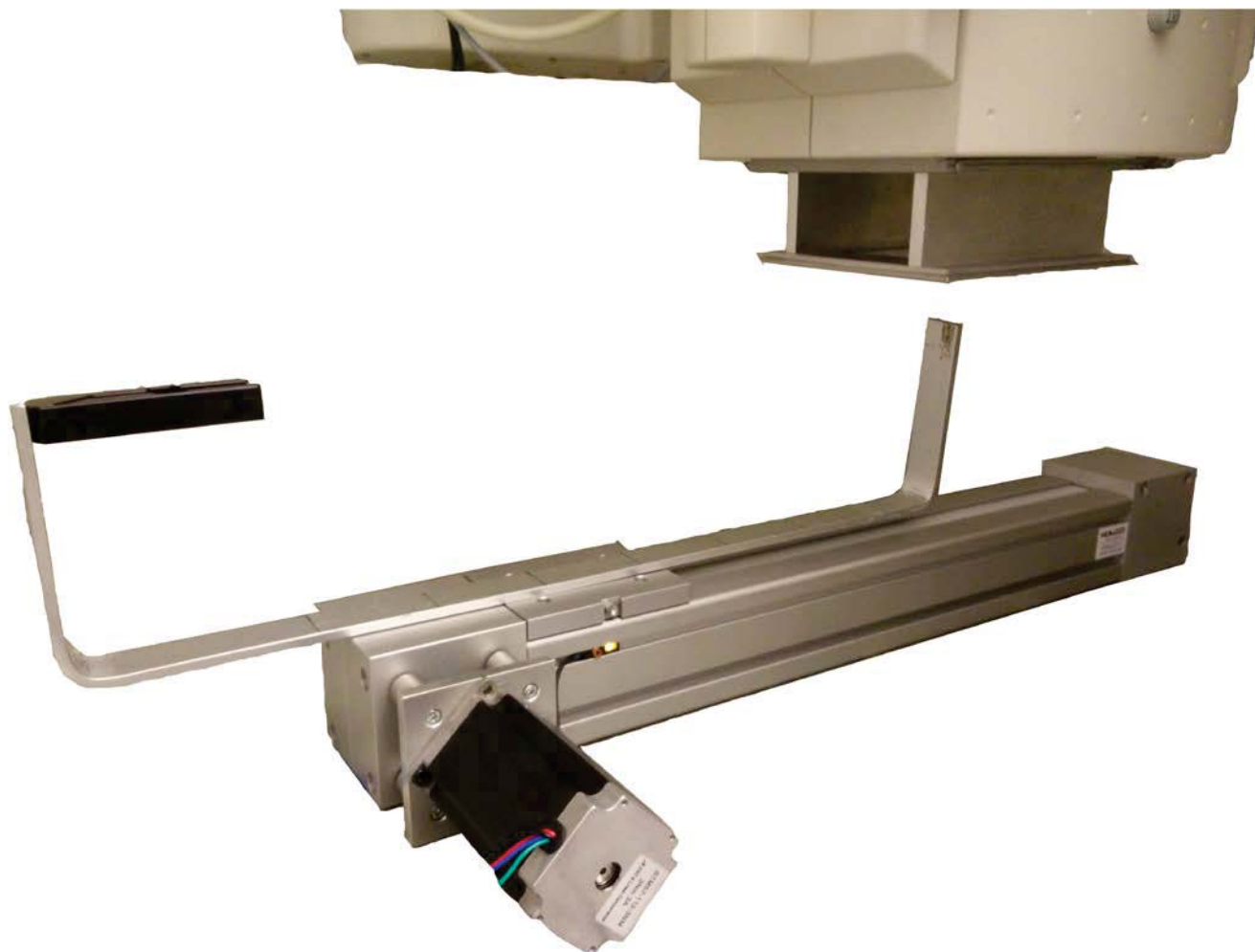




CHALMERS



Anordning för skanning av X2 CT sensor Test rig for X2 CT sensor scanning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekanik

HASTIJAR SALIH
ANAS MHANAD MKARAM

Institutionen för Signaler och System
Avdelningen för reglerteknik, automation och mekatronik
Examinator Manne Stenberg
Chalmers Tekniska högskola
Göteborg Sverige 2015

FÖRORD

Med detta examensarbete har vi fått möjligheten att pröva kunskapen vi fått på Chalmers tekniska högskola och avsluta det högskoleingenjörsprogrammet inom mekatronik (180 hp). Examensarbetet som är på 15 hp är utfört på Institutionen för signaler och system på Chalmers och produktutveckling på RaySafe, där vi fått möjligheten att tillämpa våra kunskaper på ett verkligt problem.

Vi vill tacka företaget RaySafe och Anders Kilbo som varit vår kontaktperson på företaget samt gett oss möjligheten att utföra arbetet. Ett stort tack till Göran Hult, vår handledare på Chalmers som varit väldigt behjälplig med tips och råd vid skrivande av rapporten.

Göteborg den 10:e juni 2015

Hastijar Salih

Anas Mhanad Mkaram

Sammandrag

Unfors RaySafe är ett företag som ger en heltäckande lösning för mätning av strålning i bland annat röntgenrum. Deras produkter är högteknologiska med maximal precision för att hjälpa människor att undvika onödig strålning. En del i deras process vid produkttillverkning är att noggrant kontrollera att deras produkter möter deras krav. Vid kontroll av en av deras produkter, X2 CT sensor, behöver man en konstruktion som kan föra produkten med konstant hastighet under ett strålningsfält, detta test kallas scanning. På så sätt kan man bevisa att den uppfyller kvalitetskraven och därmed konstatera att man kan leverera sensorn till kunden.

Den här tekniska rapporten beskriver utförligt ett arbete från urvalsprocess till en färdig produkt av en anordning som lämpar sig för ändamålet. Lösningen blev en ny konstruktion som består av en modifierad remdriven linjärenhet från Rollco och ett fäste som konstruerades för att passa till testmätningarna. Linjärenheten drevs av en stegmotor med hjälp av en Arduino Uno och en motor shield. Efter ett antal tester, mätningar och modifieringar av anordningen var den redo att användas i laboratoriet på Unfors RaySafe.

Abstract

Unfors RaySafe is a company that provides a comprehensive solution for measuring the radiation in, inter alia, X-ray rooms. Their products are high-technological with maximum precision in order to help people avoid being exposed to unnecessary radiation. An important part in the process of manufacturing their products is that they carefully make sure that their products meet the high requirements. When for example checking the X2 CT Sensor, you'll need a test rig that can move the product in a linear movement beneath a radiation field. This test is called *scanning*. Through this test one can make sure that the product meets the quality standards in order to deliver the sensor to the customer.

This technical report describes in a detailed manner a project from the process of selection to a finished product which is a device that is suitable for the purpose of RaySafe. The solution was a new design that consists of a modified belt driven linear unit from Rollco and an attachment which was designed to fit the testing measurements. The linear unit was driven by a stepper motor with the help of an Arduino Uno and a motor shield. After a number of tests, measurements and modifications of the test rig it was ready to use in the lab at RaySafe.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	1
1.4	PRECISERING AV UPPGIFTEN	2
2	TEKNISK BAKGRUND	4
2.1	ANORDNING/TESTTRIGG	4
2.2	X2 CT SENSOR	4
2.3	KRAVSPECIFIKATION	4
2.4	FUNKTIONSANALYS	5
2.5	KESSELRINGMATRIS	5
2.6	STEGMOTOR	5
2.7	LINJÄRENHET	6
2.8	ARDUINO UNO	7
2.9	MOTOR SHIELD	8
3	METOD	9
4	FRAMTAGNING AV LÖSNINGSFÖRSLAG	10
4.1	KRAVSPECIFIKATION	10
4.2	VAL AV LINJÄRENHET	14
4.3	VAL AV DRIVSYSTEM	15
4.4	VAL AV DRIVELEKTRONIK	17
5	PROGRAMMERING	19
6	TESTER OCH MÄTNINGAR	21
7	RESULTAT OCH SLUTPRODUKT	23
8	DISKUSSION OCH VIDAREUTVECKLING	25
	REFERENSER	26
	APPENDIX	28

1 Inledning

Vi är två studenter från Chalmers tekniska högskola som utfört ett examensarbete på Unfors Raysafe. Företaget är specialister på att utveckla, tillverka och marknadsföra instrument för mätning av strålning samt dela informationen lättförståeligt med berörda parter.

1.1 Bakgrund

Bland företagets produkter hittar vi en produkt som kallas X2 CT Sensor. Vid tillverkning av denna produkt behöver kontrolltester göras och däribland finns skanning. Under denna fas skannas sensorn genom ett strålningsfält, som en röntgenapparat skapar.

Genom att noggrant skanna X2 CT Sensor och konstatera att mätvärdena är korrekta säkerställer man att produkten uppfyller de kvalitetskrav som efterfrågas. Eftersom det är väldigt viktigt att mätningarna blir så noggrant genomförda som möjligt måste konstruktionen, som utför positioneringen av sensor, uppfylla särskilda krav och kriterier.

1.2 Syfte

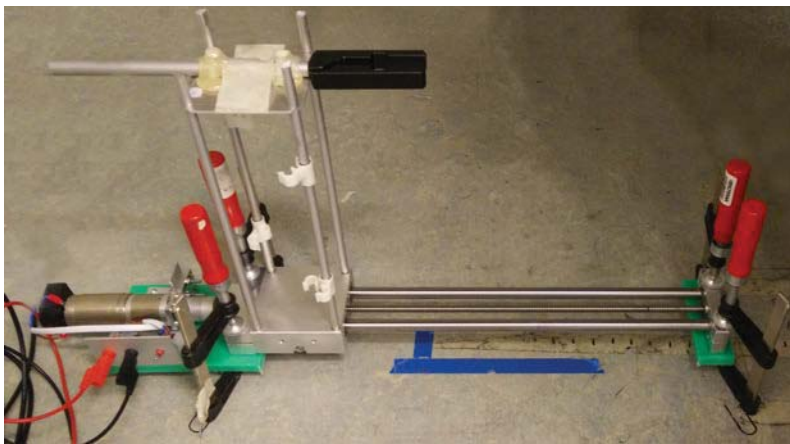
Detta projekt kommer att behandla en anordning som utför en linjär positionering av X2 CT Sensor. Denna konstruktion behöver vara ytterst robust men samtidigt mobil för att kunna flyttas från en laborationssal till en annan. Den måste även konstrueras på ett sätt att den inte påverkar testerna på sensorn, pga t ex reflektion av strålning eller dylikt.

1.3 Avgränsningar

Projektet ska genomföras under andra halvan av programtermin sex, som motsvarar ca tre månader. Företaget RaySafe står för kostnader av material, däremot finns det ett tak på 20'000 SEK som inte bör överskridas. Därför är det extra viktigt att tydligt bestämma de nödvändiga funktionerna för anordningen för att undvika att lägga ner pengar på irrelevanta funktioner.

1.4 Precisering av uppgiften

Företaget RaySafe har tidigare haft en konstruktion, ämnad för tester av X2 CT Sensorer, som inte varit tillräckligt bra på att hålla Sensor i ett stabilt horisontellt läge och därför skapat fel i mätningarna. Dessutom har den varit helt manuell vilket medfört mycket extra arbete för operatörerna som behövt använda den. Inte nog med dessa komplikationer, konstruktionen är svårhanterlig och ömtålig. Vid minsta stöt har man varit tvungen att omkalibrera fästet för Sensor. Dessa problem har medfört att det är endast enstaka personer som kan handskas med skanningsprocessen. Samtidigt, med tanke på ömtåligheten hos testriggen, begränsas möjligheten att flytta runt den till andra labbsalar och därför kan arbetet försenas vid hög beläggning på den specifika labbsalen.



Figur 1: Företagets förra anordning för skanning av X2 CT Sensor.

Främsta målet för projektet är att konstruera en anordning som kan hålla fast en sensor och föra den linjärt genom ett strålningsfält. Anordningen bör vara robust och lätt att förflytta då man inte vill begränsa sig till en laborationssal som det ser ut i dagsläget. Den ska gå att fjärrstyra via fysiska knappar eller trådlösa kontroller, detta eftersom man inte kan befinna sig i inne labbrummet då testet utförs och det är oerhört påfrestande att behöva gå fram och tillbaka mellan en dator och anordningen.

Den linjära rörelsen via anordningen får varken vara för snabb eller för långsam utan måste stämma överens med det datorstyrda programmets samplingsintervall som genererar en graf av lästa värden från X2 CT Sensor. Anordningen ska även kunna ge signal om positioneringens status, speciellt vid ändarna, för att informera personalen om när testet är genomfört. Ett annat viktigt mål är att konstruktion bör vara lättförståelig och lätthanterlig för användaren, speciellt med tanke på att inte all personal är teknikkunnig.

2 Teknisk bakgrund

För att underlätta för dig som läsare genom denna tekniska rapport följer nedan korta beskrivningar på diverse begrepp och benämningar som kan kännas främmande.

2.1 Anordning/testtrigg

En konstruktion som är ämnad att utföra tester. I detta fall är testtriggens uppgift att positionera X2 CT Sensor genom en skanner.

2.2 X2 CT Sensor

Denna produkt är en s.k. detektor och används för bl a mätningar av röntgen dos i en röntgenmaskin som används för Datortomografi, Computed Tomography.[1]



Figur 2: Bild över X2 CT Sensor.

2.3 Kravspecifikation

En samling av krav som konstruktionen måste uppfylla för att få en godkänd slutprodukt. Dessa krav kan exempelvis vara företagets krav på en konstruktion men det kan också vara krav för att uppfylla en viss funktion eller egenskap hos konstruktionen.

2.4 Funktionsanalys

Genom denna metod och analys delar man upp ett problem till mindre delproblem för att fokusera på rätt saker i rätt ordning. Detta medför att till varje delproblem hittas en lösning som sedan vävs samman. I detta sammanhang är delproblemen enligt nedan:

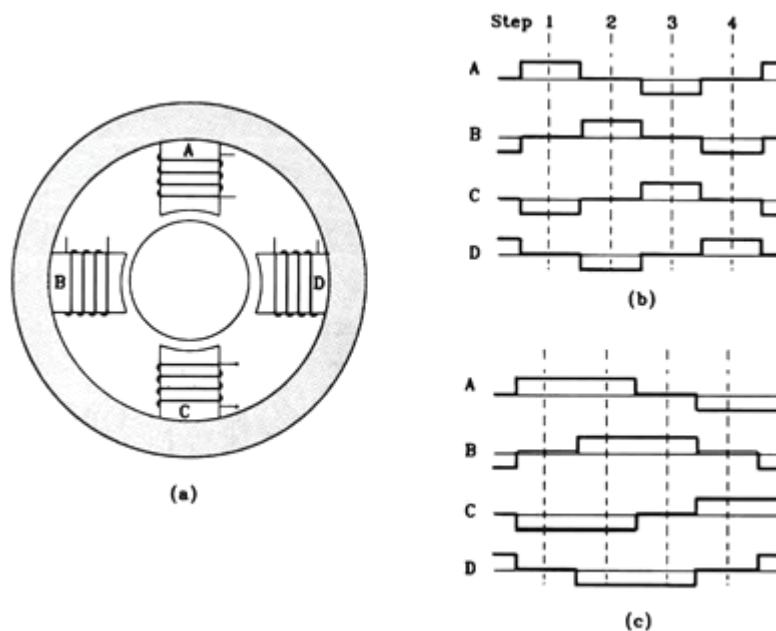
- Val av linjärenhet
- Val av drivsystem
- Val av drivelektronik
- Programmering

2.5 Kesselringmatris

För att jämföra flera olika lösningar kan denna matris användas. Kraven och önskingarna för konstruktionen viktas med olika poäng beroende på hur prioriteringen ser ut.[2]

2.6 Stegmotor

Stegmotorn har fått sitt namn med tanke på att den tar ett "steg" åt gången vid given signal och kan enkelt beskrivas som en digital elektrisk motor. Man använder stegmotorer i många vardagliga maskiner så som skrivare, kopiatorer, 3D skrivare och CNC maskiner. I t ex CNC maskiner och 3D skrivare används oftast tre stycken stegmotorer för att driva fräshuvudet eller skrivarhuvudet fram och tillbaka i olika riktningar.



Figur 3: Informativ bild om hur en stegmotor fungerar. [3]

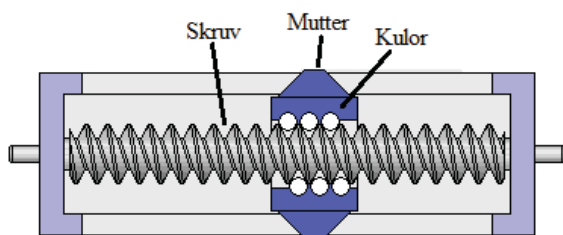
Figur 3 visar hur en stegmotor med fyra stycken statorlindningar fungerar. Genom att spänningssätta lindningarna i en önskad sekvens kan man reglera hastighet och riktning på motorn. Tidsdiagram b visar hur man kan pulsera de olika lindningarna positivt och negativt för att få en rotation på 90°, medan det andra diagrammet visar hur man kan överlappa pulserna och på så sätt få motorn att rotera 45°

En stegmotor har några nackdelar, exempelvis att den tappar steg när den belastas hårt och man bara kan läsa av dess position med den information man ger motorn.[4]

2.7 Linjärenhet

Linjärenheter används inom många områden i industrin. Det grundläggande för alla linjärenheter är att de utför någon slags rörelse linjärt. Rörelsen sker oftast med hjälp av en elektrisk motor men det finns även linjärenheter som drivs med hjälp av en pneumatisk- eller hydraulisk cylinder.

Man kan belasta en linjärenhet olika mycket beroende på vilken typ av mekanism som driver lasten eller vagnen framåt. Det finns kulmutterdrivning som kan vara ett bra alternativ där man behöver förflytta tunga laster. Där använder man en kulmutter och en gängad axel där muttern sitter runt den gängade axeln. När man sedan driver runt axel tvingas kulmuttern framåt respektive bakåt beroende på axelns riktning.



Figur 4: Kulmutterdrivning [5]



Figur 5: Kulskruvdriven linjärenhet [6]

Kulmutterdrivna linjärenheter är vanligt förekommande i industrier där hållmoment och precision är viktiga. Eftersom det är kulor som rullar mellan mutter och skruv är friktionen väldigt låg. Detta gör att den tillförda effekten inte behöver vara hög för att kunna driva muttern framåt. Detta har dock sitt

pris då enheten behöver underhåll i form av smörjning osv. Hastigheten på en kulmutterdriven enhet begränsas av storleken av skruvens stigning som är det avstånd mellan gängorna.[7]



Figur 6: Remtransmission [8]



Figur 7: Remdriven linjärenhet från Rollco[9]

Man kan även använda ett tandat drev tillsammans med en kuggrem där remmen sätts fast på lasten som ska förflyttas. När en motor driver drevet så åker lasten framåt respektive bakåt beroende på motorns riktning. Fördelar med remtransmission är att den är underhållsfri då man inte behöver smörja något. Kuggremmen gör att den har hög tillförlitlighet då man inte behöver vara orolig för slirning.

2.8 Arduino Uno

Arduino Uno är en microcontroller, och ingår i en familjen Arduino. Arduino Uno kallas för en enkortsdator pga. att kortet innehåller cpu, minne och I/O-enheter. [10]

För enkelhetens skull har Arduino en egen utvecklingsmiljö IDE (integrated development environment) där programmeringen sker i ett programmeringsspråk kallad Wiring, som baserar sig på språken C och C++, och som har öppen källkod. Denna utvecklingsplattform gör det möjligt för såväl nybörjare som experter att bekanta sig och interagera med programmering av hård- och mjukvara. En annan bra finess med Arduino är att det finns ett stort bibliotek tillgängligt i utvecklingsmiljön IDE med ofantligt mycket källkod. Dessa färdiga bibliotek ger användaren en bra bas för att utveckla olika program specifikt för Arduinos produkter men också för att inte behöva börja skriva kod från början.[11]

2.9 Motor Shield

Arduino motor shield är ett färdigt kretskort byggt för att underlätta för användaren när man ska driva induktiva laster. Den är uppbyggd runt ett L298 chip som är en H-brygga som t ex kan driva två DC motorer, två reläer eller en stegmotor. Kortet kan drivas med en extern strömkälla och klarar max 50 V och 2,5 A per brygga.[13]



Figur 8: Motor shield från Velleman [13]

3 Metod

Första steget i projektet är att få en problemformulering från företaget RaySafe, detta för att uppskatta om uppgiften är rimlig att genomföra med tanke på tidsbegränsning samt svårighetsgrad, alltså om det ligger inom våra kunskapsramar. Därefter ska en kravspecifikation skapas tillsammans med företaget där kraven för linjärenheten och annat önskemål ska formuleras. Önskemålen finns som extra funktioner om det fanns tid över att disponera.

Den viktigaste delen i projektet är att skaffa en linjärenhet som stämmer överens med de satta kraven och eventuellt önskemålen. Detta med tanke på att linjärenheter är dyra och samtidigt tar oftast lång tid att beställas, därför är det effektivt att välja den mest anpassade enheten. För att bestämma vilken typ av linjärenhet som passar bäst görs i samråd med RaySafe en urvalsmatris, i form av Kesselringmatris, för alla möjliga alternativ

När den processen är fullgjord blir det dags för det andra avgörande valet, val av drivsystem. I samråd med handledaren på Chalmers ska det avgöras vilken sorts motor som är ett lämpligt val som lösningsförslag. Detta främst med tanke på att ett av kraven på anordningen är att återkoppla positioneringen på sensorn, och i den processen skulle man ta hjälp av en Arduino. Efter att linjärenheten och stegmotorn är levererade ska de önskade funktionerna för motorn appliceras genom programmering.

För att få rätt avstånd mellan detektorn och linjärenheten ska ett specialtillverkat fäste användas. Detta med tanke på att strålning kan reflekteras och orsaka störningar under skanning av X2 CT Sensor.

4 Framtagning av lösningsförslag

I detta kapitel följer ett antal steg av olika lösningar som till sist härleder ett lösningsförslag som utgör den sökta anordningen. För att få dessa steg användes en metod som kallas funktionsanalys, där en analys av problemet görs för att sedan lösa olika delmoment.

4.1 Kravspecifikation

För att sortera kraven och önskingarna från RaySafe angående testtriggen användes förenklade tabeller för att ställa upp olika kravspecifikation. I dessa tabeller fick vi med såväl krav, obligatoriska egenskaper för anordningen samt önskvärda egenskaper. Vissa punkter av kraven var tydliga direktiv medan andra var mer abstrakta. Exempel på tydliga direktiv var att fästet från anordningen måste förankras i båda ändarna på X2 CT Sensor medan ett abstrakt krav kunde vara att hela testtriggen förväntas vara användarvänlig.

Nr	K/Ö	Krav	Kommentar
1	Krav	Stabil positionering	
2	Krav	Konstant hastighet	
3	Krav	Storlek, längd	Max 1m
4	Krav	Fjärrstyrning	
5	Krav	Användarvänlig	
6	Krav	Möjlighet att montera utrustning på enheten	T ex fästen för X2 CT Sensor
7	Önskemål	Användargränssnitt	PC program
8	Önskemål	Robust	
9	Önskemål	Liten konstruktion som passar aktuella laborationssalar	

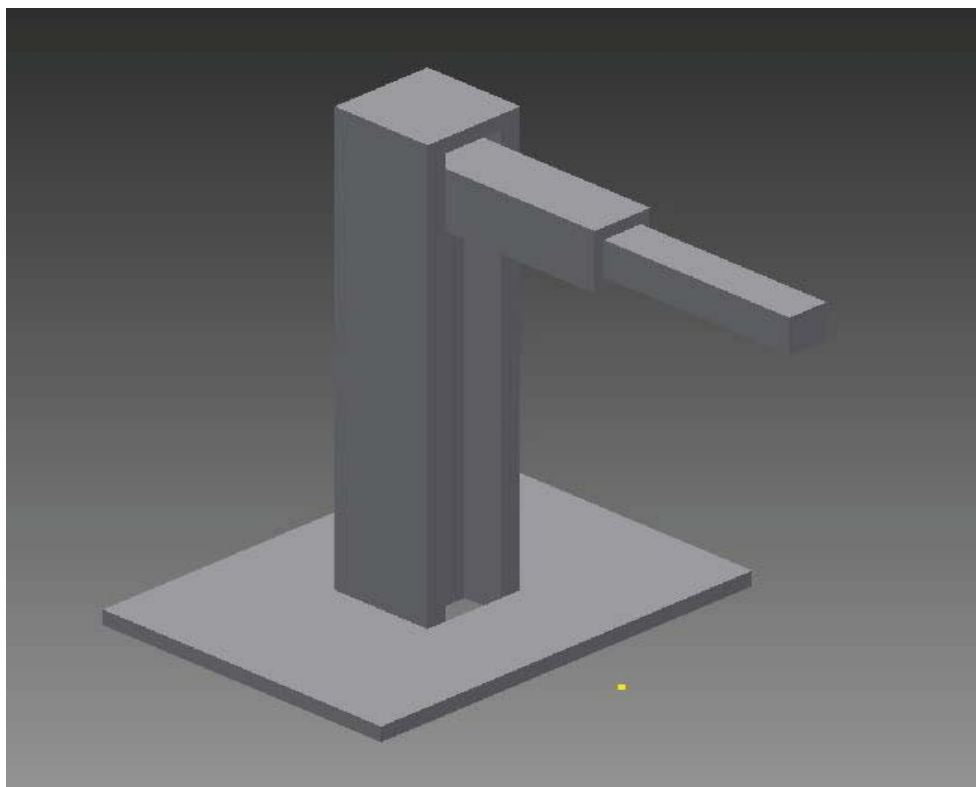
Tabell 1: Kravspecifikation för linjärenhet

Nr	K/Ö	Egenskap	Kommentar
1	Krav	Motordrift	För att kunna positionera
2	Krav	Fysiska styrfunktioner via t.ex. knappar	Oberoende manuell styrning
3	Önskemål	Kommunikation med röntgenapparaten	Enhetligt användarsnitt

Tabell 2: Kravspecifikation för styrning och drift

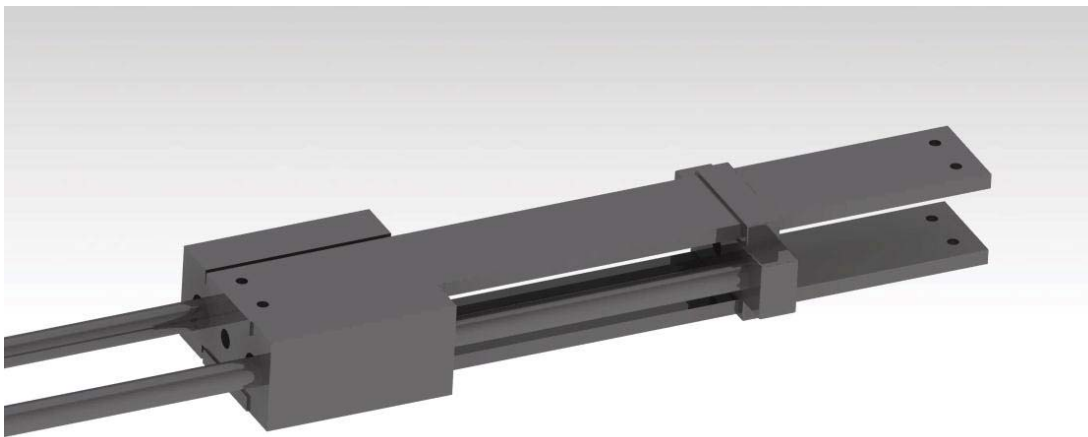
Efter att ha formulerat kravspecifikationen var det dags att skissa på några idéer till hur man skulle kunna lösa problemet. Det fanns tre alternativ som kunde lösa problemet och uppfylla alla kriterier.

Första idén var att ha en pelare monterad på en platta med ett linjärt ställdon monterat på pelaren. Ställdonet skulle kunna ställas in på den höjd man önskar. Detektorn kunde monteras på änden av ställdonet så att den kunde föras genom strålningsfältet. Denna idé skrotades då det inte var stabilt nog eftersom detektorn bara var fäst i en ände. Detta kunde belasta Detektorn till att kanske gå sönder.



Figur 9: Första idén, författarnas egen bild

En andra idé var att ha den gamla konstruktionen och modifiera den lite grann. Tanken var att använda den kulmutterdrivna linjärenheten och montera två stycken skenor på vardera sidan om släden. Därefter kunde två fästen monterats på vardera änden av skenorna för att på så sätt inte belasta X2 CT Sensor. Detta var en bra tanke då den skulle vara stabil nog och inte kosta mycket då mycket av materialet redan fanns. Dock drogs slutsatsen att den hade för många rörliga delar och därför inte var tillförlitlig nog. Dessutom var den utanför måttgränserna då den skulle bli allt för lång när den var i utfällt läge och skulle med stor sannolikhet inte vara användbar i alla labbsalar. Därmed skrotades även denna konstruktion.



Figur 10: Andra idén, författarnas egen bild.

Den tredje idén som fanns var att köpa in en färdig linjärenhet och därefter montera motor och fästen på den. Denna konstruktion var mer kompakt, hade inte många rörliga delar och kunde fås i remdrift eller kulmutterdrift. På släden som är inbyggd runt en ram skulle ett fäste kunna monteras som kunde hålla i båda ändarna av detektorn och på så sätt inte belasta den alls. För att inte skapa strålningsreflektioner kunde man ha linjärenheten stående eller liggande för att på så sätt få bästa möjliga testresultat, dock berodde dessa lösningar även på motorn som ännu inte var utvald. På så sätt skulle inget annat material vara under strålningsfältet förutom själva X2 CT Sensor.



Figur 11: Tredje och slutliga valet, författarnas egen bild.

När det nu fanns en design på anordningen var det dags att leta efter leverantörer som hade en linjärenhet av den typen eller se vad den skulle kosta om den skulle specialbeställas.

4.2 Val av linjärenhet

Efter mycket letande och många telefonsamtal hittades flera olika leverantörer som sålde det som söktes. För att få en bild av de olika och kunna avgöra vilket som var bäst samlades all information från leverantörerna och en kesselringmatrix användes för att avgöra vilket av alternativen som lämpade sig bäst för uppgiften. Detta baserades på olika kriterier som t ex pris och leveranstid.

Resultatet blev en linjärenhet från Rollco som är remdriven. Näst bäst var en kulskrivdriven typ från samma leverantör som vägde och kostade lite mer än den linjärdrivna.


Kriterier		Ideal		Rollco				OEM Motor		Mekanex		ESAB	
		v	t	Rem	Kulskriv		v	t	v	t	v	t	
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Pris	5	5	25	4	20	5	25	1	5	2	10	3	15
Vikt	2	5	10	2	4	1	2	1	2	2	4	3	6
Kompakt	4	5	20	4	16	3	12	3	12	3	12	3	12
Robust	4	5	20	4	16	4	16	4	16	3	12	3	12
Leveranstid	5	5	25	5	25	4	20	2	10	3	15	2	10
Anpassningsbar	4	5	20	5	20	4	20	4	16	3	12	4	16
Total		30	120	24	101	21	95	15	61	16	65	18	71
Rel total		1,00	1,00	0,80	0,84	0,70	0,79	0,50	0,51	0,53	0,54	0,60	0,59
Medel		5,00	20,00	4,00	16,83	3,50	15,83	2,50	10,17	2,67	10,83	3,00	11,83
Avvikelse		0,00	3,33	0,67	4,83	1,00	5,89	1,17	4,50	0,44	2,56	0,33	2,56
Median		5,00	20,00	4,00	18,00	4,00	18,00	2,50	11,00	3,00	12,00	3,00	12,00
Antal svaga punkter		0		0		1		2		0		0	
Rangordning				1		2		5		4			3

Tabell 3: Kesselringmatrix för val av linjärenhet


4.3 Val av drivsystem

I detta projekt var ett drivsystem en nödvändig faktor för att kunna genomföra en positionering eller en linjär rörelse. Eftersom ett krav var att kunna kontrollera var linjärenheten befann sig i realtid var det nödvändigt med någon sorts återkoppling, i detta fall var en stegmotor en bra lösning. Detta med tanke på att den uppfyller alla kraven och kunde ge den noggrannhet som krävdes.

Då det inte fanns någon information från leverantören vad gäller friktion för linjärenheten var det väldigt svårt att i förhand dimensionera stegmotorn. Därför bestämdes det att försöka mäta friktionen i linjärenheten när den levererats och därefter uppskatta vilken motor som lämpar sig mest. Genom mätningar och diskussion med leverantören uppskattades ett hållmoment på ca 2,5 Nm. Det som begränsade våra alternativ var valet att använda en motor shield, som kunde leverera en maxström på 2,5A. Den begränsningen ledde oss till dessa följande två alternativ efter långt sökande:

		JB CNC & Linear Components Stegmotor 3Nm nema 23 (606 SEK) [14]			
Fas	Steg- Vinkel	Spänning	Ström /Fas	Resistans /Fas	Induktans /Fas
	grader /steg	V	A	ohms	mH
Bipolärt	1.8	4.8	3	1.6	6.8

Tabell 4: Information om stegmotor 3Nm, nema 23

		JB CNC & Linear Components Stegmotor 4,5Nm nema 34 (794 SEK) [15]			
Fas	Steg- Vinkel	Spänning	Ström /Fas	Resistans /Fas	Induktans /Fas
	grader /steg	V	A	ohms	mH
Bipolärt (p)	1.8	3.2	4.2	0.76	6.7
Bipolärt(s)	1.8	6.4	2.1	3.04	26.8
Unipolärt	1.8	4.6	3	1.52	6.7

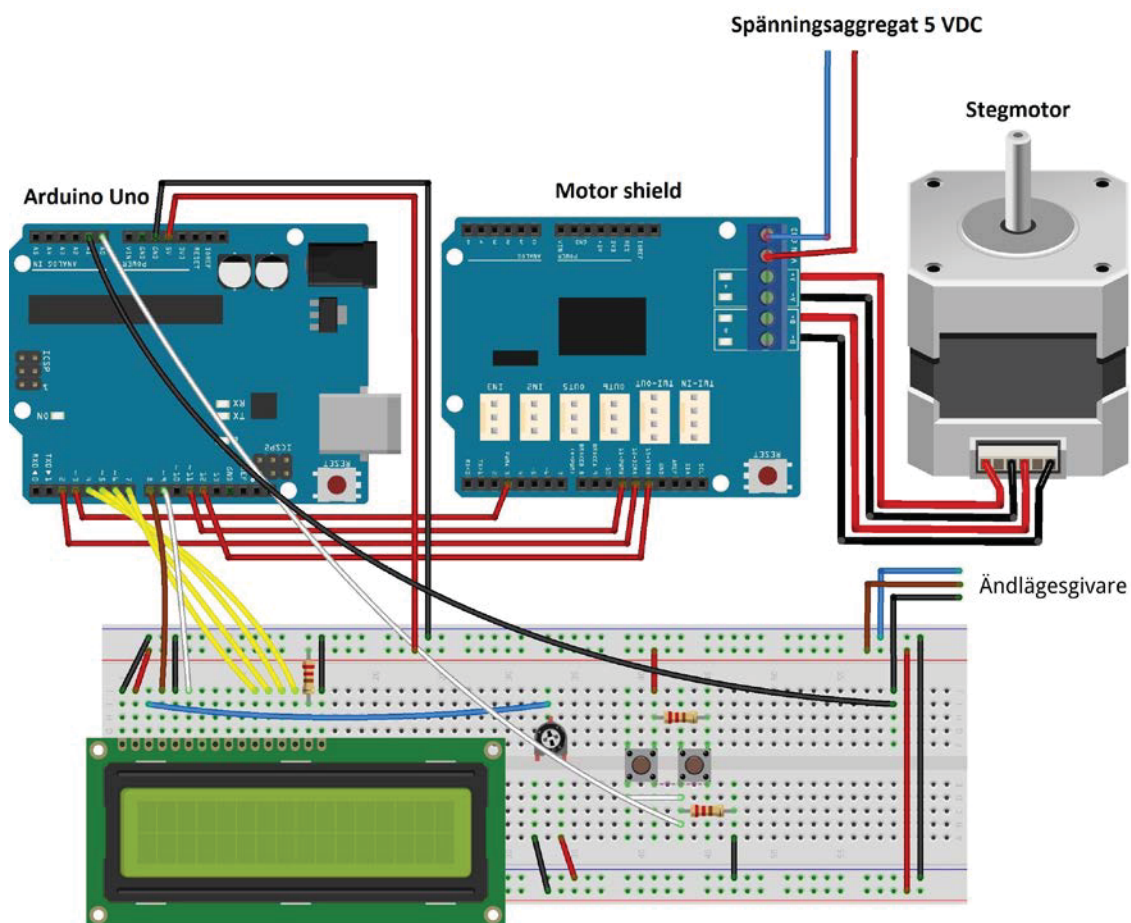
Tabell 5: Information om stegmotor 4,5Nm, nema 34

När dessa motorer väl testades blev slutsatsen att stegmotorn med momentet 3,0 Nm var ett passande alternativ och stegmotorn med 4,5 Nm överdimensionerad för ändamålet.

Efter att ha fått linjärenheten och monterat den första motorn såg vi att den fungerade utmärkt, men för bästa resultat behövdes en specialbeställd koppling mellan motorn och linjärenheten. På så sätt skulle man få den bästa verkningsgraden och inte slita på motorns kullager.

4.4 Val av drivelektronik

Efter att ha studerat på det i några dagar fann vi att den bästa lösningen för oss var att styra linjärenheten med en Arduino Uno. Vi bestämde oss för det genom att titta på några faktorer som t ex hjälpmedel, pris mm. Det som avgjorde var att det fanns väldigt mycket hjälp av tillgå på nätet vad gäller programmering och hur man driver en stegmotor med hjälp av en Arduino. Till det valde vi en motor shield som kunde stackas på Arduinon, för att minimera storleken på elektroniken, där all färdig elektronik fanns för att driva en stegmotor på rätt sätt.



Figur 12: Drivelektronik, författarnas egen bild

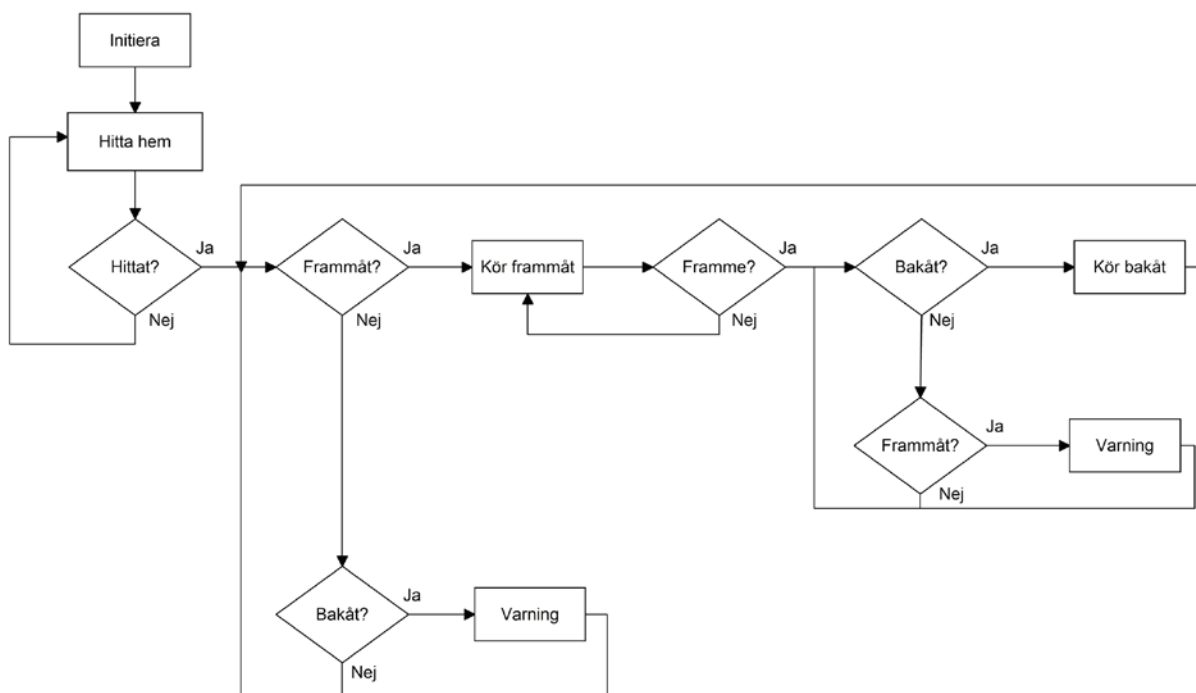
Omkring Arduinon kopplades andra viktiga komponenter som t.ex en LCD display, knappar, en potentiometer och en ändlägesgivare. LCD displayen kunde vi använda för att låta operatören se var linjärenheten befann sig och förenkla användandet av hela enheten.

Ett viktigt mål i projektet var att man skulle kunna koppla elektroniken via USB till en PC och därifrån kunna få en startsignal från det program som skapade testgrafer för att underlätta för operatören genom att låta enheten starta med en enda musklick. Därför finns möjligheten att ansluta en USB kabel och köra enheten när man önskar den funktionen. Vill man däremot köra manuella tester kan man göra det genom att trycka på de två knappar som finns för signal framåt respektive bakåt. Ett spänningsaggregat används för att driva motorkretsen då man inte kan driva motorn som är på 2,5 A via USB.

5 Programmering

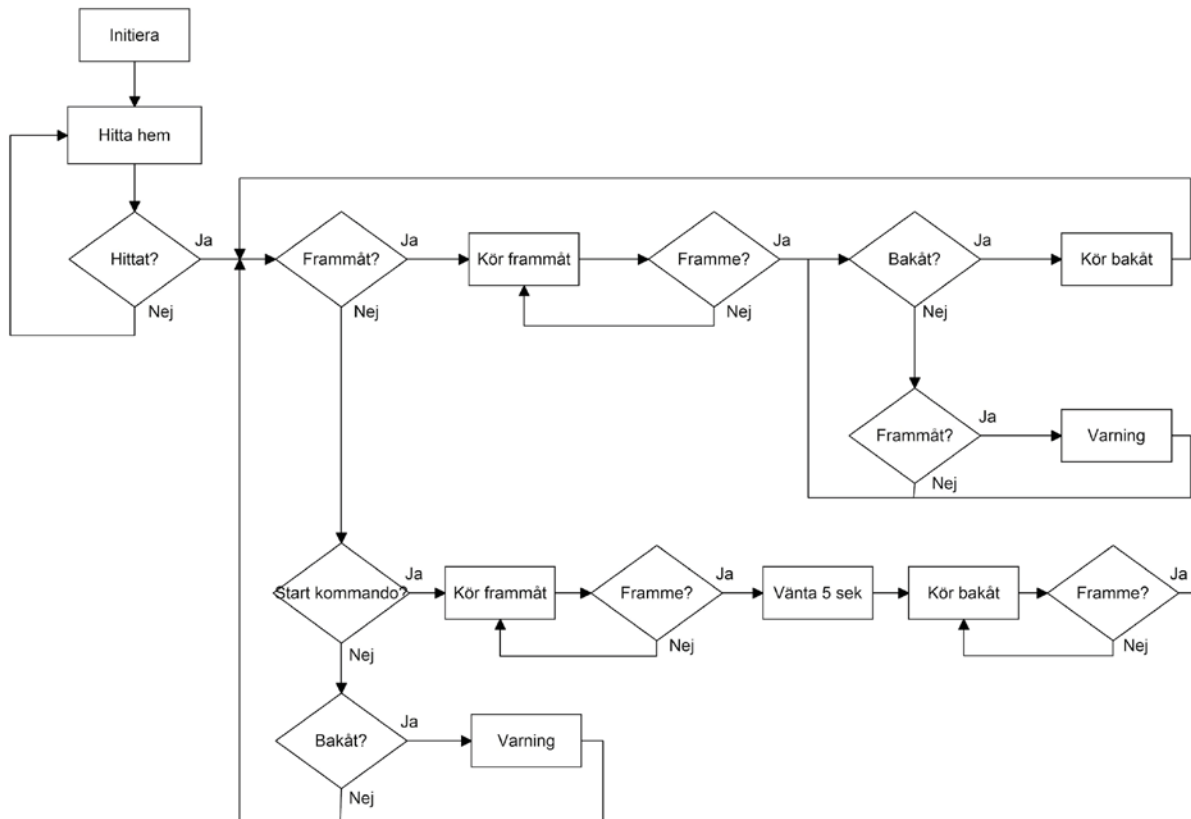
För att driva en stegmotor via Arduino måste många funktioner ställas in. Exempelvis inställningar för kommunikation med motorshielden samt inställningar för kommunikation mellan Arduinon och LCD displayen.

Linjärenheten går endast att styra via knappar. Programmet börjar med att initiera alla ingångar och utgångar samt ställa in de inställningar som finns. Därefter går den in i en loop som väntar på att släden kommer till hemläget som är närmast motorn. Detta för att kunna ha en referens att utgå ifrån i programmet.



Figur 13: Flödesschema för det första program som vi körde för att säkerställa att allt fungerar.

När det enklare programmet var igång och fungerade var det dags att programmera den slutliga koden. Det slutliga programmet gör det möjligt att styra linjärenheten via kontrollerna men samtidigt också med kommando via en USB port.

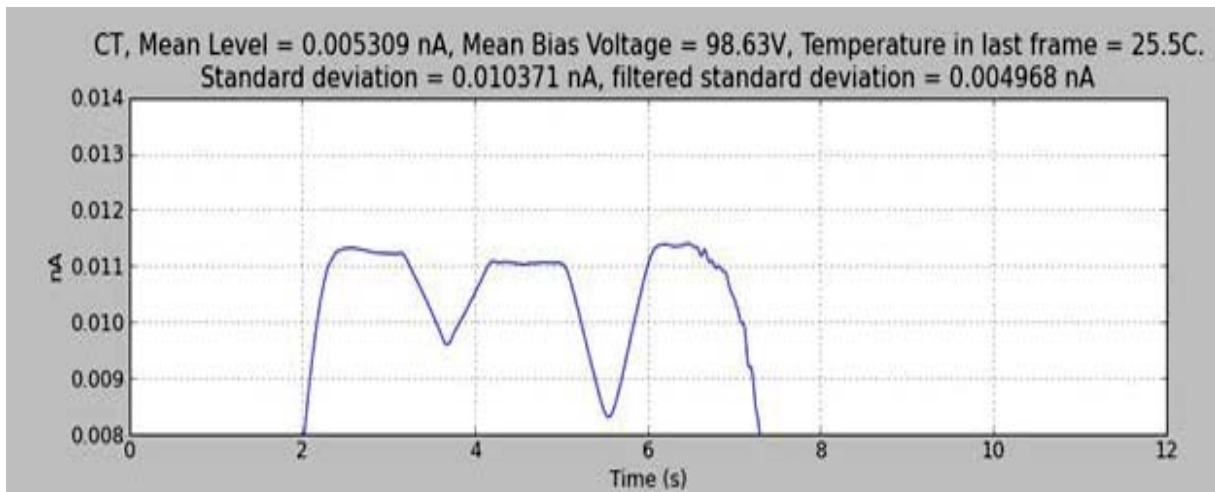


Figur 14: Flödesschema för det slutgiltiga programmet.

För att kunna starta linjärenheten utan att fysiskt trycka på något lades funktioner in som gör att man kan skicka ett kommando till Arduinon via en seriell port som då kan starta motorn. Alltså kan man styra linjärenheten med både knappar och kommandon från andra program. Detta var en viktig funktion som underlättade för operatören väldigt mycket då man bara behöver trycka på start från det program som skapar grafer för mätresultat.

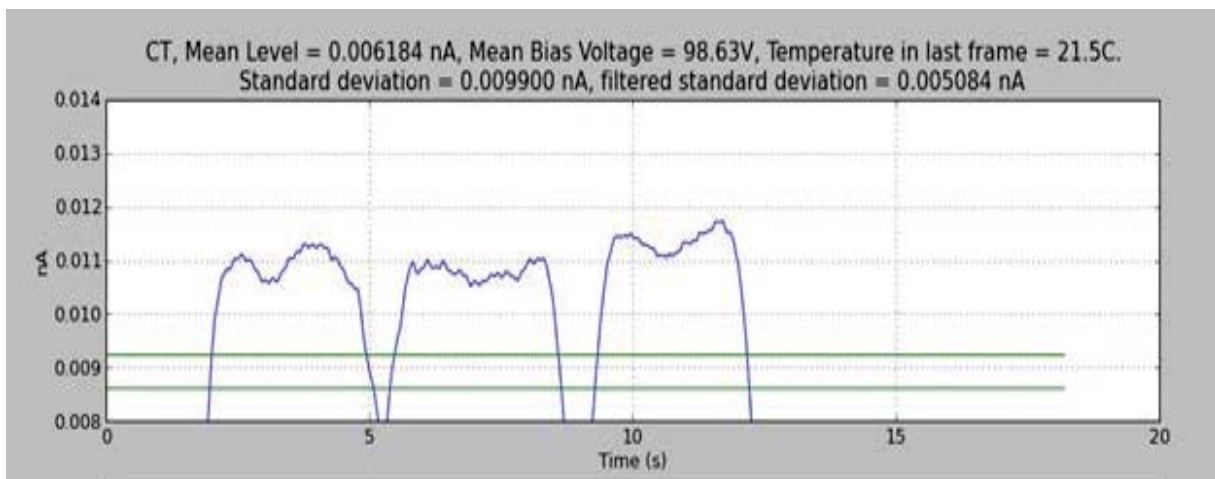
6 Tester och mätningar

När hela konstruktionen var på plats gjordes ett par tester för att observera hur programmet för skanningen förhåller sig till anordningen med olika hastigheter. Det är värt att notera att alla tester som genomfördes var på en sensor som tidigare blivit godkänd. På så sätt elimineras faktorn att felet kan ligga på just sensorn och fokuseringen kan då riktas mot den nya anordningen.



Figur 15: Första testet, där motorn hade en hastighet på 20 mm/s.

Vid det här testet kan man konstatera att programmet inte hinner synkronisera värdena från sensorn under skanningen pga konstruktionens höga hastighet. Därför sänktes hastigheten på motorn vid testerna därefter.



Figur 16: Andra testet, där motorns varvtal sänktes till 10 mm/s.

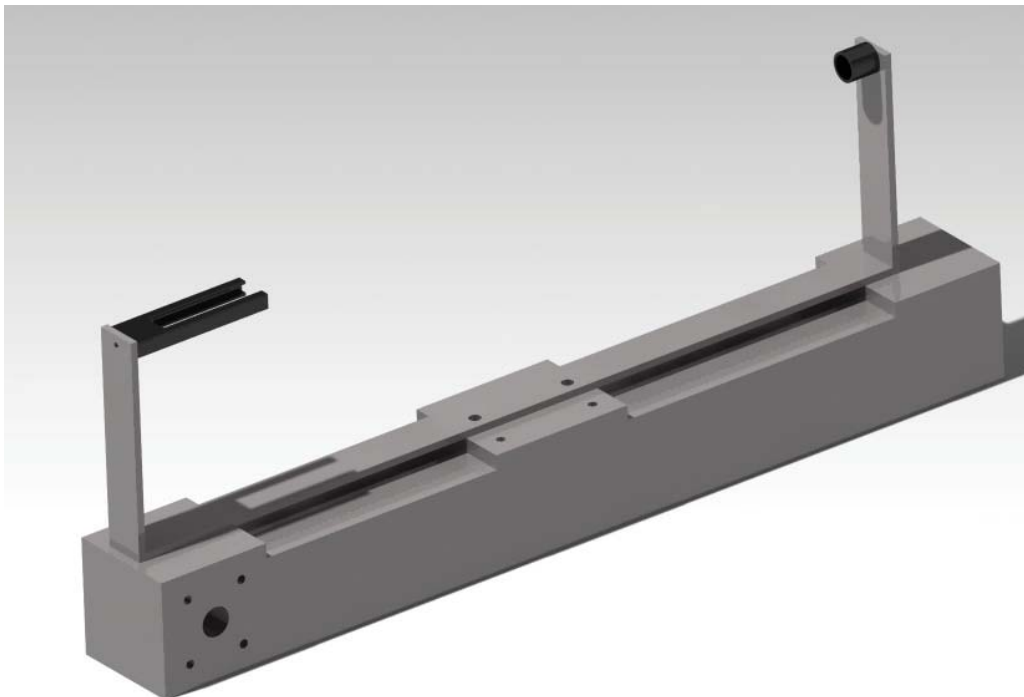
Vid andra testet, som syns ovan, halverades hastigheten till 10 mm/s och resultatet blev mycket bättre då programmet hann läsa in värdena utan större problem. Dock är inställningarna, i programmet, fortfarande inställda på den gamla konstruktionen, som har en hastighet på ca 5-7 mm/s. Dessutom är höjdskillnaden mellan den nya och den gamla anordningen olika. Dessa faktorer gjorde att våra tester inte blev godkända med vår nya konstruktion, och det kan man konstatera genom de gröna gränserna som syns i grafen ovan. För att en sensor ska godkännas måste graferna vara inom just dessa gränser.

Som det tidigare nämnt i rapporten är dessa tester som görs på RaySafe väldigt känsliga och måste utföras med väldigt stort noggrannhet, exempelvis måste innersidan av detektorn hållas rent. Detta för att få bästa möjliga kontaktyta då elektroniken i X2 CT Sensor läser av väldigt små strömmar, nano ampere.

7 Resultat och slutprodukt

Genom att jämföra den slutgiltiga lösningen med kravspecifikationen, önskemålen och preciserade frågeställningen kan det dras slutsatsen att anordningen uppfyller de viktigaste kraven. Lösningen blev en robust remdriven konstruktion med ett fäste för X2 CT Sensor som konstruerats för att klara av tester under strålning utan att bidra till yttre störningar. En stegmotor fick driva linjärenheten som är automatiserad och programmerad med hjälp av en enkortsdator, Arduino. För enkelhetens skull användes en motor shield ovanpå Arduino enheten för att med den driva stegmotorn.

Linjärenheten är robust och passar väl in i en laborationsmiljö då man kan anpassa fästet efter plats och andra utrustningar. Vid behov kan man ändra fästets infästning på linjärenheten så att den tar mindre plats när vagnen är vid ändlägena. Man kan även låta linjärenheten vara under strålningsfältet om man inte påverkar mätresultatet pga. av återstudsande strålning eller lägga den på sidan så att man får en tom yta under sensorn. Slaglängden, som är den längden släden åker på enheten, är 400 mm och hela arbetscykeln sker på ca 12 sekunder vilket motsvarar en hastighet på omkring 33 mm/s.



Figur 17: Slutprodukt utan motor, författarnas egen bild.



Figur 18: Fäste för elektronik delen av X2 CT Sensorn, författarnas egen bild.



Figur 19: Fäste för änden av X2 CT Sensorn, författarnas egen bild.

Dessa detaljer ovan var avgörande faktorer för stabiliteten hos detektorn under körning av testet. Dels med tanke på att stegmotorn fick anordning att skaka men också för att undvika yttre respektive inre störningar under körning.

8 Diskussion och vidareutveckling

Det som tog mest tid till en början var att få stegmotorn och Arduinon tillsammans med motorshielden att fungera. Det som var svårast under den perioden var att söka kunskap om programmeringen av Arduino-enheten för att driva stegmotorn. Detta pga bristande information från både företaget som sålde stegmotorn och otydlig instruktionsbok från företaget som sålde motorshielden. Det medförde att många timmar gick förlorad åt att söka information på nätet och fråga kunniga inom området.

Som det nämnades i tidigare kapitel var den önskade långsamma hastigheten en utmaning att få till. Problemet var när vi körde linjärenheten på låga hastigheter, ca 20 mm/s, då släden började rycka fram, vilket vi inte önskade då det var mest sannolikt att vi skulle behöva sänka hastigheten ytterligare med tanke på att programmet för utförandet av testningen var inställt på den gamla långsamma anordningen. Vid höga hastigheter på ca 55 mm/s och uppåt fungerade den däremot väldigt bra utan ryck och vibrationer, men detta var meningslöst med tanke på att inställningarna inte stämde överens med nuvarande programvaran för skanningen.

Lösningen på problemet skulle kunna vara att ändra programkoderna för motorn och lägga till en drivmodul istället för motorshielden för att låta motorn ta mikrostep/delstep istället för hela steg som den i dagsläget gör och på så sätt få en mjukare gång som inte skapar vibrationer och andra störningar. Ett annat alternativ är att man skulle kunna koppla in en växel med en utväxling på omkring 3:1 för att låta motorn gå på högre hastigheter där den presterade som bäst men ändå låta släden gå långsamt. Den tredje metoden för att komma förbi problemet är att samarbeta med RaySafe och programmera om värdena på programmet för skanningen så att den blir anpassad för den nya anordningens hastighet. Dessvärre finns ingen garanti att det skulle fungera eftersom ingen vet om drivelektroniken för sensorns samplingsintervall skulle kunna hänga med en vid högre hastigheter. Detta får helt enkelt mätas fram genom att göra tester vid olika hastigheter.

Referenser

- [1] Unfors RaySafe AB, X2 X2 CT Sensor
<http://www.raysafe.com/Products/Equipment/RaySafe%20X2/X2%20CT%20Sensor>
(ACC 20 april 2015)
- [2] Johannesson, Hans; Persson, Jan-Gunnar and Pettersson Dennis (2004),
Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design, Liber AB,
- [3] Colin D. Simpson, Industrial Electronics
<http://www.ni.com/white-paper/14892/en/>
(ACC 5 juni 2015)
- [4] All Motion Technology AB, Stegmotor
<http://www.drivteknik.nu/skolan/motor/stegmotor>
(ACC 5 juni 2015)
- [5] Rebel, W, (2009). GearBoxRotLinScrew, Wikimedia Commons,
commons.wikimedia.org
(ACC 5 maj 2015)
- [6] Rollco AB, Linjärenhet QME
<http://rollco.se/wp-content/uploads/2012/07/Linear-Unit-QME-2014-05.pdf>
(ACC 25 april 2015)
- [7] Shigley, J. E., Mischke, C. R. och Brown, T. H. Jr. (2004) Design, Third
Edition.
- [8] Kevin Bischel, july 08 2012
<http://www.pbclinear.com/Blog/Linear-Actuator---Fixed-Center-Belt-Drive-Pitfalls>
(ACC 10 juni 2015)
- [9] Rollco AB, Linjärenhet RHL
<http://rollco.se/produkter/linjarenheter-typ-rhl/>
(ACC 25 april 2015)

[10] Arduino Uno Overview

<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

(ACC 20 juni 2015)

[11] A Ericsson och A Ericsson, 2013, Fjärrstyrning av värmepump

[12] H Byström och F Rickardsson, 2013, Kostnadseffektiv enhet för fjärrövervakning av inbyggda system

[13] Velleman NV, Motor and Power Shield, vma03

https://www.velleman.eu/downloads/0/modules/usermanual_vma03.pdf

(ACC 30 april 2015)

[14] JB CNC & Linear Components, STM57-112-3N

http://www.jbcnc.se/product_info.php?cPath=2&products_id=375

(ACC 8 juni 2015)

[15] JB CNC & Linear Components, STM86-78

http://www.jbcnc.se/product_info.php?cPath=2&products_id=184

(ACC 8 juni 2015)

Appendix

```
// Thesis project at Chalmers tekniska högskola
// Wiring code for a linear stage for RaySage
// to x-ray the X2 CT-sensor

// Made by Hastijar Salih and Anas Mhanad

// Created: 20/4-2015
// Last modify: 10/6-2015

#include <Stepper.h>
#include <LiquidCrystal.h>

int enA = 3; // Enable pin 3 on Motor Control Shield
int enB = 11; // Enable pin 11 on Motor Control Shield
int dirA = 2; // Direction pin dirA on Motor Control Shield
int dirB = 12; // Direction pin dirB on Motor Control Shield

boolean stepCount = false; // Number of steps the motor has taken
const int stepsPerRevolution = 200; // Number of steps per revolution
bool start = false; // Start comand from serial port

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Serial communication at 9600 baud rate

  pinMode(A0, INPUT_PULLUP); // Sets analaog input A0
  pinMode(A1, INPUT); // Sets analog input A1
  pinMode(enA, OUTPUT); // Sets pin 3 as output
  pinMode(enB, OUTPUT); // Sets pin 11 as output

  //initialize the library with the numbers of the interface pins
  LiquidCrystal lcd(8, 9, 7, 6, 5, 4);
  //Initialize the stepper library on pins 2 and 12
  Stepper myStepper(stepsPerRevolution, dirA, dirB);
  myStepper.setSpeed(10); // Sets speed to -- rpm
}
```

```

lcd.begin(16, 2);          // Set up number of columns and rows on the LCD:
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Testtrigg for"); // Print Testtrigg for X2 CT-Sensor
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("X2 CT-Sensor");
delay(3000);
lcd.clear();

while (analogRead(A1) < 1000) // While sensor not activated,
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Initializing..."); // Print Initializing... Wait!
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Wait!");
  digitalWrite (enA, HIGH);
  digitalWrite (enB, HIGH);
  myStepper.step(-1);          // Drive motor backwards
}
}

void loop ()
{
  Serial.println(stepCount);    // Print value of stepCount to serial port
  Serial.print("\t");
  Serial.println(analogRead(A0)); // Print value of analog input A0 for buttons
  Serial.print("\t");
  Serial.println(analogRead(A1)); // Print value of analog input A1 for sensor
  lcd.clear();

  if ((Serial.available() > 0) && (Serial.read() == 'start'))
  {
    start = true;
    Serial.print("SENT START");
    delay(200);
  }

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Make a choice");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Fwrdr or Bwrdr");

while (analogRead(A0)==1023 && analogRead(A1)>1000) // While A0=1023 and A0>1000
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Pressed forward");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Goes forward...");
  digitalWrite (enA, HIGH);
  digitalWrite (enB, HIGH);
  myStepper.step(stepsPerRevolution*2.2); // Step 2.2 revolutions forward
  stepCount = !stepCount; // Toggle stepCount
  break;
}
}

```

```

while (analogRead(A1)>1000 && start) // While A1>1023 and start=true
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("START com");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Goes forward...");
  digitalWrite (enA, HIGH);
  digitalWrite (enB, HIGH);
  myStepper.step(stepsPerRevolution*2.2); // Step 2.2 revolutions forward
  digitalWrite (enA, LOW);
  digitalWrite (enB, LOW);
  stepCount = !stepCount; // Toggle stepCount
  delay(5000);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("START com");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Goes backward...");
  digitalWrite (enA, HIGH);
  digitalWrite (enB, HIGH);
  delay(200);
  myStepper.step(-stepsPerRevolution*2.2); // Step 2.2 revolutions backward
  stepCount = !stepCount; // Toggle stepCount
  break;
}

//While 800>A0<860 and A0<1000
while (analogRead(A0)>800 && analogRead(A0)<860 && analogRead(A1)<1000)
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Pressed button 2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Drives backward.");
  digitalWrite (enA, HIGH);
  digitalWrite (enB, HIGH);
  delay(200);
  myStepper.step(-stepsPerRevolution*2.2); // Step 2.2 revolutions backward
  stepCount = !stepCount; // Toggle stepCount
  break;
}

```

```

if (analogRead(A0)>1000 && stepCount) // If A1>1023 and stepCount=true
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Arrived!");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Press backward!");
  delay(200);
}

// If 800<A0<860 and A1>1000
else if (analogRead(A0)>800 && analogRead(A0)<860 && analogRead(A1)>1000)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Its home!");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Press forward!");
  delay(200);
}
delay(100);
digitalWrite (enA, LOW);
digitalWrite (enB, LOW);
}

```