



# Ingenjörprojekt VT 2017 - Positioneringssystem

Gustaf Bohlin, Anton Hellbe, Mikael Nilsson, Arvid Sigvardsson

2017-05-29

**Email:**

**Anton** antonhellbe@gmail.com

**Gustaf** gustaf.t.bohlin@gmail.com

**Arvid** arvid.sigvardsson@gmail.com

**Mikael** hellomicke89@gmail.com

# 1 Sammanfattning

Vi kommer här att göra en översiktlig beskrivning av arbetet

- Varför vi gör det, vad är målet med projektet?
- har vi blivit begränsade på något sätt?
- Hur blev resultatet? Motsvarar det förväntningar och krav?

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Sammanfattning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Teori</b>	<b>2</b>
3.1	Förstudie . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Metod och utförande</b>	<b>4</b>
4.1	Syfte och mål för vår tekniska lösning . . . . .	5
4.2	Problemsbeskrivning . . . . .	5
4.2.1	Jämförelse med existerande system . . . . .	5
4.2.2	Systemet och omgivningen . . . . .	5
4.3	Huvudproblem och delfunktioner . . . . .	7
4.4	Delfunktioner och lösningsprinciper . . . . .	7
4.5	Funktion- och medelträd . . . . .	7
4.6	Ordningsprincip . . . . .	7
4.7	Förflyttning och provokation metoden . . . . .	8
4.8	Uppdaterat funktions/medel-träd . . . . .	9
4.9	Morfologiska matriser . . . . .	10
4.10	5 mest lovande lösningsvarianter . . . . .	10
4.11	Kriterium och viktning . . . . .	10
4.12	Bedömning av kriterium . . . . .	11
4.13	Bedömning av lösningsvarianterna för varje kriterium . . . . .	11
4.14	Poängsättningsmatris . . . . .	11
4.15	Känslighetsanalys . . . . .	11
4.16	Vinnande koncept . . . . .	12
4.17	Diskussion och resultat . . . . .	12
4.18	Testning . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Slutsats</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Litteraturförteckning</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>Bilagor</b>	<b>19</b>

## 2 Inledning

Här kommer vi att börja med att berätta vad projektet går ut på samt att beskriva vad vår grupp har haft för uppgift under projektet.

Vi kommer göra en sammanställning av de vanligaste teknologierna som finns för inomhuspositionering idag. Vi kommer också att lista de idéer som vi själva brainstormat fram.

Förklara vad projektet kommer att handla om, varför projektet görs, vad målet med projektet är samt hypotes.

# 3 Teori

## 3.1 Förstudie

För att lösa problemet med robotens position inomhus har vi titta på lite olika lösningar för så kallade inomhus positionerings system. Inomhus positioneringssystem (IPS) används för att bestämma positionen på objekt eller personer inomhus. Exempel på tekniker som används för detta är Radiovågor(UWB), Ljud(ultraljud), WiFi/Bluetooth signalstyrkor och s.k Dead reckoning (Dödräkning med hjälp av Gyroskop / Accelerometer)

UWB(Ultra WideBand Technology):

Ultra wideband är en teknik för WPAN. Detta är en väldigt förekommande teknik för inomhus positioneringssystem på grund av att positionen blir väldigt exakt jämfört med många andra tekniker. UWB använder sig av radiovågor som rör sig i ljusets hastighet vilket betyder att man behöver väldigt exakta tidpunkter för att bestämma var objektet / personen befinner sig. För att bestämma positionen används TDoA (Time Difference of Arrival) algoritmer för att ta reda på tiden det tog för signalen att komma fram. Tiden används sedan vid triangulering för att få fram positionen.

När det kommer till sändare och mottagare kan man låta sändarna ta emot signalen som har studsat på objektet. Detta innebär att inga komponenter krävs på roboten men för att få "rätt" signal på mottagarsidan behöver man kolla på fäsen för att kunna utesluta fading.

Ultraljud:

Ultraljud är ljudvågor som är över 20kHz, dvs ljud som människan ej kan höra. Fördelen med Ultraljud är att ljud rör sig i 340m/s jämfört med ljusets hastighet  $3 \cdot 10^8$ m/s. För att ta fram avståndet till en fyr använder man formeln

$$s = v \cdot \Delta t \quad (3.1)$$

Med en mindre  $v$  kan sträckan beräknas noggrannare. Positionen på objektet/personen kan sedan räknas ut med hjälp av triangulering.

Dead Reckoning:

Dead reckoning eller död räkning på svenska går ut på att med hjälp av en accelerometer och ett gyroskop så kan man bestämma positionen. Detta görs genom att känna till start positionen och sedan med hjälp av datan från gyroskopet (orientationen) och accelerometern (accelerationen) så kan man beräkna hur objektet / personen har rört sig genom integration och på så sätt dess position. Det är en elegant lösning från den synvinkeln att det inte kräver några utomstående komponenter men problemet är att om det uppstår fel i mätdata så kommer felet kvarstå. Detta betyder att man regelbundet skulle behöva kalibrera om för att undvika för mycket kvarstående fel.

WiFi / Bluetooth signalstyrkor:

Genom att placera ut noder t ex 3 eller 4 så kan man mäta upp RSSI (Received Signal Strength Indication) detta gäller både WiFi och Bluetooth och med hjälp av den uppmätta signalstyrkan till de olika noderna sedan bestämma positionen. Problemet med detta är

att noggrannheten är väldigt dålig, ofta handlar det om flera meter vilket är oacceptabelt om roboten skall kunna navigera fram till objekt.

Teknik	Fördelar	Nackdelar
Ultrawideband	Bra noggrannhet Arduino bibliotek	Dyr
Ultraljud	Bra noggrannhet Billigt Låga krav på hårdvaran	Inget bibliotek Möjligtvis problem med resonans
Dead Reckoning	Enkelt Billigt	Dålig noggrannhet Integrerande fel
Bluetooth / WiFi	Enkelt Använt på tidigare laborationer	Dålig noggrannhet

Vad har vi fått reda på för information när vi har undersökt problemet, vilka olika lösningar som har diskuterats.

## 4 Metod och utförande

För att bestämma vilken teknologi som kommer att användas till inomhus positionering systemet måste problemet formuleras och krav måste anges. Problemet som skall lösas definieras enligt följande:

”Vi vill hitta positionen på ett objekt i ett rum. Positionen skall fastställas i ett 2D plan. Eftersom en robot skall kunna hitta till olika objekt i ett rum behöver den känna till sin position vid given tidpunkt. Objekten kommer att vara mindre hushållsobjekt.”

När problemet är givet kan behov för lösningen definieras. De behov vi identifierat är:

- Positionen skall kunna fastställas i realtid.
- Noggrannhet skall vara tillräcklig för att en påbyggnad på roboten ska kunna nå objektet.
- Systemet skall kunna användas i en offentlig miljö.
- Systemet skall fungera i en begränsad plan yta.
- Systemet skall fungera oberoende av ljusförhållanden.
- Systemet skall ha ett rimligt pris.
- Systemet skall kunna kommunicera med roboten.
- Systemet får ej vara skadligt.
- Systemet får ej vara opålitligt.

Vi har gjort en tabell där behoven uttrycks i egenskaper med mätbara enheter.

Positionen skall fastställas med ett intervall	Hz
Hög noggrannhet	cm
Ofarlig	subjektiv
Möjlig att integrera	subjektiv
Områden anges med riktlinjer av något slag	subjektiv
Systemet fungerar i varierande ljusförhållanden	lm
Inom skolans budget	kr
Systemet har ett överföringsprotokoll till roboten	subjektiv



För att säkerställa att alla behoven har uppfyllts av egenskaperna skapas en behov-egenskap matris.

	Positionen ska fastställas med ett intervall	Hög noggrannhet	Ofarlig	Möjlig att integrera	Områden anges med riktlinjer av nått slag	Systemet fungerar i varierande ljusförhållande.	Inom skolans budget.	Systemet har ett överföringsprotokoll till roboten.
Positionen skall kunna fastställas i realtid.	x							
Noggrannhet skall vara tillräcklig för att armen skall kunna nå objektet.		x						
Systemet skall kunna användas i en offentlig miljö.			x					
Systemet skall fungera oberoende av hur roboten är designad.				x				
Systemet skall fungera i en begränsad plan yta.					x			
Systemet skall fungera oberoende av ljusförhållanden.						x		
Systemet skall ha ett rimligt pris.							x	
Systemet måste kunna kommunicera med roboten.								x

fig 9.1 *Behov-egenskap matris*

Som man ser i matrisen uppfylls alla behoven av egenskaperna och därmed är det känt vad en lösning kommer att behöva.

## 4.1 Syfte och mål för vår tekniska lösning

Syftet med den tekniska lösningen är att roboten skall veta var den befinner sig.

Målet med den tekniska lösningen är positionen inte skiljer sig från robotens faktiska position.

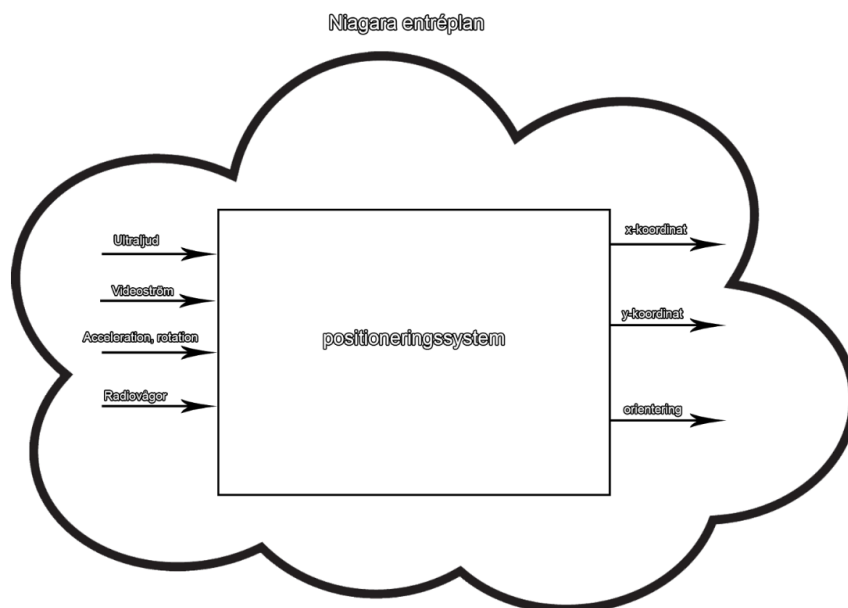
## 4.2 Problembeskrivning

### 4.2.1 Jämförelse med existerande system

Vi har i teoriavsnittet tagit upp hur liknande, fast etablerade system, fungerar. Det som skiljer de systemen från vårt är att vårt system har väldigt specifikt användningsområde. Vårt system ska t.ex. inte användas i totalt mörker. Ytan är inte heller dynamisk utan noga uträknad för att kalibrera systemet. Det är alltså inte troligt att vårt system, utan större vidareutvecklingar, hade fungerat i t.ex. ett varuhus. Vi har även endast en användare åt gången vilket förenklar positioneringen något.

### 4.2.2 Systemet och omgivningen

Vi har identifierat systemets in- och utgångar och visualiserar det i figur 4.1

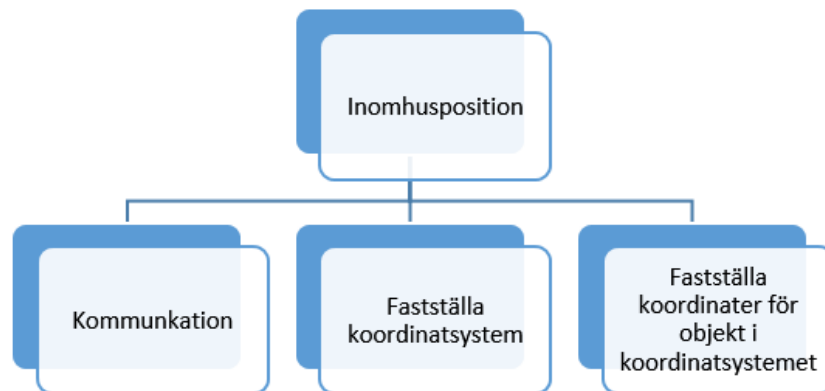


Figur 4.1: Illustration av systemets in- och utgångar samt dess omgivning

Omgivningen påverkar systemet om det är objekt i vägen då alla ingångar förutom acceleration, rotation påverkas av detta. Systemet påverkas även av störande signaler i omgivningen. Systemets påverkan på omgivningen är i många fall att den skickar ut signaler som stör andra signaler

## 4.3 Huvudproblem och delfunktioner

Huvudproblemet i vårt fall, att kunna fastställa positionen på ett objekt i ett rum, har vi formulerat om lite mer abstrakt och översiktligt till inomhusposition eftersom det är exakt detta systemet skall uppnå. Huvudproblemet bröt vi sedan ned i tre olika delfunktioner som även de var abstrakta och översiktliga.



Figur 4.2: Huvudproblemet och dess delfunktioner

## 4.4 Delfunktioner och lösningsprinciper

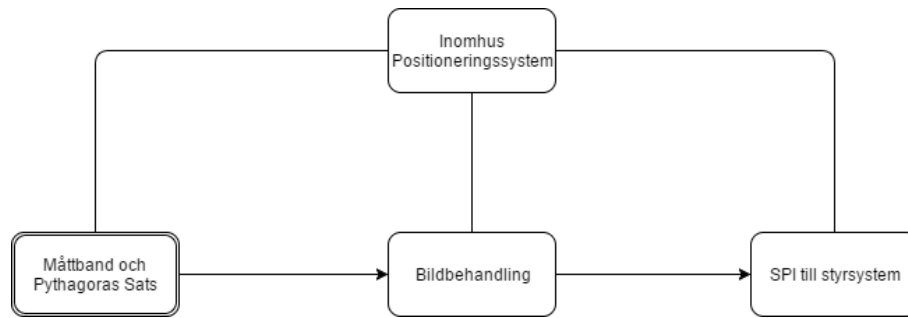
Delfunktionerna visas ovan och till dessa har vi sedan försökt hitta olika lösningsprinciper genom olika metoder så som '365'-metoden och 'sex tänkande hattar'. Eftersom vårt problem är relativt avancerat så har vi kapat bort lite lösnings principer som är för avancerade och tokiga då det måste finnas en rimlighetsfaktor. De olika delfunktionerna och de olika lösningprinciperna illustreras i bilaga 9.2 - 9.4.

## 4.5 Funktion- och medelträd

Detta trädet illustrera huvudproblemet och underfunktionerna där underfunktionerna har kombinerats ihop med dess olika lösningsprinciper. Bilaga 9.5 visar funktion/medelträdet.

## 4.6 Ordningsprincip

Nedan är en skiss på hur huvudfunktionen ser ut när vi valt ut dem lösningsprinciper som vi anser vara 'bäst'.



Figur 4.3: Skiss av konceptet med hjälp av olika lösningsprinciper

Bildbehandlingen är starkt beroende av att vi faktiskt mätt upp och bestämt ett koordinatsystem i rummet, annars går det ej att bestämma positionen med hjälp bildbehandlingen. Däremot är SPI-kommunikationen inte tekniskt beroende av bildbehandlingen och koordinatsystemet. Men utan deras bidrag har kommunikationsdelen ingen data att skicka, och därför ser vi den som beroende av de andra blocken.

Ordningen är kritiskt vilket framgår av blockschemat, skulle det göras i en annan ordning skulle det ej fungera.

## 4.7 Förflyttning och provokation metoden

Tanken med förflyttning och provokation är att skapa ännu fler möjliga lösningsprinciper genom att modifiera, invertera och skapa störningar och extremfall utifrån blockdiagrammet som gjordes i föregående steg.

Negation: Vi väljer att ta bort delen “bildbehandling” och ersätter den med ett antal nya idéer:

Snöre: Man skulle kunna ha ett snöre på en rulle som sitter på en ledad arm. Beroende på hur mycket snöre som har rullat ut och i vilken riktning det hade rullats ut så skulle man kunna beräkna positionen med hjälp av de parametrarna. Konceptuellt en enkel idé men kan vara svår att bygga så att den blir tillräckligt känslig.

WiFi/Bluetooth: Man har t.ex. tre sändare utplacerade på golvet och en mottagare placerad på roboten och avgör sedan positionen genom att mäta signalstyrkan till de olika sändarna. Hade kunnat fungera någotsånär, men vi har märkt på laborationer i tidigare kurser att bluetooth signalstyrkan är väldigt känslig för störningar och ger inte så exakta värden. Det samma gäller för wifi. Med tanke på hur mycket wifi-signaler som finns i Niagara så kan det bli svårt att få en bra positionering med detta system.

Bildbehandling två vinklar: Originaltanken med bildbehandlingen var att ha en kamera som filmar banan ovanifrån och beräknar positionen med hjälp av detta. Ett alternativ till detta är att man istället använder två kameror från olika vinklar istället fastställer koordinaterna med hjälp av triangulering.

Radiovågor och Ultraljud: Principen för dessa tekniker är ungefär samma, att objektet har en mikrofon (ultraljud) / mottagare (radiovågor) för att sedan bestämma tiden det tar för ultraljudet alternativt radiovågorna att nå objektet. Då kan man bestämma sträckan och med hjälp av trilaterering även positionen.

Inversion:

Tanken vi hade med inversion var att man inverterar kommunikationen, d v s roboten kommunicerar med vårt inomhuspositionering system istället för att vi informerar roboten om var den befinner sig. Då skulle roboten behöva kommunicera hur mycket den har rört sig, vilken riktning m.m för att vårt system ska kunna räkna ut var roboten befinner sig. Detta skulle faktiskt vara ett realistiskt scenario, problemet som kan uppstå är att noggrannheten blir väldigt dålig. Ett integrerande fel om ingen kalibrering utförs.

Man skulle även kunna invertera bildbehandlingen till ljud, så man har någon form av ljud som säger till roboten var den befinner sig och roboten lyssnar på dessa ljuden och på så sätt vet roboten var den befinner sig.

Extremfall:

I vårt fall är det svårt att avgöra vad ett extremfall skulle vara. Ett extremfall kan ju t ex vara att positionen ska kunna fastställas i ett väldigt stort rum istället för på en liten yta, då skulle många lösningsprinciper för att fastställa positionen på objekt falla bort. Exempelvis skulle lösningar med kamera inte fungera då det blir väldigt problematiskt att filma hela rummet. Lösningar med elektromagnetiska vågor, radio eller ljus t ex, blir då lämpligare, då de lätt rör sig över stora ytor.

Man kan även vända på pannkakan och säga att man ska bestämma positionen på en extremt liten yta, d v s molekyl/atomnivå. Det svårt att komma på lösningsprinciper för denna typen av problem, men eventuellt hade man kanske kunnat kolla på strukturen av atomerna och molekylerna för på så sätt kunna bestämma positionen. Beroende på materialet så har ju atomerna en viss struktur/mönster vilket kanske kan omformuleras till en position på något kreativt sätt.

Störning:

Skulle vi byta plats på t.ex. bildbehandling och uppmätning med måttband och pythagoras sats så hade det inneburit att vi hade bestämmer koordinater på en bild och sedan skala om det och sätta ut de verkliga positionerna i rummet. Detta skulle möjligtvis fungera, men inte särskilt effektivt eftersom om positionen ska uppdateras dynamiskt så kommer koordinatsystemet bestämmas på nytt hela tiden. Ett nytt lösningsförslag här kan vara någon form av dynamiskt koordinatsystem som hela tiden uppdateras och nya punkter sätts ut varje gång positionen på roboten uppdateras.

Byter vi plats på kommunikation och de övriga delarna så händer inte så mycket och det inspirerar inte så mycket nya lösningar eftersom den enda konsekvensen blir att systemet blir icke fungerande. Då kommunikationen måste ske sist, annars har vi ingen att kommunicera, d v s saker utförs inte "rätt" ordning.

Resultat och reflektion:

.....insert text pls.....

## 4.8 Uppdaterat funktions/medel-träd

Förflyttning och provokation genererade mycket nya möjliga idéer och lösningsprinciper utifrån blockschemadiagrammet. Därför strukturerade vi om vårt funktion- och medelträd där vi skapat underfunktioner till delfunktionerna för att kategorisera de olika lösningsprinciperna. Bilaga 9.6 visar det uppdaterade funktions/medel-trädet.

Det nya funktions/medel-trädet visas även med hjälp av en konceptkombinationstabell

där varje underfunktion kombineras med lösningsprinciperna som associeras till underfunktionen. Detta går att se i bilaga 9.7.

## 4.9 Morfologiska matriser

När vi tog fram de morfologiska matriserna utgick vi från konceptkombinationstabellen som vi skapade i föregående avsnitt. Det vi gjorde var att ta bort lösningar som inte var aktuella av olika anledningar, t ex att dem är svåra, dåliga, dyra o s v. Detta gav oss en ny matris som går att se i bilaga 9.8. Den nya matrisen genererade 60 olika möjliga lösningskombinationer att välja på. Där de olika lösningskombinationerna bedömdes om de uppfyller huvudproblem, men även kraven på systemet. En något för kortad matris med bedömningen går att se i bilaga 9.10.

### 4.10 5 mest lovande lösningsvarianter

Utifrån den morfologiska matrisen med bedömning om vilka lösningsvarianter som uppfyller huvudproblemet samt kraven så valde vi ut de 5 mest lovande lösningsvarianterna. Vilka lösningsvarianter detta är och beskrivning av dem visas i bilaga 9.11

### 4.11 Kriterium och viktning

Kriterierna är valda delvis med egna uppsatta kriterier men även kraven från uppgiftsbeskrivningen.

Noggrannhet:

Detta kriterium valde vi eftersom detta är kritiskt och väger därför väldigt tungt, hamnar roboten för lång ifrån objekten som ska plockas upp på grund av dålig noggrannhet så kommer det inte fungera alls bra. Detta delades upp i två delkriterier, precision och uppdateringsfrekvens eftersom om uppdateringsfrekvensen är för långsam så kommer roboten behöva röra sig väldigt långsamt för att få bra noggrannhet, samtidigt är precisionen för dålig så kommer roboten inte kunna navigera fram objekten. Den totala vikten för noggrannhet fördelades då över dessa två delkriterier efter hur viktiga vi ansåg precision och uppdateringsfrekvens var.

Offentlig miljö:

Att systemet ska fungera i en offentlig miljö har vi tagit med eftersom vi dels har fått som krav från uppgiftsbeskrivningen att det inte ska vara farligt, och därmed inte innehålla laser. Detta kriteriet har vi också delat upp i två delkriterier eftersom utöver att det inte ska innehålla laser, d v s ofarligt så har vi även ett till som är fungera med publik. Eftersom under demodagen så kommer det antagligen vara en liten publik som tittar på demonstrationen och detta kan påverka systemet. Båda dessa delkriterierna har fått en relativt låg viktning eftersom området kommer i någon mån vara avspärrat och fritt från människor. Men även de faktum att ingen av våra fem mest lovande lösningsvarianter involverar laser.

Pris:

Pris valde vi som ett kriterium eftersom det är väldigt relevant att lösningsvarianter inte får kosta för mycket, viss utrustning vi har kollat på är väldigt dyr och detta måste då

vara med och viktas in i bedömningen om vilket teknik som är mest lämplig. Viktningen av detta kriteriet baseras på den information om kostnader vi har hittat när vi titta på de olika teknikerna. Det är endast ett fåtal tekniker som är för dyra att implementera, därför är viktningen relativt låg.

Implementering:

Eftersom beroende på tekniken som väljs så är dem olika svåra att implementera. Vissa tekniker är väldigt svåra att använda sig av och bör också vägas in när man bestämmer vilket koncept man skall använda sig av. Men även av den anledningen att vi enligt uppgiftsbeskrivningen i M2 skall ha ett enklare positioneringssystem klart, och sedan i M3 leverera ett mer avancerat. Genom att ändra på vikten på detta kriterium så får man en bra känsla vad som är lämpligt som är ett enklare respektive avancerat system. Detta kriteriet fick en ganska stor viktning eftersom det är väldigt begränsat med tid och därav är väldigt viktigt att vi inte ger oss på något som är för svårt.

Kriteriumen och viktningen går att se i bilaga 9.12

## 4.12 Bedömning av kriterium

Kriteriumen har vi sedan gett en bedömningsskala som är likadan för alla kriterium. Eftersom om viktningen ska ha någon inverkan är det viktigt att samtliga kriterier bedöms med samma skala, annars är det meningslöst med viktningen.

Bedömningsskalan och kriterium går att se i bilaga 9.13

## 4.13 Bedömning av lösningsvarianterna för varje kriterium

I tabellen i bilaga 9.14 är lösningsvarianterna betygsatta enligt en rad olika kriterier på en skala 1-10, summan av betygen för varje lösningsvariant framgår på sista raden. Detta gör vi som ett steg i arbetet att systematiskt utvärdera olika lösningar.

## 4.14 Poängsättningsmatris

Utifrån tabellen med bedömningen av de olika lösningvarianterna har vi sedan multiplicerat bedömningen med viktningen av de olika kriterierna. Detta gör vi för att kriterierna skall bedömas med den vikt vi anser att kriterierna har. Poängsättningsmatrisen går att se i bilaga 9.15

## 4.15 Känslighetsanalys

I detta steg ändrar vi viktningen av de olika kriterierna. Det vi vill se är om samma lösningsvariant ändå ger bäst resultat, eller om en annan visar sig bäst. Vi kan på så sätt få insikt i hur robusta de olika varianterna är, och vi kan ju inte vara säkra på att bedömningen och viktningen vi gjort är korrekt. Detta ger oss mer kontext för att komma fram till bästa lösningsvarianten. I bilaga 9.16 går det att se resultatet från känslighetsanalysen, där vi har gjort 3 olika varianter av viktningen och bedömning.

## 4.16 Vinnande koncept

Vi kommer att skapa 2 system, ett enklare och ett avancerat system. Därför korar vi två vinnare, LV3 och LV1. Då implementationen är viktat högt i variant A så vinner LV1, då i detta system anser vi vara ett rimligt enklare system. Vid en senare tidpunkt när vi har ett enklare fungerande system försöker vi göra ett lite mer avancerat vilket då blir LV3.

### LV1

Kameralösningen är en väldigt smidig lösning då den är relativt enkel att skapa och den ger en noggrannhet som är tillräckligt bra. Lösningen använder bara en sensor vilket då är kameran. Kameran kommer att skicka video till en dator som sedan behandlar bilden och tar ut positionen. Positionen skickas sedan trådlöst till en mottagare på roboten som meddelar via SPI till robotens styrsystem var den befinner sig. Systemet är väldigt energisnålt när det gäller det som går på batteri, allt som behöver drivas är en ESP8266 samt några lysdioder. Det kommer att vara publik runt om banan som kanske inte vill hamna på video, vilket kan innebära ett integritetsproblem.

### LV3

Lösningens varianten med ultraljud fungerar genom att vi sätter upp två till tre ultraljudshögtalare inom ett bestämt område. Vi monterar sedan en eller flera mikrofoner på roboten och mäter sedan hur långt ifrån roboten är från vardera högtalare genom att mäta hur lång tid det tar innan ljudet från högtalarna når roboten.

Lösningen kräver som sagt två till tre ultraljudshögtalare med något stativ. Två till tre mikrofoner som ska monteras på roboten, samt två Arduino Due, en som samplar ljud monterad på roboten och en Due som skapar signalen som skickas ut genom högtalarna. Det som är kritiskt är att mikrofonerna måste monteras på en plats på roboten som inte skymms av armar och andra hinder på roboten. Det enda som behöver ström från roboten är alltså ett Arduino Due utvecklingskort.

I de båda lösningarna så är det endast SPI kommunikation som är utgången från vårt navigeringssystem. Det är alltså endast detta som resterande grupper behöver ta hänsyn till för att lösa överföringen av koordinater till deras styrsystem.

## 4.17 Diskussion och resultat

### LV1 -

LV1 vann på grund av att det är lättare att implementera än en ultraljuds lösning, detta syntes tydligt när viktningen på implementering ändrades. Detta är en prioritet för inför M2 att implementationen inte är för svår. Detta är den mest utmärkande egenskapen med denna lösningen och bidrog mest till att den vann.

### LV3 -

LV3 vann på grund av att det är noggrannare än en kamera lösning, teoretiskt sätt kommer ultraljuds lösningen att ha en centimeter noggrannhet. Detta systemet kommer vi att skapa som det avancerade systemet och skall vara klart mot slutet av projektet.

Vad var svårt, nytt och ovant?



Det svåraste med den tredje delen av den tekniska problemlösningen var nog valet av bra kriterier samt viktningen av dessa. Det är ju viktigt att här välja ut bra och relevanta krav som vi tycker att systemet ska uppfylla, för att i slutändan få det bästa alternativet av de många koncept vi tidigare har genererat.

Hur lika eller olika var bedömningen mellan gruppmedlemmarna?

Som grupp var vi på samma nivå med bedömningen, vi har tittat lite på de olika teknikerna som lösningsförslagen involverar sedan tidigare och har erfarenhet av några. Bedömningen har alltså gjorts utifrån detta, på lösningsförslagen som är osäkra har vi försökt göra en rimlig bedömning tillsammans som grupp för att alla skall vara överens.

Blev ni förvånade av att rangordningen blev som den blev?

När vi väl hade den slutgiltiga listan på 5 utvalda koncept, så kunde man relativt lätt tänka sig ungefär vilka placeringar som var och ett av dem skulle få. Detta eftersom att vi visste att SPI skulle vara mycket lättare att implementera än I2C och att radiovågor lösningen skulle bli väldigt dyr.

Hade ni några favorit lösningar och landade någon av dem på första plats?

Våra favorit lösningar var kameralösning, ultraljuds lösning samt en pratande robot. Kamera lösningen och ultraljuds lösningen hamnade på första plats och de är de vi kommer att använda. De var våra favoriter eftersom båda känns rimliga att göra, kamera lösningen bör vara ganska enkel samt att ultraljuds lösningen får väldigt bra noggrannhet.

Ändrade sig rangordningen under känslighetsanalysen?

Som tidigare nämnts så var det bildanalyslösningen och ultraljudslösningen som skiftade plats då vi ändrade på viktningen av våra kriterier. Detta passade oss dock endast bra eftersom vi var ute efter ett lite lättare system och ett som var mer avancerat, vilket representeras bra av de båda koncepten.

## 4.18 Testning

För att se till att systemet som har utvecklats verkligen fungerar måste det testas. Sättet att gå till väga för att testa systemet är att fastställa vilka krav som ställs på systemet för att sedan se till att dessa krav uppfylls. Kraven som detta positioneringssystem har beskrivs enligt:

ID	Systemkrav på högsta nivå
K1	Systemet skall kunna fastställa position för objekt i koordinatsystem.
K2	Fastställa ett koordinatsystem på bottenvåningen i Niagara där robotarna utför sin uppgift, som är minsta 5 x 4 m stort.
K3	Systemet skall kommunicera den uppmätta positionen via ett givet väldefinierat elektroniskt kommunikationsprotokoll

Systemkrav på högsta nivån är krav som säger vad systemet skall kunna göra. För detta positioneringssystem är många aspekter givna i förväg såsom var det skall användas och under vilka förhållanden, därför kan väldigt specifika krav skapas.

ID	Icke funktionella krav
K4	Systemet skall vara ofarligt
K5	Ultraljudssystemet får inte använda frekvenser som kan störa eller störas av kringliggande utrustning såsom avståndsmätare eller PWM-signal.
K6	Positionsdata presenteras enligt ett fördefinierat format.

Icke funktionella krav är krav som inte uppfyller någon funktion, alltså inte lägger till någon ny funktion. Dessa krav är mer prestanda krav som säger hur bra systemet skall klara andra krav.

ID	Funktionella systemkrav på de komponenter som ingår
K7	Modul och python program kan kommunicera med server
K8	Noggrannheten är högre än 30 cm / 10 cm, där noggrannheten innebär avståndet mellan faktiskt läge och det läge systemet anger.
K9	Uppdateringsfrekvensen är minst 1 Hz.
K10	Pixlars position kan mappas mot en fysisk position.
K11	Kommunikation mellan Due och ESP fungerar

Funktionella systemkrav på de komponenter som ingår säger —

ID	Andra krav på komponenter
K12	Utvecklingskortet på roboten har stöd för det valda kommunikationsprotokollet.
K13	OpenCV programmet kan hitta koordinaterna för en lysdiod i en bild

Andra krav på komponenter är krav som ställs på komponenter i systemet och inte systemet i helhet. Dessa kan tex vara hårdvarukrav.

ID	Krav på gränssnitt
K14	Kommunikationsprotokollet skall kunna överföra ett meddelande på 8 byte.
K15	Montering skall finnas för lysdioder samt mikrofoner på roboten med Line of Sight

Krav på gränssnitt —

Med alla dessa krav kan som sagt systemet testas och det görs genom olika testfall. Varje testfall skall då testa en eller mer del i systemet genom tydliga instruktioner. Det är viktigt att testfallen är skrivna på ett sätt så att resultatet inte är subjektivt. Oavsett vilken person som testar systemet så skall resultatet på testet bli samma. De testfall som har definierats för detta system kan ses i bilaga 9.17.

## 5 Resultat

Vi kommer att klargöra vilka teknologi/er vi har valt för vår lösning och varför som resultat av vår konceptstudie.

Beskrivning av hur, vårt nu fungerande positioneringssystem, fungerar.

## 6 Diskussion

- Vad gick bra, vad gick som vi hade tänkt oss?
- Hur fungerar vårt system jämfört med andra som finns och varför?
- Hade det gått att använda vårt system i större skala?

## 7 Slutsats

Vi gör här en kort summering av arbetet. Samt: Vilka slutsatser kan vi dra från resultatet och projektet i stort? Vad har vi lärt oss?

## 8 Litteraturförteckning

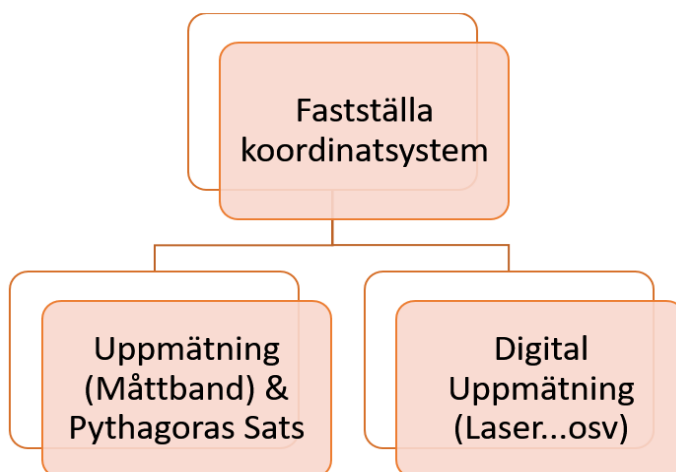
[1] Tom

## 9 Bilagor

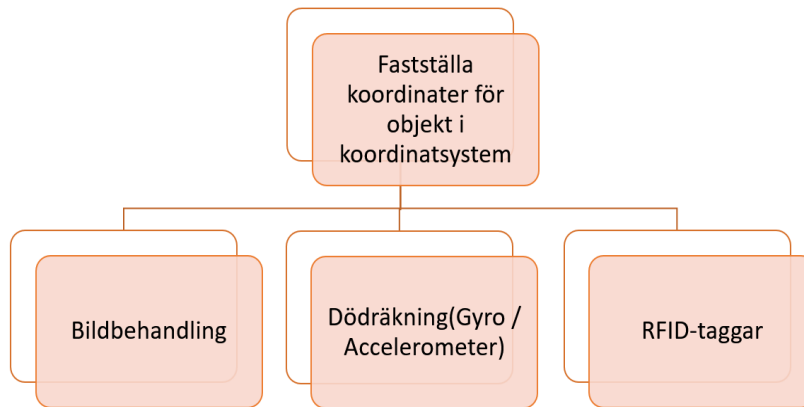
Vi kommer här att lägga bilder och ekvationer samt eventuella länkar som hindrar läsbarheten och bara tar plats i texten.

	Positionen ska fastställas med ett intervall	Hög noggrannhet	Ofarlig	Möjlig att integrera	Områden anges med riktlinjer av nått slag	Systemet fungerar i varierande ljusförhållande.	Inom skolans budget.	Systemet har ett överföringsprotokoll till roboten.
Positionen skall kunna fastställas i realtid.	x							
Noggrannhet skall vara tillräcklig för att armen skall kunna nå objektet.		x						
Systemet skall kunna användas i en offentlig miljö.			x					
Systemet skall fungera oberoende av hur roboten är designad.				x				
Systemet skall fungera i en begränsad plan yta.					x			
Systemet skall fungera oberoende av ljusförhållanden.						x		
Systemet skall ha ett rimligt pris.							x	
Systemet måste kunna kommunicera med roboten.								x

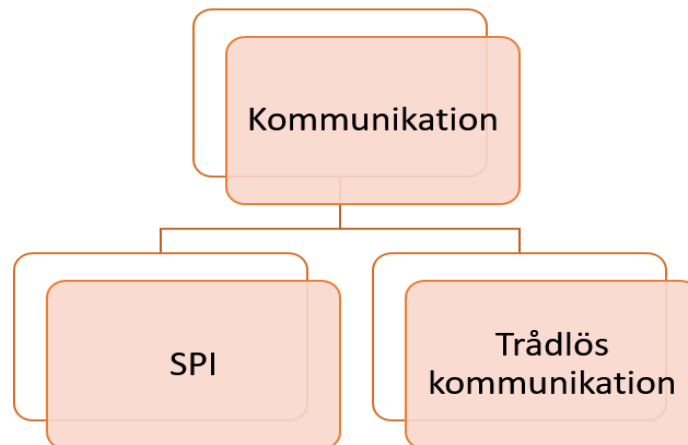
Figur 9.1: Behov-egenskapsmatris



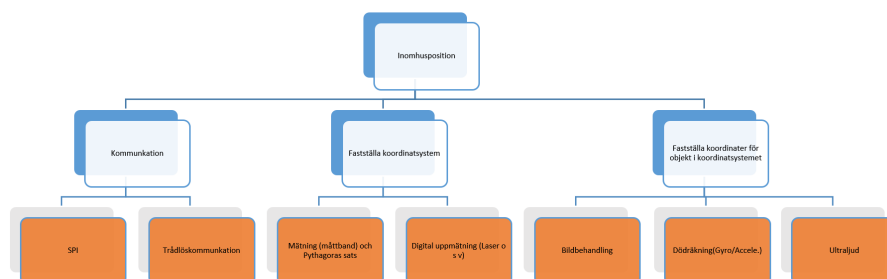
Figur 9.2: Delfunktion fastställa koordinatsystem med lösningsprinciper



Figur 9.3: Delfunktion fastställa koordinater med lösningsprinciper

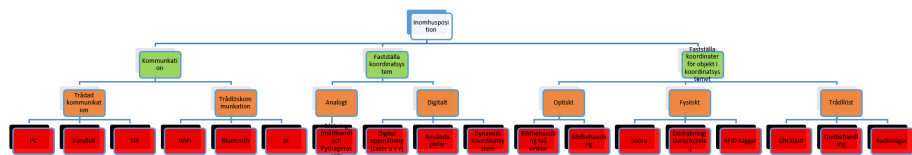


Figur 9.4: Delfunktion kommunikation med lösningsprinciper



Figur 9.5: Delfunktion kommunikation med lösningsprinciper





Figur 9.6: Nytt funktion/medel-träd

Underfunktion	Olika lösningar till underfunktion				
F1.1 Trådad kommunikation	I2C	Parallell	SPI		
F1.2 Trådlös Kommunikation	WiFi	Bluetooth	IR		
F2.1 Analogt	Mätning med måttband och pythagoras				
F2.2 Digitalt	Digital uppmätning(Laser..osv)	Använda Pixlar	Dynamiskt koordinatsystem		
F3.1 Optiskt	Bildbehandling	Bildbehandling från två olika vinklar			
F3.2 Fysiskt	Snöre	Dödräkning m accelerometer / Gyroskop	RFID-taggar		
F3.3 Trådlöst	Ultraljud	Ljudbehandling	Radiovågor		

Figur 9.7: Konceptkombinationstabell

Underfunktion	Olika lösningar till underfunktion				
F1.1 Trådad kommunikation	I2C	Parallell	SPI		
F1.2 Trådlös Kommunikation	WiFi				
F2.1 Analogt	Mätning med måttband och pythagoras				
F2.2 Digitalt	Digital uppmätning(Laser..osv)	Använda Pixlar			
F3.1 Optiskt	Bildbehandling	Bildbehandling från två olika vinklar			
F3.2 Fysiskt			RFID-taggar		
F3.3 Trådlöst	Ultraljud		Radiovågor		

Figur 9.8: Trimmad konceptkobinationstabell

Lösning	F1	F2	F3
L1	L1.1	L2.1	L3.1
L2	L1.1	L2.1	L3.2
L3	L1.1	L2.1	L3.3
L4	L1.1	L2.1	L3.4
L5	L1.1	L2.1	L3.5
L6	L1.1	L2.2	L3.1
:			
:			
L55	L1.4	L2.2	L3.5
L56	L1.4	L2.3	L3.1
L57	L1.4	L2.3	L3.2
L58	L1.4	L2.3	L3.3
L59	L1.4	L2.3	L3.4
L60	L1.4	L2.3	L3.5

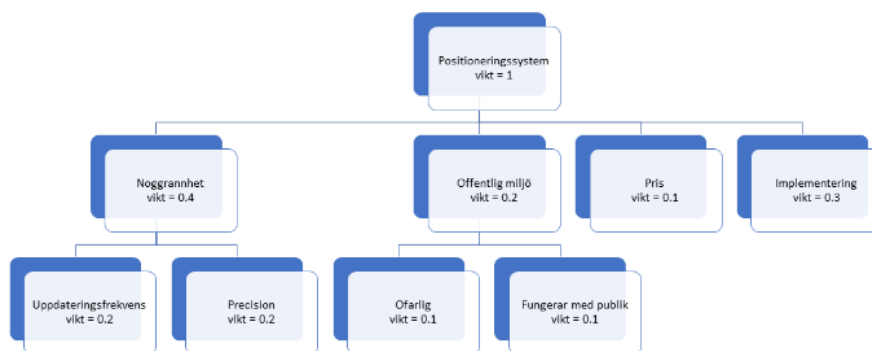
Figur 9.9: Möjlig lösningskombinationer

Lösning	F1	F2	F3	HP	K
L1	L1.1	L2.1	L3.1	+	+
L2	L1.1	L2.1	L3.2	+	+
L3	L1.1	L2.1	L3.3	-	-
L4	L1.1	L2.1	L3.4	+	+
L5	L1.1	L2.1	L3.5	+	+
L6	L1.1	L2.2	L3.1	+	-
:					
:					
L55	L1.4	L2.2	L3.5	-	-
L56	L1.4	L2.3	L3.1	+	+
L57	L1.4	L2.3	L3.2	+	+
L58	L1.4	L2.3	L3.3	-	-
L59	L1.4	L2.3	L3.4	+	+
L60	L1.4	L2.3	L3.5	+	+

Figur 9.10: Möjliga lösningskombinationer som uppfyller krav och huvudproblem

Lösningssvariant	Beskrivning av lösningssvariant
LV1	Bestäm koordinatsystem: Måttband & Pythagoras sats Bestäm koordinater för objekt i koordinatsystem: Bildbehandling Kommunikation: SPI
LV2	Bestäm koordinatsystem: Måttband & Pythagoras sats Bestäm koordinater för objekt i koordinatsystem: bildbehandling med två vinklar Kommunikation: SPI
LV3	Bestäm koordinatsystem: Måttband & Pythagoras sats Bestäm koordinater för objekt i koordinatsystem: Ultraljud Kommunikation: SPI
LV4	Bestäm koordinatsystem: Använda pixlar Bestäm koordinater för objekt i koordinatsystem: Bildbehandling Kommunikation: I2C
LV5	Bestäm koordinatsystem: Måttband & Pythagoras sats Bestäm koordinater för objekt i koordinatsystem: Radiovågor Kommunikation: I2C

Figur 9.11: De 5 mest lovande lösningssvarianterna



Figur 9.12: Kriterium med viktning

Kriterium	Skala	Beskrivning och förklaring
Precision	1 - 10	Den precisionen vi kan uppnå med hjälp av lösningssvarianten
Uppdateringsfrekvens	1 - 10	Positionen skall ges ofta nog att roboten kan reglera sin styrning
Ofarlig	1 - 10	Systemet skall inte vara skadligt för personer runt omkring
Fungerar med publik	1 - 10	Systemet fungerar även om det står personer vid banan som pratar eller dylikt.
Pris	1 - 10	Totala kostnaden för samtliga komponenter som lösningen kräver
Integration	1 - 10	Inomhuspositionering systemet skall inte vara för svårt att integrera med robotens styrsystem

Figur 9.13: Kriterium med bedömningsskala

Kriterie	LV1	LV2	LV3	LV4	LV5
Precision	7	7	9	5	8
Uppdateringsfrekvens	4	4	7	4	9
Ofarlig	10	10	8	10	10
Fungerar med publik	7	7	6	7	5
Pris	6	6	9	6	3
Implementering	8	4	5	6	2
Summa	42	38	44	38	37

Figur 9.14: Lösningssalternativ med bedömning

Kriterier	Vikt $\Sigma=1$	LV1		LV2		LV3		LV4		LV5	
Precision	0.2	7	1.4	7	1.4	9	1.8	5	1	8	1.6
Uppdateringsfrekvens	0.2	5	1	4	0.8	7	1.4	4	0.8	9	1.8
Ofarlig	0.1	10	1	10	1	8	0.8	10	1	10	1
Fungerar med publik	0.1	7	0.7	7	0.7	6	0.6	7	0.7	5	0.5
Pris	0.1	6	0.6	6	0.6	9	0.9	6	0.6	3	0.3
Implementering	0.3	8	2.4	4	1.2	5	1.5	6	1.8	2	0.6
Helhetsbetyg			7.1		5.7		7		5.9		5.8

Figur 9.15: Lösningssalternativ med bedömning samt viktning av de olika kriterierna

Rangordningslista	Variant A	Variant B	Variant C
1	LV1	LV3	LV3
2	LV3	LV5	LV1
3	LV4	LV1	LV2

Figur 9.16: Känslighetsanalys variation av viktningen

ID	Titel	Beskrivning	Hur	Förväntat resultat	Krav referens
TF1	Position för objekt	För att mäta noggrannheten system kan uppnå	1.Mät upp positionen med måttband och matematiskt beräkna position. 2.Låta systemet beräkna position vid en känd punkt och jämföra verkliga positionen och den uppmätta	Positionerna stämmer överens inom fördefinierad felmarginal	K1
TF2	Koordinatsystem	Kontrollera dimensioner med hjälp av måttband och pythagoras sats	1. Mät upp bredd, höjd. 2. Kontrollera dimensioner	Dimensioner stämmer överens med bestämd dimension (5x4?)	K2
TF3	Kommunikation, Arduino till Arduino	Se till att kommunikationen från mottagaren fungerar	Ansluta ett utvecklingskort till mottagaren på roboten. Skriv ut mottagna data i consolen.	Datan i consolen stämmer överens med skickad data	K3
TF4	Ofarligt system	Systemet får inte vara farligt	1. Använder systemet laser?	Nej	K4
TF5	Störningar	Systemet får inte störas av närliggande signalkällor	Undersök frekvenser på närliggande system / komponenter för att fastställa att de inte interfererar	Frekvenserna stämmer inte överens	K5
TF6	Positioneringsdata	Stämmer formatet på positionsdata överens med det fördefinierade formatet?	Ansluta ett utvecklingskort till mottagaren på roboten. Skriv ut mottagna data i consolen.	Datan representeras enligt fördefinierat format	K6
TF7	Kommunicera med Server	Modul med kommunikerar med server	1. Anslut modul till WiFi 2. Hämta data från server 3. Läs data	Modulen kan hämta data från servern	K7
TF8	Kommunicera med Server	Positioneringsprogram kommunikerar med server	Uppdatera hemsida med koordinater samtidigt som lysdioderna förflyttas	Koordinaterna uppdateras	K7
TF9	Noggrannhet	Noggrannheten är inom kravets gränser	1.Mät upp position med måttband 2.Jämför med beräknade positionen	Den beräknade positionen uppfyller kravet för noggrannheten.	K8
TF10	Uppdateringsfrekvens	Undersöka om uppdateringsfrekvensen är tillräckligt hög	1.Beräkna position 2.Starta timer 3.Beräkna position 4.Beräkna tiden det tog.	Uppdateringsfrekvensen är lika med eller högre än kravet.	K9
TF11	Pixel position på bild	Ta ut pixelpositionen för objekt i bild med hjälp av OpenCV	1. Lokalisera objekt med OpenCV 2. Skriv ut pixelposition med seriell monitor / cmd	Pixelposition presenteras i (x,y) format för objektet	K13
TF12	Lokalisera lysdiod	Låta programmet lokalisera var i bilden en lysdiod befinner sig	1. Starta OpenCV-koden 2. Rikta kamera mot strömsatt lysdiod	Open CV markerar lysdioden med en punkt och koordinater	K13
TF13	Mappa pixel mot fysisk position	Varje pixel skall motsvara en fysisk position i rummet	1. Starta mattemodul 2. Mata in pixlar 3. Kontrollera resultat matematiskt	Resultatet från mattemodulen stämmer överens med det manuellt beräknade resultatet	K10
TF14	Due-ESP kom.	ESP ska kunna skicka data till Due-kortet	Koppla in förprogrammerad ESP och arduino Due enligt kopplingschema. Skriv ut mottagna data till konsolen på duen	Korrekt data skrivs ut i terminalen	K11
TF15	Stöd för kom.	Utvecklingskortet har stöd för kommunikationsprotokollet	Undersök vad kommunikationsprotokollet kräver för pinnar och om utvecklingskortet har dessa	Utvecklingskortet har alla pins som behövs	K12
TF16	Överföringsprestanda	Överföringsprotokollet klarar av att skicka den data som behövs skickas inom sin tidsram	Skicka datan till annat utvecklingskort och se om all data kom fram	All data kommer fram	K14
TF17	Montering	Montering skall finnas för lysdioder / mikrofoner med LoS	Finns monteringsmöjligheter för lysdioder / mikrofoner med LoS?	Ja	K15

Figur 9.17: Testfall