed op til den enkelte potentielle køber at afgøre. De største forskelle er ved mængden af arbejdsskader og -gener, lønudgifter og penge til anskaffelse af Ultralyds Robotarm. Uddannelse af sonografer i brug af udstyret vil være en udgift i begge scenarier, og bidrager derfor ikke til en betydende forskel.

Ses der udelukkende på de direkte omkostninger vil scenarie 1 være den løsning, med mindst omkostninger. Dette skyldes at scenarie 2 er dyrere i direkte omkostninger, da robotarmen er en add-on, og besparelsen på 3.205 DKK mellem scenarie 1 og scenarie 2 årlige lønomkostninger ikke dækker udgiften til robotarmen på 400.000 DKK, der har en årlig afskrivelse på 42.007 DKK. Medtages de indirekte og afledte omkostninger, vil scenarie 2 give mulighed for besparelser, i forhold til arbejdsskader og -gener, samt en bedre fordeling af opgaver i forhold til personalets kvalifikationsniveau. Dette kan opveje for udgifterne til robotarmen, men vil naturligvis være afhængig af den enkelte hospitalsafdeling. Scenarie 2 giver mulighed for længere tid på arbejdsmarkedet, hvorved tidlig pension undgås, hvilket giver færre omkostninger for samfundet.



# Diskussion 7

---

Denne mini-MTV rapport bygger bl.a. på data opsamlet igennem interviews fra to af landets ultralydsscanningsafdelinger, HMH og RMV, se Bilag 4 og Bilag 5. Dette gør det svært at generalisere for samtlige sygehuse og hospitaler på landsplan. Interviews med flere ultralydsscanningsafdelinger ville derfor give et mere klart billede af, hvordan situationen er på de forskellige afdelinger. Ved implementering af Ultralyds Robotarmen kan det også være meget nyttigt at kende til de enkelte afdelingers strukturer.

Idet svarene fra de to afdelinger er relativ ens, vil man med en god tilnærmelse kunne drage nogle paralleller til den overordnede opbygning og struktur på ultralydsafdelingerne i Danmark.

En større undersøgelse, som skal vise antal og baggrunden for sonografernes sygdomsmeldinger, ville være et af de næste skridt, der skulle foretages. Det har ikke været muligt at få data på sygefravær i forbindelse med arbejdsrelaterede gener fra de to afdelinger. En sådan undersøgelse kunne derfor være med til at underbygge behovet for implementering af robotarmen.

Efter samtale med sonograferne på afdelingen er holdningen dog, at arbejdet er hårdt fysisk belastende. Sonograferne vil derfor ikke kunne holde til arbejdet som sonograf indtil pensionistalderen, med mindre der sker nogle ændringer. Selvom de er meget glade for jobbet, vil de kunne blive nødsaget til at skifte karriere eller stilling, se Bilag 4.

Et teststudie vil være en metode, hvormed det kan testes om denne løsning vil kunne fungere på landets afdelinger. Her skal systemet implementeres på en afdeling, hvor brugen følges tæt. Dette studie vil derfor kunne benyttes til at verificere Ultralyds Robotarmens effekt. Sådan et studie har der dog ikke været mulighed for at udføre, da robotarmen endnu ikke er færdigudviklet.

Afdelingerne som blev interviewet er begge meget åbne overfor teknologien. HEH har indvilliget i at teste robotarmen, når denne er blevet færdigudviklet, og RMV vil gerne være med i et eventuelt fremtidigt samarbejde, se Bilag 4 og Bilag 5.

En større økonomisk analyse, vil give mere økonomisk evidens for implementeringen af Ultralyds Robotarmen, da der medtages flere økonomiske aspekter der gælder på landsplan. Her skulle der medtages hvilke udgifter landets ultralyds afdelinger har til forebyggelse af arbejdsgener hos sonograferne. Det vil dog ikke være relevant at udforme denne analyse, før at robotarmen er færdigudviklet og testet. Udgifter til service af robotarmen skal medtages og holdes op imod de udgifter der er til service af det nuværende udstyr. Der skal endvidere testes om robotarmen har en længere levetid, end det nuværende ultralyds scanningsudstyret. Da dette vil være med til at give en længere afskrivningsperiode, end på de udregnet 10 år.

Da robotarmen ikke er blevet testet endnu, er det en antagelse at kvaliteten er ligeså god som med det nuværende ultralyds udstyr. Denne antagelse underbygges af andre videnskabelige artikler der har testet kvaliteten af ultralyds scanning af en robotarm [8] [10]. Disse videnskabelige artikler beskriver udstyr som er sammenligneligt med Ultralyd Robotarmen og universal probenholderen.

Konklusionen i begge er at kvaliteten er den samme som ved den nuværende scanningsmetode. Men med brugen af robotarmen tager det i gennemsnit lidt længere at scanne for at få samme kvalitet som med det nuværende udstyr.

Sonograferne aflastes af Ultralyds Robotarmen, men der vil endnu være behov for ergonomiske værktøjer og redskaber. Scanningerne foretages med samme fremgangsmåde som før, dog er arbejdet fjernet fra strakt arm over den gravide, til arbejde med dummy-proben. Dette gør at sonograferne ikke har samme akavede arbejdsstillinger som tidligere. Sonograferne skal stadig selv udføre de komplicerede scanninger, hvor de bliver belastet i akavede arbejdsstillinger. Dog er antallet mindre end de konventionelle scanninger, så den samlede belastning er mindre end uden Ultralyds Robotarmen.

Stigningen i kvinders BMI kan have en betydning for robotarmens effekt [17]. Disse scanninger er mere komplicerede og udgør cirka 20% af det samlede antal scanninger. De komplicerede scanninger skal udføres manuelt. Idet BMI'en forøges, bliver denne procentdel større, og derfor skal flere og flere scanninger foretages manuelt, se Bilag 12, 28.04.2016.

Grundet at Ultralyds Robotarmen ikke er færdigudviklet, har det ikke været muligt at lave test på dennes funktion på en ultralydsscannings stue. Et sådan studie ville kunne vise hvor stor en indflydelse Ultralyds Robotarmen har på arbejdsgener, samt hvor hurtigt sonograferne kan lære at bruge dummy-proben.

Generelt ville et færdigudviklet produkt være lettere at kunne analysere på især angående pris og tekniske specifikationer. Prisen er især et vigtigt aspekt, da dette har stor indflydelse på om det rent økonomisk kan betale sig at anskaffe robotarmen.

# Konklusion 8

---

Potentialet bag Ultralyds Robotarmen ligger i, at den vil kunne mindske mængden af arbejdsgener. Dette gøres igennem en mindskelse af akavede arbejdsstillinger ved scanninger af gravide. De primære forskelle for den enkelte sonograf er, at denne vil kunne foretage scanninger 37 timer om ugen, samt blive i jobbet, indtil lysten stopper og ikke som tidligere, hvor gener kunne tvinge sonografen til skifte job eller gå på tidlig pension. Dette er i tråd med, at teknologi vinder mere plads i det danske sundhedsvæsen.

For de gravide patienter medfører brugen af Ultralyds Robotarmen ikke ændringer af betydning for resultatet og kvaliteten af scanningen.

Ultralyds Robotarmen har en teknologisk begrænsning, som gør at den kan benyttes ved 70-80% af scanningerne på gravide. Begrænsningen afhænger af, hvor kompliceret scanningerne er, hvilket kan komme af overvægt eller en bagoverbøjet livmoder.

Det økonomiske aspekt viser, at den umiddelbare besparelse i lønomkostninger ikke vil kunne dække den årlige afskrivelse på indkøbet af add-on løsningen Ultralyds Robotarm. Derved er det økonomiske aspekter fra forbedrede arbejdsmiljø og personaleforhold, som skal opveje indkøbet af Ultralyds Robotarmen.

Da produktet stadig er under udvikling, kan det føre til ændringer, som ikke er medtaget i denne rapport. Det er derfor nødvendigt at vurdere, om det endelige produkt stemmer overens med rapportens udgangspunkter, før rapporten bruges som et beslutningsgrundlag i forhold til implementering af slutproduktet.

Denne rapport har begrænsninger i forhold til, at det ikke har været muligt at finde frem til omkostninger ved arbejdsskader inde for denne branche. Samtidigt har det været nødvendigt at lave diverse antagelser, da produktet ikke er færdigudviklet. Det er valgt at se bort fra prisen på den daglige drift i begge økonomiske situationer, da det anses for at indebære et større arbejde med at finde frem til priserne, og derved til at være for komplekst til denne rapport.

# Perspektivering 9

---

Fremtidsmæssigt ses et stort potentiale ved at gøre Ultralyds Robotarmen til en telemedicinsk løsning. Dette vil kunne imødekomme økonomiske, organisatoriske, samfundsmæssige og patientrelaterede udfordringer. Her vil Ultralyds Robotarmen blive udstyret med kameraer og en mikrofon, som skal transmittere billede og lyd til sonografens placering, se Bilag 12, 28.04.2016. Sonografen vil her via dummy-proben kunne scanne den gravide fra afstand. Sonografen behøver derfor ikke at være placeret i samme rum. Ved den gravide skal der være en assistent, som skal sætte systemet til og forberede scanningen.

Dette vil bl.a. kunne afhjælpe situationen i Grønland. [27] Her er der store afstande mellem patient og sonograf, og derfor meget transport mellem steder, hvor der kan udføres ultralydsscanninger. Her vil den telemedicinske løsning kunne bevirke at en sonograf i Danmark, eller et andet sted på Grønland, vil kunne foretage scanningen på afsides steder i Grønland. Dette vil give besparinger på transportudgifter, da patienterne såvel som sonograferne, ikke længere skal transporteres over store afstande ved de rutinemæssige scanninger. Dette vil ligeledes være til gavn i Danmark, hvor ultralydsscanninger vil kunne blive udført i provinserne, selvom sonograferne er placeret i de større byer. Derfor er der stort potentiale både internationalt, national og regionalt, da sonografen fra sin egen afdeling vil kunne tilbyde sin ekspertise på tværs af afdelingerne på landets hospitaler.

Det at Ultralyds Robotarmen vil kunne blive en telemedicinsk løsning underbygges af de studier, som har undersøgt dette aspekt. Undersøgelser inde for telemedicinsk ultralydsscanning har været i gang i en årrække og undersøger, hvorvidt det er muligt at få samme kvalitet på scanningerne som ved manuelle scanninger. Det undersøges om billedkvaliteten forbliver god, når disse skal sendes over nettet, og om selve scanningen kan foretages tilfredsstillende[9][8][10].

# Bilagsliste 10

---

1. Datablad Universal Robots UR3
2. Brochure til Universal Robots UR3
3. Datablad til joystick Geomagic Touch
4. Interview med HEH
5. Interview med RMV
6. Mailkorrespondance med Søren Pallesne
7. Mailkorrespondance med HEH
8. Mailkorrespondance med RMV
9. Mailkorrespondance med Skejby
10. Dansk Føtalmedicinsk Selskab Guidelines
11. Søgeprotokol
12. Logbog
13. Spørgeskemaundersøgelse
14. Interessentanalyse

# Litteratur

---

- [1] Lois M. Wihlidal and Shrawan Kumar. An injury profile of practicing diagnostic medical sonographers in alberta. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Marts 1997.
- [2] Joan P. Baker and Carolyn T. Coffin;. The importance of an ergonomic workstation to practicing sonographers. *J Ultrasound Med*, 2013.
- [3] Carolyn T. Coffin;. Work-related musculoskeletal disorders in sonographers: a review of cause and types og injury and best practices for reducing injury risk. *Dovepress*, 2014.
- [4] Becky Morton and Penny Delf. The prevalence and causes of msi amongst sonographers. *Elsevier Ltd*, 2007.
- [5] Shawn C. Roll, Lauren Selhorst, and Kevin D. Evans. Contribution of positioning to work-related musculoskeletal discomfort in diagnostic medical sonographers. *IOS Press*, 2012.
- [6] Statestatik over fødsler dk, April 2016.
- [7] Overvægt i danmark for 2013, April 2016.
- [8] Francois Conti, Jaeheung Park, and Oussama Khatib. Interface design and control strategies for a robot assisted ultrasonic examination system. *Artificial Intelligence Laboratory, Stanford University*, 2014.
- [9] Kurt Boman, Mona Olofsson, Peter Berggren, Partho P. Sengupta, and Jagat Narula. Robot-assisted remote echocardiographic examination and teleconsultation: a randomized comparison of time to diagnosis with standard of care referral approach. *Elsevier Inc.*, August 2014.
- [10] P. Arbeille, J. Ruiz, P. Herve, M. Chevillot, G. Poisson, and F. Perrotin. Fetal tele-echography using a robotic arm and a satellite link. *Wiley InterScience*, 2005.
- [11] Jeremy Alaniz and Beth L. Veale. Stretching for sonographers: A literature review of sonographer-reported musculoskeletal injuries. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 2013.
- [12] LifeHealthCare. M6 artificial cervical disc, Maj 2016.
- [13] Philippe Arbeille and Romain Provost. Teles-operated echocardiography using a robotic arm and an internet connection. *Elsevier*, 2014.
- [14] Finn Børlum Kristensen and Helga Sigmund. *Metodehåndbog for medicinsk teknologivurdering*. Sundhedsstyrelsen, 2007.
- [15] Danmarks læringsportal EMU. Leavitt’s diamantmodel, Maj 2016.
- [16] Thomas Bergholt. Ultralydsskanning i graviditeten, September 2014.

- [17] Miriam Meister. Danske kvinders vægt går fortsat opad, Oktober 2015.
- [18] Graviditet.dk. Livmoder, 2016.
- [19] Society of Diagnostic Medical Sonography. Industry standarts for the prevention of work-related musculoskeletal disorders in sonography. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 2003.
- [20] Jean Hedrick Lea. Psychosocial progression through normal pregnancy: A model for sonographer-patient interaction. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 1985.
- [21] Jørgen Husted. *Etik og værdier i sygeplejen*. Hans Reitzels, 2013.
- [22] Jørgen Husted. *Etik og værdier i socialt arbejde*. Hans Reitzels Forlag, 2009.
- [23] Danske Regioner. Arbejdsmiljø, sygefravær og trivsel, Maj 2016.
- [24] Danske Regioner. Regionernes opgaver, Maj 2016.
- [25] Praktiserende Lægers Arbejdsgiverforening. Aktuell løntabel, Maj 2016.
- [26] Moderniseringsstyrelsen. Arbejdstidens længde, Maj 2016.
- [27] Nordisk Råd and Nordisk Ministerråd. Sunhedsvæsnet i grønland, 2016.