

CHALMERS



Design av kamerabaserade sensorer till LED-belysningsystem för odlingsmiljöer

Kandidatarbete i Teknisk Design

**JONATHAN LINDBLOM, NILS PHILIPSON, ANNA STRANDBERG,
LOUISA SWENNE OCH JESPER ÅBERG**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2015

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
Avdelningen för Design & Human Factors

Design av kamerabaserade sensorer till LED-belysningsystem för odlingsmiljöer

Kandidatarbete i Teknisk Design

**JONATHAN LINDBLOM, NILS PHILIPSON, ANNA STRANDBERG,
LOUISA SWENNE OCH JESPER ÅBERG**

HANDLEDARE: JOHAN HEINERUD

EXAMINATOR: ÖRJAN SÖDERBERG

Kandidatarbete PPUX03

Design av kamerabaserade sensorer till LED-belysningsystem för odlingsmiljöer

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Teknisk Design

© Jonathan Lindblom, Nils Philipson, Anna Strandberg,
Louisa Swenne och Jesper Åberg

Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsfoto: Nils Philipson
Tryck: Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

Förord

Denna rapport är resultatet av ett kandidatarbete som utfördes under vårterminen 2015 vid Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling på Chalmers Tekniska Högskola. Projektet omfattade 15 högskolepoäng och ingick i kursen Kandidatarbete PPUX03. Kandidatarbetet genomfördes som ett samarbete mellan Chalmers Tekniska Högskola och företaget *Heliospectra AB*. Projektgruppen bestod av fyra studenter från programmet Teknisk Design och en student från programmet Automation och Mekatronik.

Många har på ett värdefullt sätt bidragit till detta projekt.

Första av allt vill vi tacka vår uppdragsgivare *Heliospectra* och därmed företagets VD Staffan Hillberg, produktansvarige Anthony Gilley, forsknings- och utvecklingsansvarige Daniel Bänkestad samt säljansvarige Jimmy Gustafsson för ert engagemang i projektet.

Stort tack till alla odlare som vi fått möjlighet att besöka och ringa, som öppet och osjälviskt har bidragit med kunskap, erfarenhet och fina plantor som vi med oss hem ifrån studiebesöken.

Vi skulle även vilja tacka Lantmännens Riksförbund, experter på Chalmers, vår examinator Örjan Söderberg, industrimentor Alexandra Rånge och mentorsgrupp från *Industrial Design Engineering*, årskurs 1. Tack för kontakter och råd.

Stort tack till våra klasskamrater som bidragit med konstruktiv kritik och idéer kring våra koncept.

Till sist vill vi tacka vår handledare Johan Heinerud för stöd och vägledning genom hela projektet.

Göteborg, 2015-05-29

Jonathan Lindblom, Nils Philipson, Anna Strandberg,
Louisa Swenne och Jesper Åberg

Sammanfattning

På uppdrag av företaget *Heliospectra AB* undersöktes i detta projekt hur dagens odlingsprocess kan underlättas och effektiviseras med hjälp av en kamerabaserad sensor. Som grund för projektet låg *Heliospectras* vision att utveckla ett självreglerande biofeedbacksystem för odlingsanläggningar. De marknadssegment som är relevanta för företaget är kommersiell växthusodling, medicinsk odling och odling i forskningssyfte.

Arbetet inleddes med en omfattande brukarstudie där flertalet studiebesök, intervjuer och enkäter genomfördes. Viktiga behov och krav identifieras vilket resulterade i en kravspecifikation. Analys av den insamlade datan resulterade även i en bred problembild. Där framkom vikten av att undersöka växterna ofta för att upptäcka avvikelser tidigt samt att kunna överblicka odlingsanläggningen.

Utifrån kravspecifikationen och identifierade problemområden skapades tre funktionskoncept. De tre koncepten fokuserade på olika problem men syftade alla till att underlätta och effektivisera odlingsmiljön. Funktionskoncepten var växtundersökning, växthusövervakning och växtdokumentering.

Den breda problembilden samt behovet av alla de tre olika funktionskoncepten visade på möjligheten till en helhetslösning. Tillsammans med uppdragsgivaren bestämdes därför att utveckla en helhetslösning som innefattade delar av alla tre funktionskoncept. Slutprodukten blev den konceptuella helhetslösningen *Heliosystem*. Utöver denna helhetslösning skapades ett konceptuellt förslag till *Heliosystems* gränssnitt. Förslag på utformning av kamerahus och bildanalysalgoritm till en växtövervakningskamera arbetades även fram och gavs namnet *Helioview*.

Heliosystem är en mjukvara som i samspel med odlaren underlättar och effektiviserar odlingsprocessen. Tanken är att *Heliosystem* ska vara ett modulsystem där olika typer av hårdvara kan kopplas in, exempelvis odlingsbelysning eller kameran sensorer. *Heliosystem* samlar data från de olika modulerna och presenterar relevant information till odlaren. Det finns även möjlighet för odlaren att reglera de olika modulerna via *Heliosystems* gränssnitt. Växtövervakningskameran *Helioview* som har utvecklats kan användas som en modul i *Heliosystem*. En kamera fäst vid varje odlingslampa och syftar till att larma odlaren vid avvikelser på plantor. Alarmet genereras av en mjukvara med bildanalysalgoritmer som analyserar bilder på plantorna tagna av kamerorna.

Abstract

This project was assigned by the company Heliospectra AB to examine how today's cultivation process can be made easier and more efficient with the aid of a camera based sensor. The basis for the project was Heliospectra's vision to develop a self regulating biofeedback system for cultivation facilities. The relevant market segments for the company is commercial cultivation, medical cultivation, and cultivation for research purposes.

The project was initiated with an extensive user study where several field trips, interviews, and surveys were conducted. Important needs and requirements were identified and resulted in a specification of requirements. An analysis of the collected data resulted in a wide range of issues. The importance of examining the plants frequently to detect deviations early and to be able to survey the cultivation were some of the highlighted aspects.

Three functional concepts were formed based on the requirement specifications and the identified areas of issues. The three concepts were focusing on solving different issues, but all aimed at facilitating and optimizing the cultivation environment. The focus of the three concepts were plant examination, cultivation surveillance and plant documentation.

The wide range of issues together with the need for all of the three functional concepts exposed a possibility for a comprehensive solution. In cooperation with Heliospectra, it was therefore decided to develop a comprehensive solution which includes parts from all three functional concepts. The final product turned out as the conceptual comprehensive solution Heliosystem. In addition to this comprehensive solution, a conceptual suggestion for an interface to Heliosystem were also created. Suggestions for a camera house configuration and an image analysis algorithm for a plant surveillance camera was created and named Helioview.

Heliosystem is a software that in interaction with the cultivator enhances efficiency and optimizes the cultivation process. The idea is that Heliosystem will be a modular system where different types of hardware can be connected, for example cultivation lighting or camera sensors. Heliosystem collects data from the various modules and presents relevant information to the cultivator. It is also possible for the cultivator to control the various modules via the Heliosystem interface. The plant surveillance camera Helioview that have been developed can be used as a module in Heliosystem. The cameras are attached to the cultivation lightning and is intended to alert the cultivator if there are any deviations on the plants. The alert is generated by the image analysis algorithms that analyzes images captured by the cameras.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Mål	2
1.4	Frågeställningar	2
1.5	Avgränsningar	2
2	Planering	3
2.1	Metod	3
2.2	Genomförande	3
2.3	Resultat	3
3	Förstudie	5
3.1	Metod	5
3.2	Genomförande	5
3.3	Resultat	6
4	Brukarstudie	10
4.1	Metod	10
4.2	Genomförande	11
4.3	Resultat	13
5	Kravsättning	34
5.1	Metod	34
5.2	Genomförande	34
5.3	Resultat	35
6	Idégenerering och konceptutveckling	38
6.1	Metod	38
6.2	Genomförande	39
6.3	Resultat	40
7	Konceptutvärdering	53
7.1	Genomförande	53
7.2	Resultat	53
8	Detaljerad utveckling av koncept	56
8.1	Detaljerad utveckling av system	56
8.2	Detaljerad utveckling av kamerahus	65
8.3	Detaljerad utveckling av algoritm	76

9 Slutprodukt	81
9.1 Helhetskoncept	81
9.2 Heliosystem	82
9.3 Kamerahus till Helioview	83
9.4 Bildalgoritm	85
10 Diskussion	86
10.1 Resultat	86
10.2 Projektprocess	89
10.3 Metod och genomförande	89
10.4 Framtida utvecklingsmöjligheter	91
11 Slutsats	93
12 Referenser	94
12.1 Textreferenser	94
12.1Bildreferenser	96
13 Bilagor	98

Ordlista

Avvikelse	Något som avviker från det normala: en skada, en sjukdom eller ett skadedjursangrepp på en planta.
<i>Backtracking</i>	“Backa”, används för att beskriva möjligheten att se tillbaka på ett tidigare tillstånd på en odling.
<i>Biofeedback</i>	Då växterna själva kontrollerar sin odlingsmiljö med hjälp av de signaler som de ger ifrån sig.
Funktionskoncept	Ett koncept med en samling funktioner som är utformat att lösa ett visst problem. Används då olika koncept löser olika funktioner.
Odlare	Den eller de huvudansvariga för växtproduktionen på en odlingsanläggning, i vissa fall är detta samma person som ägaren av anläggningen.
Odlingsanläggning	Växthus innehållande alla växter samt nödvändig utrustning.
<i>Offsite</i>	Betyder ordagrant “på annan plats”, används för att beskriva möjligheten att undersöka växthuset när man inte är på plats.
Okulär besiktning	Då något undersöks visuellt och dess status bedöms. I denna rapport används det framför allt med avseende på växtundersökning.
Personal	De individer som arbetar i växthuset men inte har huvudansvar för produktionen.
Referensplanta	En eller flera plantor som undersöks i syfte att få erhålla genomsnittlig status på samtliga plantor på odlingsanläggningen.
Stress	Ett tillstånd som en planta kan befinna sig i vid för mycket eller för lite ljus, näring eller vatten.
Suboptimering	Att finna den bästa lösningen för en del av ett system, som möjligtvis inte är den bästa lösningen för hela systemet.
System	Avser här alla ingående delar och processer på odlingsanläggningen.
Systemkoncept	Den helhetslösning som är projektets slutprodukt, även kallat <i>Heliosystem</i> .
<i>Timelapse</i>	Då stillbilder tas i intervall för att skapa en serie av bilder. Om intervallet är litet kan serien likna en video.
<i>Top-light</i> belysning	Då odlingsbelysningen är placerad ovanför odlingsbädden.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Varje år slängs stora mängder växthusproducerade grödor på grund av svinn. Övervakning sker därför ständigt av ansvarig odlare för att försöka begränsa svinnet samt öka produktionen. Växterna måste odlas snabbt och effektivt i en optimal odlingsmiljö. Detta för att möta efterfrågan, spara resurser och få så hög avkastning som möjligt. Med jordens ökande befolkning kommer även efterfrågan på livsmedel att öka kraftigt. På växtodlingar är det därför viktigt att hålla en hög och kontrollerad produktion året runt. Detta kräver en mer optimal och kontrollerad odlingsmiljö än det konventionella jordbruket.

Att efterfrågan på livsmedel ökar har gjort att många företag insett värdet av att forska på framtidens biotekniska möjligheter. Forskningen kretsar kring att skapa en så optimal odlingsmiljö som möjligt sett till plantornas tillgång på ljus, näring och vatten. Ett av företagen som har gett sig in i branschen är det svenska företaget *Heliospectra*. De producerar idag LED-belysning (Ljus Emitterande Diod) och utvecklar ett patentskyddat biofeedbacksystem för odlingsanläggningar i forskningssyfte, kommersiell växthusodling samt medicinsk odling. Systemet innehåller en programvara samt styrbara lampor som gör det möjligt att anpassa ljuset efter plantornas behov. Systemet möjliggör för odlarna att styra produktionen efter efterfrågan och har uppvisat en rad fördelar som bidrar till höjd produktionsstakt, högre kvalitet och längre livslängd för plantorna.

En viktig aspekt för att optimera odlingsmiljön är att kontrollera plantornas tillgång på ljus. Ljuset stimulerar plantornas fotosyntes och tillväxt, vilka är näst intill proportionella mot ljusintensiteten. För många plantor sker maximal tillväxt vid starkt ljus under ett begränsat antal timmar av dygnet. Andra plantor har behov av ljus dygnet runt. På nordligare breddgrader krävs kompletterande odlingsbelysning för att kompensera för bristen på solljus under det mörka vinterhalvåret. Detta för att kunna anpassa antalet ljusstimmar, kompensera för skuggbildning och för få en jämn och tillräcklig ljusspridning i odlingsmiljön. Den vanligaste odlingsbelysningen som används idag är högtrycksnatriumlampor (HPS-lampor). Dessa lampor har en verkningsgrad på ungefär 30%, utvecklar mycket värme samt kräver mycket energi. Kostnaden för att driva alla lampor utgör därför en stor del av odlarnas totala utgifter.

Heliospectra strävar efter att i framtiden skapa mer omfattande smarta system där växterna själva kontrollerar sin odlingsmiljö med de signaler som växterna själva ger ifrån sig. Det kan uppnås genom att använda sig av olika typer av sensorer som med hjälp av algoritmer analyserar plantornas status och kommunicerar detta direkt till lamporna. En intressant teknik som skulle kunna användas till detta är kamerabaserade sensorer. Den låga kostnaden för kamerabaserade sensorer är den främsta anledningen till att möjligheterna med den här typen av teknik är intressant att utforska. Dessutom finns möjligheten att hitta avvikelser på växterna som odlaren inte själv kan se.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att identifiera och undersöka möjligheter till att underlätta och effektivisera odlingsmiljön för växterna samt verksamheten för odlarna. Vidare ska möjlighet skapas för *Heliospectra* att utveckla produkter som är attraktiva för företagets potentiella kundsegment.

1.3 Mål

Målet för projektet är att identifiera problemområden och behov inom de tre marknadssegmenten kommersiell växthusodling, medicinsk odling och odling i forskningssyfte. Projektet avser även att kartlägga viktiga krav som ställs på produkter i odlingsmiljöer samt möjliga applikationsområden för kamerabaserade sensorer. Utifrån dessa förutsättningar ska en produkt som angriper identifierade problem-områden och möter upp identifierade behov utvecklas.

Projektet ska resultera i ett konceptuellt förslag på en produkt som bidrar till att underlätta och effektivisera odlingsmiljön för växterna samt verksamheten för odlarna. För att understryka värdet av denna produkt ämnar även projektet att resultera i ett utkast på en strategi för marknadsföring av produkten.

1.4 Frågeställningar

- Hur kan verksamheten för odlare optimeras för att ge en så effektiv och kontrollerad produktion som möjligt?
- Vilka behov och krav har odlare i sin verksamhet?
- På vilka olika sätt skulle kamerabaserade sensorer kunna användas för att underlätta och effektivisera verksamheten?
- Hur skulle en kamerabaserad sensor kunna implementeras i *Heliospectras* produktportfölj?

1.5 Avgränsningar

Projektet avser inte...

- att utveckla ny teknik för att skapa en kamerabaserad sensor. Projektet avser istället att undersöka vilka möjligheter som finns med redan existerande teknik.
- att ta hänsyn till odlingsmiljöer som inte bedöms tillhöra *Heliospectras* potentiella marknadssegment. De kundsegment som projektet kommer ta hänsyn till är växtodling i forskningssyfte, kommersiell växthusodling samt odling av medicinska växter.
- att utföra studiebesök utanför Sveriges gränser. Studiebesök som önskas genomföras utanför Sveriges gränser ersätts därför med telefonintervjuer och mail.
- att utveckla en produkt som ligger utanför *Heliospectras* vision eller produktportfölj med tidigare utvecklade produkter.

2 Planering

Inledningsvis gjordes en första planering av genomförandet av projektet. Planeringsarbete är en iterativ process som sker parallellt med ett projektets alla faser. Tidigt i ett projekt är planeringen på en mer övergripande nivå då projektets slutliga inriktning ännu inte är definierad. Allteftersom projektet fortlöper blir planeringen mer och mer detaljerad.

2.1 Metod

2.1.1 Gantt-schema

Ett Gantt-schema är ett sätt att visualisera tidsplanering av de olika faserna i ett projekt. Detta med hjälp av ett horisontellt stolpdiagram där projektets olika faser är listade på y-axeln och de veckor som finns till förfogande är listade på x-axeln. Längden på stolparna varierar och representerar den tid som är avsatt för varje projektfas.

2.1.2 Flödesschema

Ett flödesschema är ett visuellt hjälpmedel för att beskriva en process. Schemat består av enkla geometriska figurer som med pilar illustrerar önskad process.

2.2 Genomförande

2.2.1 Projektstart

För att få grundläggande information om *Heliospectra* och uppdraget hölls ett inledande möte. På mötet närvarande företagets VD, produktutvecklingsansvarig samt teknikansvarig. På mötet definierades projektets ramar och en möjlig nivå på slutprodukt.

2.2.2 Projektprocess

I samråd med *Heliospectra* definierades projektets olika faser och dess tidsomfång. En tidsplanering i form av ett gantt-schema skapades utifrån kursbeskrivningen. Ett flödesschema gjordes även för att visualisera projektets process.

2.2.3 Projektplan

En projektplan skapades för att projektgrupp och uppdragsgivare skulle få en gemensam bild av projektet och dess genomförande. I projektplanen beskrevs bakgrund till uppdraget, projektprocessen, problembild samt möjliga avgränsningar, syfte och mål med projektet.

2.3 Resultat

2.3.1 Uppdraget

Uppdraget från *Heliospectra* var att använda existerande kamerateknik med låg tillverkningskostnad för att skapa en produkt som underlättar och effektiviserar odlingsprocessen. Produkten ska bygga på brukarstudier gjorda hos potentiella

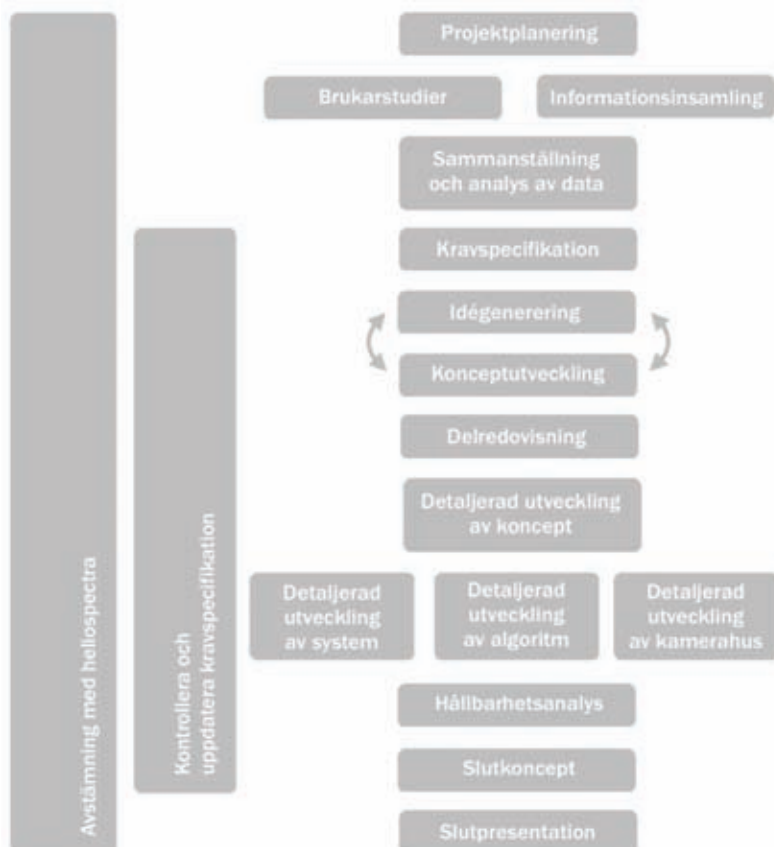
kunder. Ambitionen är att produkten ska integreras alternativt finnas som tillbehör till *Heliospectras* existerande produkter. Om möjligt bör existerande algoritmer som kan användas till kamerasensorer undersökas för att kartlägga vad som existerar och vad som behöver utvecklas.

2.3.2 Projektprocess

Det gantt-schema som beskriver tidsplaneringen av projektet går att ta del av i bilaga 1. Nedan visas det flödesschema som beskriver projektets process (figur 2.1). Schemat är beskrivet i kronologisk ordning, med *projektplanering* som start och *slutpresentation* som slut. Delarna *Avstämning med heliospectra* och *Kontrollera och uppdatera kravspecifikation* planerades att ske kontinuerligt under hela projektets gång.

Tidsåtgången för de olika faserna är ungefär jämt fördelade förutom att de inledande faserna *Brukarstudier* och *Informationsinsamling* ges något mer tid. Den tiden ansågs krävas för att kunna kartlägga problembilden då projektet och frågeställningarna som ställdes var öppna och behövde definieras.

De olika faserna beskrivs i rapporten. Förutom fasen *Projektplanering*, som innefattar projektstart och skapandet av en projektplan, vilken beskrivs i detta och föregående kapitel. Pilarna mellan *Idégenerering* och *Konceptutveckling* representerar den iterativa process som produktutveckling innebär.



Figur 2.1. Flödesschema

3 Förstudie

Följande kapitel beskriver de litteraturstudier samt den nulägesanalys som genomförts under projektet. Syftet med studierna samt analysen var att skapa en övergripande bild av ämnesområdet och den marknad för odlingsbelysning samt kamerasesorer som finns idag.

3.1 Metod

3.1.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie syftar till att söka, ta del av samt analysera publicerat litterärt material. Material hämtas från bland annat forskning, webbsidor och uppslagsverk som behandlar önskat ämnesområde. En litteraturstudie utförs för att se vilken tidigare forskning som bedrivits på området samt för att understödja de val som görs under ett utvecklingsprojekt (Bligård, 2011).

3.1.2 Nulägesanalys

En nulägesanalys syftar till att skapa en övergripande bild som utgångspunkt för ett utvecklingsprojekt. Det görs genom att analysera ett företags styrkor och svagheter, samt identifiera vilka möjligheter och hot som finns mot verksamheten. De aspekter som kan beaktas är exempelvis affärsidé, konkurrenter och marknadssegment samt företagets produkters prestanda och prissättning (Kotler, 2000).

3.2 Genomförande

En nulägesanalys påbörjades på det inledande mötet med *Heliospectra*. På mötet presenterade företaget affärsidé, företagets produkter samt vilka marknader och marknadssegment som *Heliospectra* verkar mot. Företagets representanter presenterade även kort bakgrund till uppdraget. Möjliga tekniker och användningsområden lyftes. Detta för att skapa en grundläggande förståelse för motivet till projektet.

Litteraturstudier gjordes för att skapa en mer omfattande förståelse för projektets utgångspunkt och möjligheter. Rapporten Utveckling av LED-baserad odlingsbelysning för kommersiella växthus (Fall, 2013) skriven av en tidigare kandidatgrupp för *Heliospectra* på Chalmers studerades för att se vilka studier som gjorts på området. Litteratur som behandlar växters behov och vilka signaler de sänder ut studerades för att få grundläggande kunskaper på området. Utöver detta studerades även vilka olika kameratekniker som används i odlingsmiljöer idag för att få en fingervisning om vilka lösningar som skulle kunna tillämpas. Styrkor och svagheter hos konkurrerande tekniker analyserades för att underlätta val av inriktning på arbetet.

3.3 Resultat

3.3.1 Företaget

Affärsidé

Heliospectra är ett företag som idag tillverkar och säljer växtbelysning till odlingsanläggningar. Företagets affärsidé kretsar kring att utifrån växternas behov kunna optimera de odlingsförhållanden som plantorna behöver för önskad tillväxt. I sina odlingslampor har *Heliospectra* specialiserat sig på att använda LED-lampor istället för konventionella HPS-lampor. Fördelarna med att använda LED-teknik är främst en lägre energiförbrukning samt bättre kontroll över ljusets våglängd och intensitet. Detta bidrar i sin tur till bättre kvalitet och tillväxt hos de odlade växterna (Samoulié, 2012).

För att skapa bättre kontroll över odlingsförhållandena utifrån växternas behov kretsar mycket av *Heliospectras* utvecklingsarbete kring att hitta nya tekniker för att uppfatta växters signaler. Företagets uttalade vision lyder: "*Heliospectra's vision is to create a complete lighting system including biofeedback where the plants are in essence controlling the light system*" (Heliospectra 2014a). Förhoppningen är att i framtiden till stor del kunna styra odlingsförhållandena automatiskt utifrån de signaler som plantorna skickar. Som en del i utvecklingen mot ett självstyrande ljussystem har företaget utvecklat och patenterat ett biofeedbacksystem. Patentet beskriver ett system där LED-belysning och ljussensorer kan kommunicera med varandra. Det gör att belysningen kan styras utifrån den information sensorerna samlar in (Heliospectra, 2014b).

Befintliga produkter

Vid utveckling av nya kamerabaserade sensorer måste kompatibilitet med *Heliospectras* befintliga produkter tas i beaktning. *Heliospectras* produktsortiment består i dagsläget uteslutande av odlingslampor i kategorin *top-light* som monteras ovanför plantbädden. Heliospectra erbjuder lampor i tre olika produktserier:

- *LAA-serien* består av en armatur som är *Heliospectras* första modell och som främst utvecklats för odling i forskningssyfte (figur 3.2). Den har ett brett spektrum för att ge plantorna ljus i flera olika våglängder anpassat efter plantans olika växtfaser. Lampan har en effekt på 600 W och har ett marknadspris på cirka 37 000 SEK exklusive moms.
- *LX-serien* består av två armaturer främst utvecklade för kommersiell växthusodling (figur 3.1). Lamporna heter LX601 och LX602 och det som skiljer dem åt är att de är anpassade för att monteras på olika höjd över plantbädden: 0.5 m för LX601 respektive 2 m för LX602. Båda modellerna är utrustade med tre olika sorters dioder. Lamporna har en effekt på 600 W och marknadspriset ligger på cirka 17 000 SEK exklusive moms.
- *RX-serien* består av en armatur som har samma chassi som LX-serien (figur 3.1). Lampan är utvecklad utifrån LAA och är främst anpassad för odling i forskningssyfte. Den har lägre effekt än övriga lampor och fokus ligger istället på att

kunna ge växterna rätt ljusbild. Lampan har en effekt på 300 W och ett marknadspris på cirka 24 000 SEK exklusive moms.



Figur 3.1. LX- och RX-serien



Figur 3.2. L4A-serien

Utöver de fysiska armaturerna får alla köpare av *Heliospectras* armaturer även tillgång till *System Assistant*. Det är ett datorprogram som används för att kunna styra lamporna mer precist. Programmet används via *wifi*-uppkoppling då armaturerna är uppkopplade till en delningspunkt för odlarens nätverk via nätverkskabel. I programmet kan odlare lokalisera sina lampor samt ställa in schemalagd belysning med den ljusbild som är önskad sett till våglängd och intensitet.

Marknad

Heliospectra verkar idag både inom Sverige samt på en internationell marknad. De marknader som är prioriterade är Skandinavien och Nordamerika. Då bolaget befinner sig i ett tidigt stadi, prioriteras dessa marknader för att skapa en stabil grund att stå på innan vidare expansion kan ske. Andra marknader med hög potential är Nord- och Mellaneuropa, Sydkorea samt Kina. Konkurrenssituationen på dessa marknader är dock hård och stora resurser skulle därför krävas för att etablera sig.

För att skapa en tydligare profil har bolaget valt att huvudsakligen inrikta sig mot tre marknadssegment: kommersiell växthusodling, odling i forskningssyfte samt medicinsk odling. Kommersiell växthusodling syftar till anläggningar där verksamheten bedrivs i växthus där produktion görs av grödor för kommersiell försäljning såsom grönsaker, örter och krukväxter. Forskningssegmentet består av anläggningar där plantorna kultiveras ur ett forskningsperspektiv, exempelvis i agrotech-företag eller på universitet. Medicinsk odling syftar till odlingsanläggningar som producerar medicinska växter som exempelvis cannabisodlingar i Nordamerika.

3.3.2 Befintliga tekniker

Marknaden för produktlösningar baserade på kameran sensorer är än så länge relativt outvecklad, men intresset för kameran sensorer växer snabbt. Det främsta användningsområdet för kameran sensorer är idag som hjälpmedel vid sortering och gallring av

växter. Kerasensorerna gör att processen kan automatiseras och därmed sänka lönekostnaderna (Pekkeriet, 2009). Allt eftersom priserna för kerasensorer sjunker och kamerateknikerna blir alltmer avancerade så växer nya användnings-områden fram. Efter studier av befintliga och framväxande tekniker identifierades ett antal olika användningsområden som presenteras nedan.

3D-modellering

Kameratekniker som använder 3D-modellering av plantor har flera potentiella användningsområden. Genom att mäta höjden på plantbädden kan det vara möjligt att mäta tillväxten hos plantorna över tid (Pekkeriet, 2009). På så sätt skulle optimeringen av odlingsförhållandena kunna underlättas för odlaren. En annan möjlighet med 3D-modellering skulle kunna vara att skapa en modell av plantan och/eller dess frukter för att bedöma mognadsgrad.

Beroende på i vilket syfte 3D-modelleringen är tänkt att implementeras är olika kameratekniker att föredra. I dagsläget finns det i huvudsak tre olika tekniker med potential att kunna användas inom växtodling (Pekkeriet, 2009):

- *Stereo vision* är en teknik som använder sig av två kameror som är placerade en liten bit ifrån varandra i samma plan. När kamerorna tar bilder analyseras skillnaden mellan dessa, och beroende på hur stor denna är kan information om djupet hos olika objekt i bilden bestämmas.
- *Lasertriangulering* är en teknik som använder sig av en kombination av en kamera och en laserlampa. Laserlampan skickar ut en stråle eller ett rutnät mot växterna varpå kameran, som är monterad i en vinkel mot lasern, tar bilder av kurvorna som skapas i laserljuset. Genom att analysera dessa bilder kan en höjdprofil av plantbädden skapas. Önskas en komplett 3D-modell kan flera kameravinklar användas.
- *Time of Flight*-kameror använder sig av ljussignaler och mäter tiden det tar för dessa att reflekteras mot objekten i bilden. På detta sätt kan höjdprofilen läsas av och 3D-modeller skapas enligt samma princip som för lasertriangulering.

Multispektrala bilder

Många av de signaler som växter sänder ut kan idag inte ses med ögat. Om en plantas fotosyntes inte fungerar som den ska sänder inte klorofyllet ifrån sig lika mycket fluorescens som det bör (Pekkeriet, 2009). Fluorescens består av ljus med en våglängd som inte ögat kan uppfatta, varpå det är svårt för odlaren att tidigt upptäcka fel. Många andra signaler plantan sänder ifrån sig såsom sockerinnehåll och proteinnivåer är också besvärliga att bestämma genom endast okulär besiktning.

Genom att använda sig av multispektralkameror är det möjligt att fånga upp ljus från dessa signaler (Pekkeriet, 2009). Kamerorna tar upp ljus från ett större ljusspektrum än det mänskliga ögat eller vanliga RGB-kameror. Genom att samla in denna information skulle det exempelvis kunna möjliggöra för odlaren att tidigare upptäcka stressade plantor.

3.3.3 Konkurrenter

Det finns ett fåtal företag som utvecklat olika typer av kameraprodukter för odlingsmiljöer. Gemensamt för merparten av dessa produkter är att de är tänkta att användas på odlingsanläggningar av större storlek. Produkterna kräver ofta stort utrymme för att kunna fungera som tänkt. De kmerasensorer som används är relativt avancerade och lösningarna baseras därför på mobila enheter som rör sig runt på odlingen istället för stationära kameror. Exempel på konkurrenter följer nedan:

- *Phenospex* är baserat i Nederländerna och har utvecklat produkten *PlantEye* (Phenospex B.V., 2015). Lösning går ut på att använda sig av lasertriangulering med en kamera och en laserscanner som rör sig ovanför strax över plantbädden. En höjdprofil skapas och sparas i en databas via *wifi*. Odlaren kan på så sätt få statistik över plantornas tillväxt över tid.
- *SkySquirell* bygger på att multispektralkameror är monterade på en drönare som flyger över odlingen och fångar information från flera ljusspektrum (SkySquirrel, 2015). Tekniken är fördelaktig att använda på större anläggningar såsom jordbruk och vinodlingar då information kan samlas in från stora områden på kort tid.
- *Jentjens* tillverkar robotar som automatiserar skördning av exempelvis rosor (Pekkeriet, 2009). Detta genom att använda sig av *stereo vision*-kameror kan roboten lokalisera vid vilken längd som rosens stjälk ska kapas vid.

4 Brukarstudie

Följande kapitel presenterar de brukarstudier som genomförts på ett antal odlingsanläggningar inom *Heliospectras* marknadssegment. Syftet är att skapa en bild av verksamheten och odlarnas vardag samt identifiera problemområden och krav. Studiens bredd ämnar även att ge *Heliospectra* en heltäckande bild som kan användas som underlag för framtida utveckling av produkter.

4.1 Metod

4.1.1 Datainsamling

Datainsamling sker huvudsakligen med hjälp av två metoder, frågebaserade och observationsbaserade. De två metoderna kan genomföras strukturerat alternativt ostrukturerat. Strukturerat innebär att man genomför datainsamlingen på ett i förväg bestämt tillvägagångssätt med bestämda riktlinjer. Ostrukturerad datainsamling har i motsats till strukturerad datainsamling en större frihetsgrad som gör det möjligt att anpassa datainsamlingen efter situationen.

Frågebaserade datainsamlingsmetoder

Frågebaserade metoder innefattar intervjuer samt enkäter. Dessa metoder kan båda båda tillämpas på olika sätt beroende på datainsamlings syfte. Intervjuer kan vara personliga alternativt i grupp, så kallad fokusgrupp. Intervjuer kan utföras på plats eller över telefon. Under intervjun kan öppna och sluta frågor ställas. Öppna frågor kräver mer utförliga svar medan slutna frågor endast kräver ett ja eller nej. Det kan vara strategiskt att inleda en intervju med allmänna frågor av mer öppen karaktär som inte är för laddade och känsliga för personen som blir intervjuad. Detta för att ge utrymme till den intervjuade personen att själv ta ställning och till exempel beskriva efterfrågad situation. Tekniken *probing* kan appliceras för att hjälpa den intervjuade personen att fördjupa sina tankegångar. *Probing* innebär att ställa följdfrågor som *varför?*, *hur?* och *på vilket sätt?* till den intervjuade personen.

För att underlätta insamling av data från ett större antal personer kan enkäter användas eftersom intervjuer i många fall är tidskrävande. Ett visst antal frågor sammanställs och ställs sedan till en mängd personer. Personen fyller antingen själv i en pappersenkät alternativt en webbaserad enkät eller så ställs frågorna på telefon där personen som ringt upp fyller i svaren (Egidius, 2008).

Observationsbaserade datainsamlingsmetoder

Det är inte alltid lätt för brukaren att själv konkretisera och kommunicera de behov, krav och problem som denne upplever. Genom att utföra observationer ges möjligheten att studera brukarens handlingar såsom arbetssekvenser, arbetsställningar, interaktionsmönster och kompenserande beteende. Även mått som tiden det tar att utföra en specifik handling kan mätas med enkelhet vid en observation.

De olika typerna av observationsmetoder kategoriseras enligt öppen eller sluten observation, direkt eller indirekt observation samt naturlig eller onaturlig observation.

Vid en öppen observation är den person som studeras medveten om att denne observeras. Det är svårt att undvika att den observerade personens naturliga beteende inte påverkas. En sluten observation innebär att den observerade ej är medveten om observationen. Direkt observation avser den observation som sker direkt av observatören i motsats till indirekt observation som sker via instrument för mätning och registrering. Naturlig eller onaturlig observation syftar i sin tur till vilken miljö som observationen sker i. Vid en naturlig observation sker observationen i brukarens verkliga miljö i motsats till en onaturlig observation som sker i en konstruerad miljö (Egidius, 2008).

Urval

Ett urval av deltagare i studien görs för att få ett representativt resultat. Det finns två olika dimensioner som illustrerar de sätt på vilket deltagare till olika studier kan väljas. Den kvalitativa dimensionen speglar vilka deltagare som ska ingå i studien medan den kvantitativa speglar hur många som ska ingå i studien. Den kvalitativa dimensionen kan i sin tur delas in i statistiskt representativa, teoretiskt representativa samt teoretiskt kritiska urval. Ett statistiskt representativt urval är ett statistiskt baserat urval. I ett teoretiskt representativt urval ska deltagarna representera en specifik målgrupp. Ett teoretiskt kritiskt urval representeras deltagarna av kritiska användare (Wallgren, 2013).

4.1.2 Analys av insamlad data

För att kunna göra en analys av insamlad data krävs i första hand att intervjuer och enkäter transkriberas och sammanställs med data från observationerna.

KJ-analys

En KJ-analys kan användas i syfte att strukturera informationen och ge en helhetsbild av den data som samlats in. Metoden går ut på att plocka ut nyckelord samt nyckelmeningar ur den data som sammanställts. Dessa nyckelord och meningar placeras sedan i olika samlingsgrupper som i slutändan leder till kategorisering av data. En KJ-analys genomförs med fördel i grupp och med hjälp av *post-it*-lappar. Processen och diskussionen är viktig för att förstå och få helhetsbild av informationen. Att färgkoda de olika kategorierna efter relevans kan vara till hjälp för fortsatt arbete (Karlsson, 2007).

Mindmap

För att strukturera stora mängder data på ett överblickbart sätt används *mindmaps*. Metoden är dessutom ett bra verktyg för att tillgängliggöra och presentera komplex data. Utifrån olika kategorier placeras grenar som blir mer och mer specifika för varje förgreningsnivå (Karlsson, 2007).

4.2 Genomförande

4.2.1 Urval

Urvalet var ett teoretiskt representativt urval som bestod av odlare från *Heliospectras* tre olika kundsegment: odling i forskningsmiljö, kommersiell växthusodling och medicinsk

odling. Odlarna arbetade på både stor- och småskaliga odlingsanläggningar. Det huvudsakliga kriteriet för att ingå i studien var att tillhöra *Heliospectras* nuvarande eller framtida kundgrupper. Att använda sig av *Heliospectras* lampor idag var inte ett krav för att få ingå i studien. I figur 4.1 visas en sammanställning över urvalet av deltagare i brukarstudien.

	Odling i forskningssyfte	Kommersiell växthusodling	Medicinsk odling	Totalt
Ostrukturerade intervjuer	2	-	-	2
Semistrukturerade intervjuer	-	6	2	8
Enkäter	1	9	1	11
Observationer	1	6	-	7

Figur 4.1. Urval

4.2.2 Pilotstudie

Inledningsvis gjordes en pilotstudie på ett forskningsinstitut där *Heliospectras* lampor används. Detta för att få en första inblick i hur lamporna används samt vilka olika faktorer som kan påverka en planta. Observationer och två ostrukturerade intervjuer med öppna frågor hölls. Detta gjordes utifrån den information som *Heliospectra* delgivit samt den kunskap som inhämtats under den första fasen av litteraturstudier. Under de två intervjuerna ställdes frågor för att inhämta övergripande men även mer forskningsspecifik information. Besöket dokumenterades med foto och anteckningar.

4.2.3 Studiebesök

Sex stycken studiebesök gjordes på kommersiella växthusodlingar i stockholmsområdet och i södra Sverige. Odlingsanläggningarna producerade allt från sallad, kryddor, tomat, gurka till snittblommor och krukväxter (se bilaga 2). Vid dessa besök gjordes vidare observationer och något mer strukturerade intervjuer, så kallade semistrukturerade intervjuer, hölls (se bilaga 3). Fokus under observationerna och intervjuerna var att innefatta stora delar av verksamheten, alltifrån såddteknik till ekonomi men innefattade även att identifiera olika problemområden. Samtliga besök dokumenterades även här med foto, film och anteckningar.

4.2.4 Skypeintervjuer

För att täcka hela *Heliospectras* kundsegment genomfördes två stycken intervjuer över Skype med medicinska odlare i USA. Intervjuerna var semistrukturerade med frågor formulerade utifrån den information som erhållits under de tidigare studiebesöken samt den kundinformation som *Heliospectra* delgivit (se bilaga 4). Samtalen dokumenterades genom att spelas in och i efterhand transkriberas.

4.2.5 Inledande analys

Inhämtad data sammanställdes, transkriberades och sammanfattades för att vidare kunna analyseras. En KJ-analys genomfördes tillsammans med hela projektgruppen. Information och kommentarer från de olika studiebesöken och intervjuerna antecknades på post-it som sorterades in i olika samlingsgrupper för att sedan kategoriseras och rubriksättas. KJ-analysen dokumenterades sedan i *mindmaps* som representerade de olika kategorier som tagits fram. Programvaran som användes för att skapa dessa *mindmaps* heter *MindNode Pro*.

4.2.6 Enkäter

För att styrka, komplettera och kvantifiera den data som samlats in under studiebesöken samt skypeintervjuerna gjordes en enkätstudie. För fördelningen av enkäter mellan marknadssegmentet se figur 4.1. Frågor formulerades utifrån de problemområden som uppkommit under den inledande analysen (se bilaga 5). Öppna frågor användes för att erhålla kvalitativa svar men även sluta frågor för att få bekräftade data. Elva stycken enkäter genomfördes över telefon där den personen som ringde upp fyllde i svaren.

4.2.7 Vidare analys av insamlad data

Inhämtad data från enkäter sammanställdes och de *mindmaps* som tidigare gjorts kompletterades. Informationen sorterades om efter de huvudproblemen som identifierades i den inledande analysen och sorterades i nya *mindmaps*. Detta med syftet att få en bättre överblick över problemområdena.

4.3 Resultat

Odlingsverksamheten är kartlagd i sin helhet för att kunna bedöma på vilka olika sätt en produkt baserad på en kameran sensor skulle kunna implementeras. Därför presenteras i detta kapitel de fyra faktorer som ansågs beskriva verksamheten på bästa sätt. De mest beskrivande faktorerna identifierades som ekonomi, kontext, verksamhet samt sjukdomar/skador. Dessa områden delades sedan in i ytterligare underkategorier för att tydligare beskriva området.

I slutet av kapitlet presenteras en sammanställning av de identifierade problemområdena inom de ovanstående kategorierna. Denna sammanställning gav en tydlig utgångspunkt för vidare produktutvecklingsarbete.



För att lättare kunna överblicka resultatet, presenteras de behandlade områdena i en *mindmap* ovan. De olika underkategorierna presenteras sedan i liknande *mindmaps* innan respektive område. För *mindmaps* med fullständig sammanställning av verksamheten se bilaga 7.

4.3.1 Ekonomi



Marginalerna är små och det är en ständig utmaning att hålla verksamheten lönsam för de odlare deltagit i studien. Produktionsordrar kommer in löpande och med kort varsel vilket gör att produktionens storlek måste uppskattas på förhand. För att med säkerhet kunna tillgodose efterfrågan sker ofta en överproduktion. Då plantor är levande ting och har kort bäst före-datum måste de plantor som inte går ut till kunderna kasseras. Även under transport uppstår ett visst svinn då det är svårt att frakta färskvaror. En produktionsbuffert behövs även för täcka de eventuella fel eller problem som kan uppstå under själva produktionen. Odlingsmiljön är på flera sätt en känslig miljö och produktionsproblem är vanligt. Det som går förlorat av skörden på grund av fel i tillväxt och produktion benämns som produktionssvinn. Önskvärt är att det totala svinnet ligger på 1,5-2% men i verkligheten kan svinnet uppgå till hela 11% (figur 4.2).

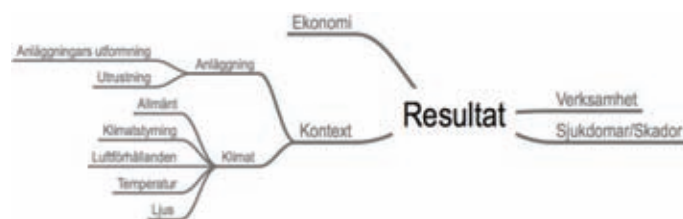
De största produktionskostnaderna för en odlingsanläggning är vanligtvis kostnaden för el samt lönekostnader beroende på nivån av automation och användandet av belysning i verksamheten. Den manuella hanteringen står för den största kostnaden. Odlingsbranschen är en traditionell och konservativ bransch vilket gör att endast ett fåtal odlingsanläggningar har en högre nivå av automation. Plantorna kontrolleras, flyttas och packas ofta för hand vilket tar tid. Kostnaderna för el uppstår till följd av belysning och uppvärmning av odlingsmiljöerna. Dessa kostnader kan begränsas genom användning av mer energieffektiv LED-baserad odlingsbelysning. Odlaren kan även styra elförbrukningen manuellt genom att begränsa tid för belyst odling och då undvika onödiga högspänningsavgifter. Dessa avgifter tillkommer vid specifika trappsteg av elförbrukning. Det material som krävs för produktion så som frö, jord, krukor och emballage står i förhållande till energi- och lönekostnaderna för en relativt låg kostnad.

Site Performance Board			
Key Performance Indicators (KPI)			Week No: 14
AREA	Target (pots per hour)	This Week (pots per hour)	Year to Date (pots per hour)
Sowing	100	100	100
Planting	100	100	100
Harvesting Herbs	100	100	100
Harvesting Lettuce	100	100	100
Packing	100	100	100
Cut	100	100	100
Waste %			
Sales Waste %	6.0	6.0	6.0
Production Waste %	5.0	5.0	5.0
Total Waste %	9.0	9.0	9.0
Production			
Total Pots Produced per Hour	400	400	400
Total Pots Sold Produced per Hour			
Comments:			

Figur 4.2. Svinn

Möjligheterna att göra större investeringar är begränsade för odlare idag. Många aktörer inom odlingsbranschen har startat som mindre familjeföretag. Den marginella vinst som genereras återinvesteras ofta direkt i verksamheten, mindre utbyggnationer och underhåll av maskiner. Utrymme för större och osäkra investeringar finns inte. Tillsammans med den konservatism som observerats gör detta att många odlare uppvisar en viss skepticism gentemot ny teknik. Några av de odlare som har besökts i studien använder sig av LED-baserad odlingsbelysning. Dessa odlare karakteriseras av att de driver större verksamheter och har bättre ekonomiska förutsättningar för att göra en första investering. Odlare som driver mindre verksamheter ställer sig däremot mer skeptiska till den nya tekniken. De hänvisar till den stora kostnaderna som en investering skulle innebära och fördelarna med att ha mänsklig närvaro på odlingsanläggningen. För att underlätta investeringen av just LED-baserad odlingsbelysning finns EU-bidrag att söka på årsbasis men vetenskapen och kunskaperna kring detta varierar bland odlarna.

4.3.2 Kontext



Anläggning

Anläggningarnas utformning

Utformningen av de anläggningar som har besökts i studien varierar beroende på vilket av *Heliospectras* marknadssegment de tillhör. De anläggningar som används för kommersiell växthusodling har en varierande storlek på 1-16 hektar. Anläggningarna består av ett flertal växthus som i nästan samtliga fall är konstruerade av aluminiumramar och glasfönster (figur 4.3). På vissa av anläggningarna som besökts används diffust glas för att öka ljusspridningen och få ett jämnare ljus i växthusen. Skiljeväggar förekommer även mellan de olika avdelningar i växthusen och transportgångar finns ofta mellan de olika växthusen (figur 4.4). Transportgångarna är inglasade och i vissa fall även utnyttjade som odlingsutrymmen.



Figur 4.3. Anläggning för kommersiell växtodling



Figur 4.4. Transportgång i anläggning

Storleken på kommersiella växthusodlingar mäts i hektar medan vissa medicinska odlingar mäts i kubikmeter. Detta beror på att odlingen av medicinska växter sker i höjddled (figur 4.5). Odling av medicinska växter i kommersiell skala är förhållandevis nytt och det finns därför inte någon gemensam standard för utformningen av dessa anläggningar. Anläggningarna består antingen av stängda lokaler utan fönster alternativt växthus, liknande de för kommersiell växthusodling.



Figur 4.5. Medicinsk odling

De anläggningarna som har besökts där odling i forskningssyfte bedrivs är mycket mindre än de två ovanstående typerna av anläggningar. Den småskaliga odlingen sker på bord i olika typer av labbmiljöer samt i stängda skåp för att undvika ljusinsläpp (figur 4.6).



Figur 4.6. Olika typer av forskningsodlingar

Utrustning

Odlingsanläggningar är uppbyggda av olika produkter och system där nivån av automation varierar. Gemensamt för de anläggningar som används för kommersiell växthusodling är att det finns en klimatdator som styr och samlar information från bland annat klimatsensorer (figur 4.7), bevattningssystemet, energivävar (figur 4.8), luckor i taken samt fläktar (figur 4.9). De anläggningar som har en högre automationsgrad använder sig av olika typer av odlingsbelysning, planterings- och packningsrobotar (figur 4.10) samt filterstation för filtrering av vatten. Vid medicinsk odling och odling i forskningssyfte varierar anläggningarnas utrustning i större utsträckning än vid kommersiell växthusodling. Mycket av datainsamlingen och justeringarna görs manuellt då anläggningarna inte är lika stora som vid kommersiell växthusodling.



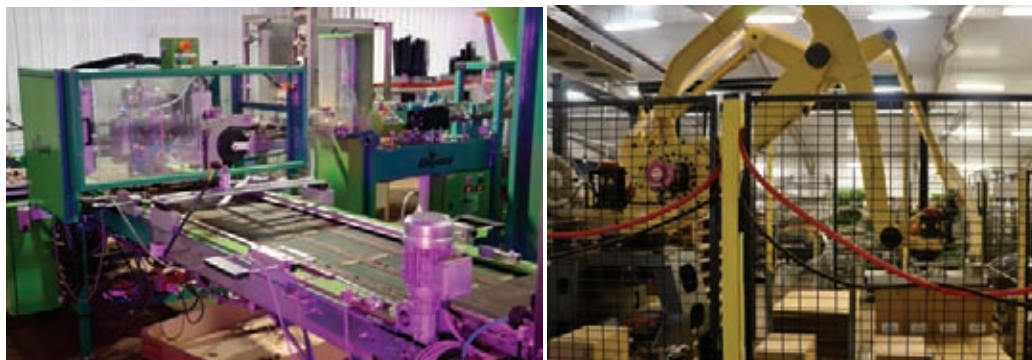
Figur 4.7. Olika typer av klimatsensorer



Figur 4.8. Energivävar



Figur 4.9. Olika typer av fläktar



Figur 4.10 Planterings- och packningsrobotar

De belysningsystem som används på anläggningarna är antingen installerade över hela odlingsanläggningen (figur 4.12) eller endast över vissa delar av anläggningen. Antalet armaturer beror på hur mycket ljus de plantor som odlas behöver och om solljuset är tillräckligt för att täcka detta behov. Belysningen består av antingen HPS-lampor (figur 4.13), LED-lampor (figur 4.14) eller båda delarna (figur 4.15).

Belysningsystem med LED-lampor finns endast representerade på de större anläggningarna och där endast i en liten skala. Många odlare uttryckte en nyfikenhet för LED-teknik och en vilja att testa den nya tekniken. De fördelar som odlarna såg med tekniken var möjligheten att kunna reglera ytterligare en klimatparameter, styra

ljuset via klimatdatorn samt odla i stängda lokaler utan fönster. Möjligheten att ta fram specifika ljusrecept för olika plantor eller för plantor i olika växtfaser samt de minskade elkostnaderna sågs även det som fördelar med den nya LED-tekniken.



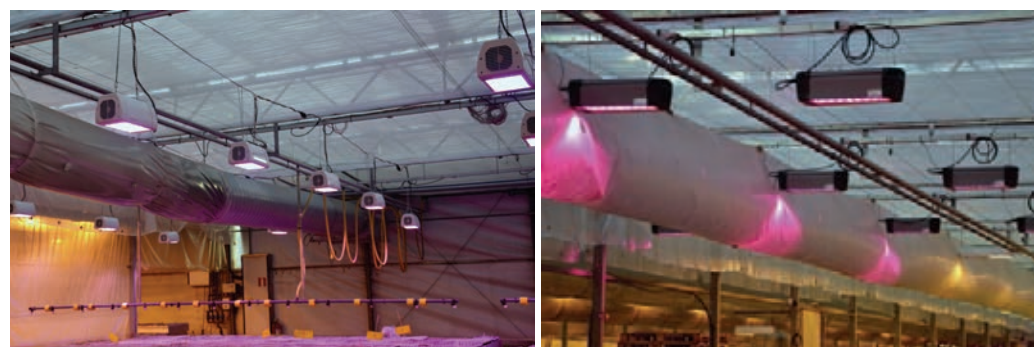
Figur 4.12. Armaturinstallation över hel odling



Figur 4.15. Blandning av armaturer



Figur 4.13. Olika typer av HPS-armaturer



Figur 4.14. LED armaturer

De två största anledningarna till varför odlare avstår från att investera i LED-belysning är den höga investeringskostnaden och att tekniken anses vara ny och inte tillräckligt beprövad. LED-lampor genererar lite värme vilket upplevs som en nackdel då värmen från de traditionella HPS-lamporna ofta används som kompletterande uppvärmning av växthusen. LED-lampornas onaturliga ljus bidrar till negativ påverkan på arbetsmiljön. Av de odlare som hade testat LED-lampor kunde en klar förbättring i växternas robusthet och färg konstateras. Brukarstudierna visade även att det fanns en kunskapsbrist gällande *Heliospectras* produkt. Alla de tillgängliga funktioner som den nya LED-tekniken erbjuder utnyttjades därför inte.

De bevattningssystem som finns representerade på anläggningarna är alla av olika typer är alla slutna system som styrs via en dator. De består antingen av rännsystem (figur 4.16), ebb och flod system (figur 4.17) eller slangsystem (figur 4.18 och figur 4.19). Det vatten som används i bevattningssystemen blandas automatiskt med näring enligt specifika recept.



Figur 4.16. Rännbord ovanifrån och påmatning av vatten



Figur 4.17. Ebb- och flodbord

Figur 4.18. Slangsystem vid odling i banbord



Figur 4.19. Slangsystem vid odling i stenull

Många av de produkter som finns i anläggningarna är installerade i innertaket av anläggningarna. Detta gäller framförallt belysningssystem, energivävar, fläktar, luckor samt klimatsensorer. Vid installation av olika komponenter är det viktigt att minimera skuggningen av odlingsbädden. Att möjliggöra för underhåll och rengöring av de olika produkterna är även det en viktig faktor att ta hänsyn till.

Klimat

Allmänt

Odlaren har stor makt att påverka klimatet på odlingsanläggningarna. Då plantorna är levande ting behöver odlaren först och främst anpassa klimatet för att uppfylla deras grundläggande behov för effektiv tillväxt. Utöver detta kan även konsumenternas efterfrågan påverka hur klimatet anpassas. För att skapa en attraktiv produkt behöver odlaren ofta variera plantornas utseende och egenskaper. Plantorna kan exempelvis påverkas så att färre men större frukter genereras om efterfrågan på stora frukter finns. Genomgående är att odlaren vill driva upp sina plantor på så kort tid som möjligt för att spara tid och pengar.

Det finns olika klimatparametrar som odlaren kan välja att laborera med för att påverka plantans utseende och egenskaper. De tre främsta klimatparametrarna är luftförhållanden, temperatur och ljus. För att uppnå konsumenternas efterfrågan samt ha en god tillväxt ligger klimatet ofta på maxgränsen till vad plantorna klarar av. Detta gör plantorna känsliga för felfaktorer.

Klimatet förändras under olika stadier av plantans liv. Beroende på typ av planta och anläggning genomgår plantan ett stadie av groddning i en stängd barnkammare (figur 4.20). Sedan kommer stadier av rottillväxt, blomning och skörd på olika öppna avdelningar i anläggningen. Växter behöver olika klimat under deras stadier och därför är det olika klimatzoner i olika avdelningar av anläggningen.



Figur 4.20. Barnkammare för plantorna

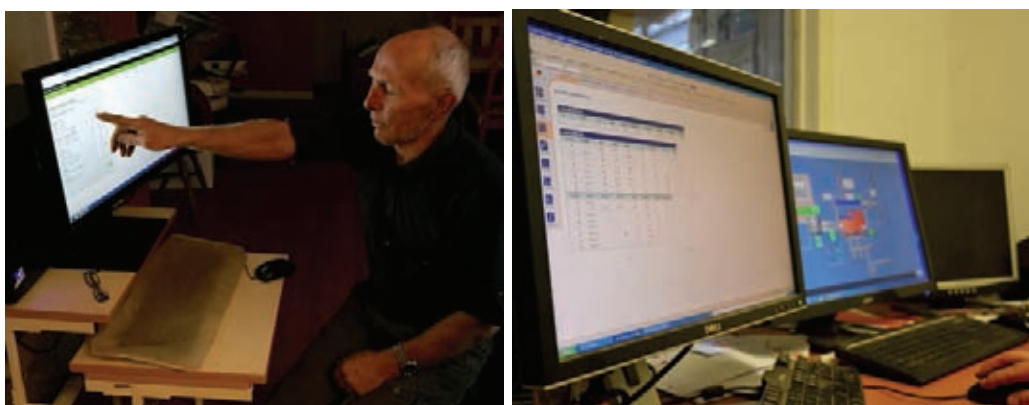
Klimatstyrning

På kommersiella odlingar styrs klimatet generellt av en klimatdator, oftast av märkena Priva eller DGT. Klimatet ändras flera gånger per dygn antingen automatiskt eller manuellt via klimatdatorn.

Dygnsscheman för klimatet är inlagda i klimatdatorn vilket ofta utgör ofta grunden för den automatiska styrningen av klimatet. Olika typer av sensorer är utplacerade i odlingsanläggningen. Dessa mäter och registrerar kontinuerligt bland annat luftfuktighet, temperatur och koldioxidnivå i anläggningen. Klimatet i anläggningen justeras även med avseende på yttre omständigheter. Yttre omständigheter avser framför allt solljus, yttertemperatur och luftfuktighet. För klimatparametrar gör klimatdatorn åtgärder för att antingen reglera eller bevara ett visst klimat. Exempel på

åtgärder kan vara att slå på och av belysning och fläktar eller att öppna och stänga takluckor.

Odlaren kan manuellt via dator eller mobil reglera, ändra och ställa in önskat klimat, tillfälligt eller i veckor framöver (figur 4.21). Om en av sensorerna på anläggningen registrerar ett avvikande värde larmar klimatdatorn odlaren. Odlaren har då möjlighet att själv utreda orsaken till avvikelserna.



Figur 4.21. Klimatdatorsystem

Luftförhållanden

På samtliga anläggningar besökta i studien råder hög luftfuktighet dygnet runt. Plantorna behöver olika luftfuktighet under olika tillväxtfaser vilket gör att denna parameter ständigt behöver justeras. Extra koldioxid tillsätts till luften för att uppfylla den nivå av koldioxid som krävs för växternas fotosyntes. Fläktar är utplacerade på anläggningarna för att fördela den extra tillsatta koldioxiden samt för att ständigt förnya luften runt plantorna. Brukarstudierna visade även att luften är relativt dammig, trots höga krav på renlighet.

Temperatur

Temperaturen på anläggningarna ligger mellan 20-35°C och anpassas efter typ av planta samt vilken tillväxtfas plantorna befinner sig i. Undantag från tidigare nämnt temperaturspann finns då exempelvis 17°C är optimalt för att framställa spänstiga tulpaner. Optimal temperatur kan även påverkas av att en växt vill ha annan temp vid exempelvis fruktmognad.

Om yttertemperaturen går under noll på vinterhalvåret värms anläggningarna upp med olje- eller flispanna. Traditionella HPS-lampors värmegenerering bidrar också till att uppvärma anläggningarna. Energivävar finns ofta uppsatta i innertaket och används för att isolering av växthuset kan göras. De fläktar som finns utplacerade på anläggningarna bidrar till att jämna ut temperaturen.



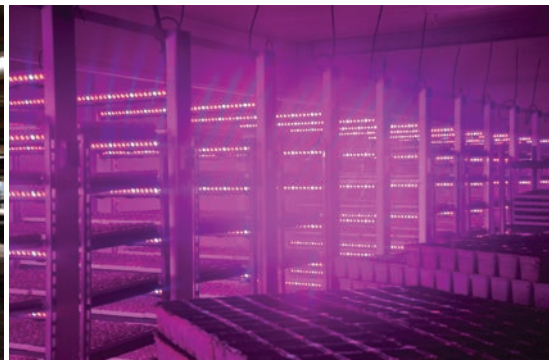
Figur 4.22 Rullbord



Figur 4.23. Automatiskt banbord



Figur 4.22. Rullbord



Figur 4.24. Racks



Figur 4.25. Odling med *highwire*



Figur 4.26. Odling med tekniken paraplyodling



Figur 4.27. Clips som är satta på en tomatklase

Ljus

Under sommarhalvåret kan det solljuset vara så intensivt att skuggväv behöver dras för. Detta för att undvika att temperaturen höjs kraftigt vilket gör att plantor skadas. Under vinterhalvåret är instrålningen däremot låg. Då krävs generellt odlingsbelysning för att kunna producera växter.

Brukarstudier på medicinsk odling och forskningsanläggning visade på plantors behov av ett visst ljusspektrum och intensitet. Plantorna har under evolutionens gång anpassats för att på bästa sätt kunna ta till sig solens ljusspektrum och ljusintensitet. Den röda delen av ljusspektrat utnyttjas exempelvis speciellt vid plantornas fotosyntes. Det har även visat sig att små ljusvariationer kan vara gynnsamt samt att visst ljus kan skapa vissa reaktioner hos plantorna. Exempelvis kan extra rött ljus starta en plantas blomning medan fel ljus kan hämma längden på blomningen. Önskad ljusintensitet varierar mellan plantor och tillväxtfaser. Odlare talar om kortdagsväxter och långdagsväxter, där längden på växternas natt är det som skiljer dem åt. Under natten sker ingen ljusupptagning av plantorna och aktivitet koncentreras till plantornas rötter.

4.3.3 Verksamhet



Allmänt

Identifierade intressenter för generell odlingsutrustning är odlaren som primärbrukare och växthuspersonal, installatör, konsult, rengöringspersonal och allmänheten som sekundärbrukare. Odlaren är primärbrukare eftersom det är denne som generellt sköter all odlingsutrustning själv genom att övervaka och reglera den. De sekundära användarna berörs i andra hand av odlingsutrustningen och använder sällan produkterna. Växthuspersonal kan hjälpa till att övervaka funktionalitet av odlingsutrustningen. Vissa växthusarbetare har även förtroende att reglera vissa parametrar, men samråd med odlare förs ofta. Installatörer berörs av odlingsutrustningen vid installation och reparation. Konsulter tar del av material insamlat av odlingsutrustningen och berörs därför ofta av formatet informationen förmedlas på. Rengöringspersonal är i kontakt med odlingsutrustningen då växthusen ska desinfekteras och rengöras mellan ett växtkultursbyte. Allmänheten är besökare på odlingen som befinner sig i den miljö som odlingsutrustningen verkar i.

Odlingsmetoder

Odlare strävar efter att ha en kontrollerad odlingsmiljö för att på effektivaste sätt kunna tillmötesgå konsumenternas önskemål samt ha en god tillväxt. Det gör att det är vanligt att växter odlas i stenudd istället för i jord. Odling i stenudd innebär att odlaren själv tillsätter all näring vilket ger en mer kontrollerad odlingsmiljö. Det finns även olika odlingsmetoder av växterna som presenteras nedan.

Odling i kruka sker antingen på rullbord (figur 4.22), på automatiskt banbord (figur 4.23) eller i *racks* (figur 4.24). Flaggor på odlingsborden visar skörde- och planteringsdatum. Odling på automatiskt banbord går ut på att plantorna förflyttas långsamt mellan de olika klimatzonerna under hela plantans tillväxttid. Vid odling i *racks* flyttas plantorna manuellt mellan zonerna på anläggningen.

Odling av tomat och gurka sker antingen med tekniken *highwire* (figur 4.25) eller tekniken paraplyodling (figur 4.26). Vid odling med *highwire* klättrar plantan upp mot taket på en tråd. När plantan växt upp längs med tråden och nått önskad maxhöjd sänks tråden och flyttas åt sidan en gång i veckan så att plantan bibehåller konstant höjd. Detta gör att avståndet mellan planta och tak först är konstant då sänkning av tråd har gjorts för första gången. Gurka växer upp till 60 cm/vecka och tomater 30 cm/vecka vilket gör att avståndet förändras mellan planta och tak på kort tid. Vid paraplyodling är tråden fixerad och plantan leds istället upp och sedan utåt och nedåt i formen av ett paraply.

Beroende på typ av odling berörs varje planta 1-4 gånger i veckan av odlare eller personal. Vid odling med *highwire* snurras plantan runt vajern, blad knipsas bort och frukt plockas. Utöver det sätts så kallade *clips* på fruktklasarna som stöd för att inte brytas av beroende på klasarnas tyngd (figur 4.27). Detta görs genom att den yttre delen av blomklasen klipps bort. Pincering görs för att förhindra mer frukt än lämpligt att börja växa. Personalen på anläggningarna registrerar manuellt för hand eller digitalt vilken syssla som har utförts på vilken rad.

Marknad

Efterfrågan på de produkter som odlingsanläggningarna producerar kan vara konstant men är ofta varierande efter säsong och efterfrågan. Efterfrågan av blommor är exempelvis varierande då det är säsongsbundet. Generellt ökar efterfrågan kraftigt vid jul samt på våren. Efterfrågan på de produkter som medicinsk odling producerar är däremot konstant och skörd sker kontinuerligt under hela året.

Olika marknader och geografiska områden ställer olika krav på hygien, växt och förpackning i produkten. Detta påverkar hantering av plantor samt anläggningarnas utformning.

Sådd

Uppdrivning av plantor sker antingen lokalt från frö eller så köps plantor in i plugg (figur 4.28) eller som delvist uppdrivna sticklingar (figur 4.29). De inköpta uppdrivna sticklingarna har tagits från moderplantor och drivits upp på andra anläggningar. Plugg är små frösådda plantor med rotpaketet i en pluggform. Odlaren bedömer när plantor levereras om de kan börja drivas upp direkt eller om de behöver vila innan de är redo. Beslut tas utifrån hur plantan mår samt storlek på efterfrågan.



Figur 4.28. Plantplugg



Figur 4.29. Uppdrivna sticklingar

Skörd

Plantan bedöms manuellt om den är klar för skörd. Olika arter har olika skördekriterier som kan vara vikt, bladmassa, växtfas, estetik eller höjd. När det gäller medicinska plantor är kriterierna för skörd många. Exempelvis används mikroskop för att bedöma färg och mängden kemiska ämnen som ska ha utvecklats före skörd i vissa kristaller på plantan. Efter skörd av de medicinska växterna kasseras de delar av plantan som inte kan användas i medicinskt syfte.

Odlare

Brukarstudierna visade att flera odlare känner en ständig oro för de små ekonomiska och klimatmässiga marginalerna som tidigare beskrivits. Sex av elva odlare oroar sig ofta eller ständigt för odlingen då de inte är på plats. Dessutom är det ingen som aldrig oroar sig, båda påståendena enligt enkätundersökningen. Oron för de fel som kan uppstå på odlingsanläggningen med plantor alternativt utrustning är alltså konstant närvarande.

Odlaren sitter på stor kunskap och i många fall flerårig erfarenhet av odling. Ny kunskap inhämtas ständigt från andra odlare, konsulter och böcker. Det finns ett allmänt intresse bland odlare att försiktigt experimentera med olika faktorer som påverkar växternas tillväxt. Ett gemensamt intresse för innovation har även framkommit ur brukarstudierna. Ändå är odlare överlag mycket försiktiga med att prova nya teknik och är endast intresserade av välbeprövade odlingsmetoder.

När det gäller teknikkunskap så uppmärksammades en viss kunskapsbrist under brukarstudierna. Flera odlare hade exempelvis inte tillräcklig kunskap för att utnyttja alla funktioner som en klimatdatorn erbjuder. Funktioner hos LED-lamporna används inte av alla de odlare som har tillgång till dessa. Detta innebär att LED-belysningen

ställdes in med ett konstant ljusspektrum istället för att utnyttja möjligheten att skapa ljusscheman och laborera med ljusrecept.

Odlaren jobbar mycket och vill gärna vara på plats för att se att allting står rätt till på odlingsanläggningen. På många anläggningar är personal på plats alla dagar i veckan. Tre av elva odlare arbetar alla dagar i veckan medan fem av elva odlare arbetar sex dagar i veckan enligt enkätundersökningen. Ansvarig odlare är alltså ofta på plats i anläggningen. Då odlaren inte är på plats på anläggningen är de oftast tillgängliga på jourtelefon med en bärbar dator kopplad till klimatdatorn som justeringsverktyg för anläggningens klimat. Sex av elva odlare skulle dessutom vilja använda sig av kameror för att övervaka anläggningen då det inte var på plats enligt enkätundersökningen. Under skördetider ökar arbetsbelastningen på anläggningarna och extrapersonal anställs.

Säkerhetsövervakning

Det uppmärksammades att en del odlingsanläggningar också använde sig av kameraövervakningssystem. För de anläggningar med medicinsk odling var det ett lagstadgat krav vilken typ av övervakning som ska finnas. Lagkravet reglerar dessutom kameraplacering, videolagring och bildupplösning (se bilaga 9). Vissa kommersiella odlingsanläggningar använde sig av övervakningskameror främst på grund av stöldrisk. En anläggning hade fått några LED-belysningslampor bestulna. Flertalet besökta anläggningar hade övervägt att skaffa mer övervakningskameror för att motverka inbrott men även för att övervaka utrustning såsom pannrum och lastplatser.

Undersökning

Vid växthusodling är det viktigt att undersöka plantorna flera gånger dagligen. Detta hjälper odlaren att planera sitt kommande arbete, få den information som krävs för att justera klimatparametrarna samt tidigt upptäcka avvikelser. Odlaren och övrig personal har som rutin att undersöka plantornas status samtidigt som andra sysslor utförs. På vissa anläggningar kontrolleras alla plantor dagligen. På andra odlingsanläggningar är detta inte möjligt och därför görs

“My philosophy is hands on every plant every day. if you don't put your eyes on every plant every day you could potentially loose a crop”

- Odlare 3

“Ju tidigare något upptäcks, desto bättre”
- Odlare 5

stickprovsundersökningar. Ofta planeras kontrollerna att utföras samtidigt som andra moment utförs såsom vid omplantering, flytt och nedpackning. Ibland utförs specifika kvalitetskontroller. Växtundersökningen tar mycket tid och kräver att odlaren är på plats på anläggningen, är noggrann samt disciplinerad. I brukarstudierna framkom önskemål att kunna undersöka plantorna utan att vara på plats på anläggningen.

Okulär besiktning

En stor del av plantundersökningen innebär att titta och känna på plantan (figur 4.30). Odlare har svårt att sätta ord på vad som är relevant att titta på vid plantkontroll. De beskriver att bedöma en plantas status är mer som en känsla eller som att ha absolut gehör. Ett försök att kartlägga vad odlaren tittar på vid undersökning av plantan ger: avvikande prickar och ohyra på och under blad, färg på blad och rötter, bladmassa, knoppsättning samt blomning. Dessutom känner odlaren på krukans vikt för att bedöma vattenupptagning och jordens fuktighet.

“Att inspektera växterna är en konst ungefär som att man har absolut gehör”
- Odlare 1



Figur 4.30. Plantundersökning

Analys

Det finns flera olika analysmetoder för plantundersökning. Odlaren måste ständigt kontrollera plantornas välmående. Detta bland annat genom att kontrollera den näring som växten får, antingen via jord eller vatten. Ofta mäter odlaren både de ingående och utgående näringsvärdena för att kunna avgöra hur mycket näring växterna tar upp. Odlaren pressar ur vatten ur rötterna, skickar det på analys och får en näringsrapport med ledningstal inom tre dagar. Rapporten ger en indikation om växternas välmående och behov. Olika stadier hos plantan kräver nämligen olika näringsrecept.

På plats på anläggningen analyseras ledningstal för näringen i vattnet samt pH dagligen för att ge grovdata. Utöver det skickas som tidigare nämnt jord och vatten för noggrannare analys.

Dokumentation

Vissa odlingar använder sig av referensplantor för att dokumentera tillväxt. Plantornas längd och stamdiameter mäts och plantornas antal frukter räknas samt dokumenteras manuellt (figur 4.31). Detta är ett tidskrävande arbete och på vissa anläggningar läggs upp till 16h per vecka på endast dokumentering av data. Kraven på dokumentering kan komma från olika intressenter, som olika intresseorganisationer och konsulter.

Lign 12		50					genst.	
	1	2	3	4	5			
Arvode	13,4	13,3	13,6	13,3	13,3		*****	
Övriga, Skadade etc.	19,2	17,5	15,5	13,7	12,6		*****	
Övrigt arb.							*****	
Övriga faktur	2,5	1,5	2,2	1,5	1,8		*****	
Övriga faktur	5	5	4	5	6		*****	
Traktat (km)	1,5	1,8	2,6	2,0	2,6		*****	
Stängt faktur (km)	12,4	10,8	12,4	10,8	11,7		*****	
Skadade (km)	3,8	3,1	3,2	3,0	3,6		*****	
Arvode per plant	1,6	1,4	1,6	1,6	1,5		*****	
Arvode skadade							*****	
Arvode	1	1	1	1	1		*****	
Övriga, Skadade etc.	13,1	12,2	13,8	12,9	13,7		*****	
Övrigt arb.	11,6	10,2	10,2	10,1	10,3		*****	
Övriga faktur	2,0	2,5		1,8	2,2		*****	
Övriga faktur	5	5		5	5,5		*****	
Traktat (km)	22,7	21,3		21,3	21,5		*****	
Stängt faktur (km)	11,6	11,8		11,5	10,2		*****	
Skadade (km)	3,1	2,5		2,8	2,9		*****	
Arvode per plant	1,1	1,0	1,4	1,2	1,4		*****	
Arvode skadade							*****	

Handwritten notes below the table:

12,8
 16 → 12
 + 3
 19 → 12
 7 blad

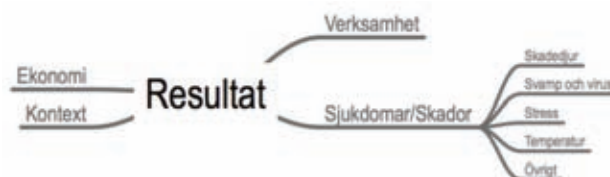
Figur 4.31. Manuell dokumentering av växter

Kommunikation

Odlare inom framförallt kommersiell växthusodling kommunicerar mycket med växtkonsulter och andra odlare. Flera gånger i veckan är de i kontakt med varandra över mail och telefon. Bilder och växtdata skickas för att kunna analysera växterna och fatta klimatbeslut samt hjälpa varandra genom att utbyta råd. Odlaren kan även ingå i växtgrupper. Det innebär att data från gruppens alla medlemmar sammanställs av en konsult och skickas ut till alla gruppmedlemmar varje vecka. Inom medicinsk odling och odling i forskningssyfte är det mindre vanligt att dela med sig av växtdata.

Det är tidskrävande för odlarna att kommunicera med växtkonsulter och andra odlare då det inte finns ett standardiserat sätt att dokumentera och dela växtdata. Odlarna får i många fall anpassa sin växtdata och sammanställa personspecifika *excelark* eller *worddokument* att skicka iväg till olika intressenter.

4.3.4 Sjukdomar/Skador

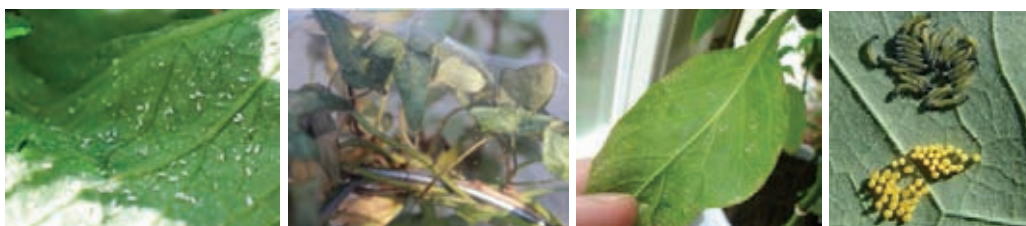


En stor del av odlares dagliga arbete går ut på att förebygga samt åtgärda skador och sjukdomar på odlingsanläggningen. Detta för att inte stora delar av produktionen ska gå förlorade. Elva av elva odlare upptäcker skador på plantorna genom att framförallt titta på förändringar hos plantorna enligt enkätundersökningen. Trots odlarnas ständiga kontroller kan vatten- och näringsbrist leda till skador på plantorna (figur 4.32). Exempel på dessa skador är sköra och vissna blad, bleka frukter och avvikande

bladfärg. Andra skador kan vara mer förödande som att en planta eller hel avdelning av plantor dör. Olika typer av skador och sjukdomer presenteras för sig nedan.



Figur 4.32. Närings- och vattenbrist, från vänster: näringsbrist, vattenbrist och näringsbrist



Figur 4.33. Olika typer av skadedjur, från höger: vita flygare, spinn, trips, kålmal



Figur 4.34. Nyttodjur utplacerade i gurkodling

Skadedjur

På en odlingsanläggning finns många insekter och smådjur. Vissa av dem är rena skadedjur som påverkar plantorna negativt (figur 4.33). Andra är så kallade nyttodjur insatta på anläggningen för att äta upp och minska mängden skadedjur (figur 4.34).

Skadedjur tar sig in på anläggningen huvudsakligen på via material inköpta från leverantörer eller via takluckorna. När kommersiella växthusodlare köper in sticklingar och unga plantor av andra odlare finns risk att skadedjur följer med på köpet. Speciellt på sommaren tar sig skadedjur in via de öppna takluckorna.

Allvarlighetsgraden av skadedjur beror på den geografiska placeringen av anläggningen samt på känsligheten hos de arter och kulturer som odlas. Det är inte lätt att upptäcka skadedjur eftersom de är små och svåra att se. De kan upptäckas av vana ögon när de sitter på plantorna vilket gör att odlarna och övrig personal spelar en viktig roll i det förebyggande arbetet. Om plantorna är angripna har de små märken på bladen och upplevs vara hängiga. Runtom på anläggningen är ofta klisterfällor uppsatta för att fånga flygande skadeinsekter (figur 4.35). Klisterfällorna undersöks av odlarna i syfte att kartlägga vilka skadedjur som finns på anläggningen. Vissa skadedjur kan endast upptäckas med hjälp av en lupp eller i mikroskop, ett verktyg som odlare tar till om en planta inte ser ut att må bra.



Figur 4.35. Klisterfällor utplacerade i odling

Skadedjur kan även förebyggas med hjälp av kemiska bekämpningsmedel. På de odlingsanläggningarna som besökts i studien är dock biologisk bekämpning med nyttodjur det vanligaste sättet att förebygga skador på plantorna. Åtgärder som att rengöra vissa delar av anläggningen varje vecka, klippa gräset utanför anläggningen och sanera anläggningen, hjälper till att hålla skadedjur borta. Sanering görs av hela växthuset med dess väggar, tak och utrustning. Detta görs innan varje säsong och mellan varje växtkultur, då plantor i huset byts ut mot nya. Trots mängden förebyggande åtgärder är skadedjur ett ständigt närvarande problem i odlarens vardag. Om skadedjur upptäcks krävs snabb åtgärd. Odlaren avlägsnar angripna plantor och blad, ibland saneras hela avdelningar och kemiska bekämpningsmedel sätts in. Om kemisk besprutning sker kan det vara karenstid upp till tre dagar innan personal får tillträde till det besprutade området.

Svamp och virus

Svamp angriper främst plantans rotsystem och vissa plantor är mer känsliga. Svamp kan uppstå för att en planta fått för mycket eller för litet vatten eller för att klimatet är för fuktigt. Ofta har svamp lättare att sprida sig hos unga plantor.

För att förebygga svamp varierar odlare kulturernas placering så att en viss typ av svamp inte får tid att fästa på ett ställe. Det kan även gå att förebygga svamp genom att ha varm temperatur vid plantering enligt de odlare som intervjuats i brukarstudierna.

En planta kan angripas av virus som oftast kommer med plantan från leverantören. Spridningen av dessa mikroparasiter kan vara mycket svår att stoppa och det finns egentligen ingen åtgärd som kan rädda plantorna när de väl drabbats av ett virus. Ett sätt att förebygga virusangrepp är att smitta plantorna med viruset i ett tidigt stadiet och på så vis vaccinera dem.

Stress

Om en planta får för mycket ljus kan plantan visa tecken på stress. Det är en av anledningarna för att växter behöver vila från ljus under natten. Tydliga symptom på ljusstress är skruvade och små blad, förändrad bladstruktur eller tunn stjälk.

Temperatur

Vid för hög temperatur blir plantan och dess blad känsliga. Energi som i vanliga fall läggs på tillväxt läggs istället på nedkylning. Vid för låg temperatur samlas däremot all värme i centrum av plantan, i stammen och frukterna. Det gör att tillväxten kan hämmas och bladen blir sköra.

Övrigt

Ibland uppstår problem på anläggningen som odlaren har svårt att diagnostisera. En av de odlare som besöktes i studien hade haft problem med sina plantor under två år innan odlaren förstod vad orsaken till problemet var. Silikon från tätningar på vattenledningarna hade läckt ut och gjorde att plantorna vissnade. Odlare behöver alltså göra mer omfattande felsökningar för att lösa vissa problem.

4.3.5 Sammanställning av problemområden

Huvudproblem identifierades under den problemanalys som gjordes på insamlad data. Dessa presenteras nedan, uppdelade i de fyra huvudgrenarna.

Ekonomi

För en odlare är marginalerna och möjligheterna till investeringar små. Stora ekonomiska förluster förekommer på grund av svinn som en följd av produktionsfel och överproduktion. De största källorna till produktionsutgifter är ofta energi och personal men varierar mellan olika anläggningarna och säsong.

Kontext

Odlingsanläggningarna varierar i storlek och utseende beroende på vad som odlas. Gemensamt är att odlingsmiljön är en extrem miljö som ställer höga krav på de produkter som ska användas i miljön. Damm, hög luftfuktighet och skiftande temperatur är några av de aspekter som bidrar till miljön. Ljuset varierar mellan olika typer av anläggningar samt under dygnets olika timmar. Dessutom varierar ljuset från olika typer av odlingsbelysning och dess olika inställningar.

Odlingsmiljön behöver detaljstyras vilket gör att odlaren behöver förlita sig på sin utrustning. Det resulterar i manuell styrning som kräver uppmärksamhet, disciplin och tid. Många av anläggningarna har mycket utrustning vilket gör det svårt för odlaren att ha fullständig kontroll. Det är dessutom svårt för odlaren att identifiera och hitta felaktig utrustning snabbt då utrustningen sällan ger feedback om dess status till odlaren. Mängden utrustning gör det även svårt att få en överblick över all den data som genereras från utrustningen.

Odlaren använder sig sällan av alla de funktioner som utrustningen med dess mjukvara erbjuder. Funktionerna är antingen svåra att applicera, för tidskrävande eller allt för svåra att förstå. Mjukvaran är inte heller kompatibel med de kommunikations- och dokumentationsmedel som odlarna använder sig av. Dessa är främst excel och mail.

Odlaren justerar kontinuerligt en mängd olika klimatparametrar för skapa ett så fördelaktigt klimat som möjligt. Ett klimat som främjar hög tillväxt med bibehållen kvalitet. Vissa klimatparametrar är svåra att hålla på en jämn nivå på. Andra är svåra att kontrollera och några har inte odlaren tillräckligt med kunskap om.

Luftfuktighet och temperatur är exempel på parametrar som är svåra att hålla på lämplig nivå. Plantans vattenbehov och vattenupptagning är svår att kontrollera och mäta. Detta gör att rör kan täppas igen vilket sedan inte upptäckas i tid. Detta gäller främst stora anläggningar där det kan vara svårt att upptäcka en planta med vattenbrist.

Verksamhet

Växtundersökning är en central, tidskrävande och komplicerad del av växtproduktionen. Det krävs mångårig erfarenhet för att kunna se de små visuella skiftningarna och avvikelser som plantorna uppvisar. Olika sjukdomar och skador kan ge liknande uttryck vilket gör det svårt att härleda orsaken till avvikelse.

Att utföra mätningar och dokumentera data är tidskrävande. Det är lång svarstid för de prover som skickas på analys vilket gör att en skada redan kan vara skedd när odlare får tillbaka provsvaren. Mängden mätningar genererar en stor volym data som är svår att överblicka och använda sig av på ett effektivt sätt. Eftersom det inte finns något gemensamt system för sammanställning av data läggs även mycket administrativ tid på att kommunicera och överföra data mellan odlare och konsulter. Ibland krävs även bilder för att komplettera datan.

Att undersöka växterna ofta är inte enbart positivt då frekvent beröring kan öka risken för sjukdoms- och skadedjursspridning. Odlarna och övrig personal blir då bärare av dessa och hjälper till att sprida dem vidare i anläggningen.

Ofta bygger verksamheten på en eller två odlare som planerar sådd, skörd och justerar klimatet. En utmaning i planeringen är att produkterna är färskvaror och att det inte går att bromsa eller frysa produktionstiden. Det kan vara problematiskt att all övervakning och klimatjustering enbart bygger på en eller två odlare som sitter på all kunskap. Kunskapen kommer ofta från trädgårdsmästarutbildning samt mångårig erfarenhet och är dessutom svår att berätta och föra vidare.

Inställningen till ny teknik varierar mellan odlarna. Den tekniska kunskapsnivån är generellt låg bland odlarna. Det är få odlare som använder sig av alla hjälpmedel och funktioner som de har tillgång till. Odlarna uttrycker även en viss måttnad på information.

Sjukdomar och skador

De mindre allvarliga skadorna är ofta orsaken till den största andelen svinn. Detta då dessa skador är frekvent förekommande på odlingsanläggningarna. De allvarligaste sjukdomarna och skadorna, som kan slå ut en hel odling, inträffar sällan då de förebyggs väl.

Vanliga skador som stress, slokande växtblad och försämrade tillväxt uppstår när plantornas behov inte tillgodoses. De kan uppkomma som en följd av brist på näring, vatten eller ljus. Även ett överskott på näring, vatten eller ljus kan leda till skador som stress och svamp. Om temperatur eller luftfuktighet inte ligger på rätt nivå kan även detta vara orsaken till dessa mindre allvarliga sjukdomar.

Virus och skadedjur leder till allvarligare skador och kräver snabbt agerande vilket gör att odlarna är måna om att upptäcka dessa sjukdomar så tidigt som möjligt. Tyvärr trivs många skadedjur och virus bra i det klimat som råder på odlingsanläggningarna. Det är därför svårt att stoppa dess spridning och det är svårt att bli av med dem när de väl kommit in. Skadedjur och virus är därför orsaken till mycket oro, kontroll och förebyggande arbete för odlaren.

5 Kravsättning

Detta kapitel beskriver sammanställningen av den kravsättning som gjorts utifrån data insamlad vid brukarstudierna. Fullständig kravspecifikation finns att ta del av som bilaga 10.

5.1 Metod

5.1.1 Kravspecifikation

En kravspecifikation är ett dokument som tydligt sammanställer och specificerar de krav och önskemål som ställs på en produkt. Kraven arbetas fram utifrån analys av insamlad data. Viktigt är att kraven är mätbara då det ska vara enkelt att i ett produktutvecklingsarbete kunna kontrollera uppfyllnad av satta krav. Kravspecifikationen styr utvecklingsarbetets slutliga produkt då produkten utvärderas efter kraven.

Kravspecifikationen består av flera typer av krav och önskemål. Krav och önskemål uttryckta av användaren själv, framtagna utifrån analys av brukar- och litteraturstudier samt de krav som sätts utifrån produktutvecklarens kunskap.

Arbetet med att lista krav är en iterativ process som sker parallellt med ett produktutvecklingsprojekts alla faser. Kravsättningens detaljnivå bestäms av vilken fas utvecklingsprojektet är i. Tidigt i ett projekt utgår kraven från användaren i större utsträckning än vad de gör i en senare fas (Bligård, 2011).

5.2 Genomförande

Från en tidigare kravspecifikation gjord för *Heliospectra* (Fall, 2013) hämtades de krav som ansågs relevanta för detta projekt. Dessa kompletterades med krav formulerade utifrån insamlad och analyserad data från brukarstudierna. Utöver detta gjordes även en reflektion kring hur en tänkt produkt skulle utformas för att bidra till en hållbar utveckling och krav ställdes med det i åtanke. Alla identifierade krav sammanställdes i en kravlista som under projektets gång reviderades och uppdaterades fortlöpande. Senare i projektet gjordes även en viktning av kraven för att identifiera och ge möjlighet att fokusera på de viktigaste kraven.

För att hålla kravspecifikationen strukturerad och lättöverskådlig användes under hela projektet olika typer av underrubriker. Underrubrikerna reviderades under projektets gång allteftersom det blev tydligare vad slutkonceptet skulle bestå av.

5.3 Resultat

5.3.1 Kravspecifikation

Den slutgiltiga kravspecifikationen är uppdelad efter de tre underrubrikerna allmänna krav, specifika krav för kamerapaketet och specifika krav för *Heliosystem*. I varje underrubrik finns ett antal krav representerade med namn, beskrivning samt vilka mätvärden de ska uppfylla. Samtliga krav är även viktade med ett värde mellan 1 och 5, där 1 betyder att kravet har högsta prioritet. Ett utdrag med två krav från respektive underrubrik från den slutgiltiga kravspecifikationen (bilaga 10) finns att ta del av på nästa sida (figur 5.1).

Kravgrupp	Namn	Krav	Beskrivning	Mätvärde	Typ	Källa	Viktning
Allmänna krav							
Allmänna krav	A1	Kompatibel för olika typer av inomhusodling	Ska kunna användas vid medicinsk odling, kommersiell odling samt vid odling i forskningsyfte	Odling på höjd, inuti skär samt odling i ”vanliga växthus	Krav	Brukarstudie	1
Allmänna krav	A2	Kompatibel för olika typer av växtarter	Ska kunna användas för odling av de vanliga typerna av arter som odlas inomhus	Krukväxter, snittblommor, grönsaker och kryddor	Krav	Brukarstudie	1
Specifika krav för kamerapaketet							
Installation & Upphängning	IU1	Kompatibel med <i>Heliospectras</i> armaturer	Kunna monteras i kombination med <i>Heliospectras</i> befintliga och kommande belysningsarmaturer utan att påverka armaturens funktioner	Heliospectras lampor L4A, LX60 och RX60	Krav	Brukarstudie & Fall et.al. 2013	1
Installation & Upphängning	IU2	Kompatibel med belysningsarmatur	Kunna monteras på olika typer av belysningsarmaturer utan att påverka armaturens funktioner	Fionia samt standards för HPS-armatur	Önskemål	Brukarstudie & Fall et.al. 2013	3
Specifika krav för <i>Heliosystem</i>							
Systemkrav	S1	Kompatibel mjukvara	Systemet ska var kompatibelt med befintliga klimatdatorsystem	DGT, Priva, Argus, Hoogendorn	Krav	Brukarstudie	1
Systemkrav	S2	Kommunikation med klimatdatorsystem	Systemet ska kunna hämta och skicka information från klimatdatorsystem	DGT, Priva, Argus, Hoogendorn	Önskemål	Brukarstudie	3

Figur 5.1 Utdrag ur kravspecifikation

5.3.2 Reflektion kring ekologisk hållbar utveckling

Tillverkning

Projektets utformning innebär att en smartare och mer automatiserad produkt är tänkt att föras in i odlingsmiljön. Då denna produkt behöver kontrolleras med någon typ av mikroprocessor, bidrar det till att mängden elektronik och kretskort kommer att öka i odlingsmiljön. Eftersom dessa komponenter har en stor ekologisk påverkan (White, 2013) behöver hänsyn tas till att inte införa mer elektronik än nödvändigt. Vad gäller materialval för produkten bör tre aspekter tas i åtanke:

- Den direkta ekologiska påverkan från materialet bör hållas så låg som möjligt (White, 2013). Detta bör göras genom att använda så lite material som är möjligt och genom att använda material med låg ekologisk påverkan per viktenhet. Material som bidrar till stora utsläpp av växthusgaser eller är giftiga bör därför undvikas.
- Produkten bör designas för att ha en lång livslängd. Odlingsanläggningar utgör en påfrestande miljö med höga temperaturer och hög luftfuktighet. Därför är materialvalet extra viktigt för att ge produkten en lång livslängd. Material som har hög korrosionsbeständighet är därför att föredra. Produkterna kommer även att utsättas för stora ljusmängder, varpå det är viktigt att välja bort material som åldras snabbt såsom vissa typer av polymerer.
- För att ha en låg ekologisk påverkan vid produktens *end-of-life* bör material med goda återvinningsmöjligheter användas. Relativt rena material utan tillsatser bör därför användas, så länge det inte påverkar produktens livslängd i större utsträckning.

Användning

För att möjliggöra en effektiv tillväxt inom odlingsbranschen används stora mängder energi. För att minska den totala ekologiska påverkan för odlingsverksamheten bör produkten minimera bidraget till odlingsanläggningens energianvändning. Två sätt som en tänkt produkt skulle kunna skapa energibesparingar identifierades:

- Genom att hjälpa odlaren att upptäcka avvikelser hos plantor och utrustning i ett tidigt skede kan skador som uppstår minimeras. Därmed kan produktionssvinnet minska och en högre produktion per förbrukad energi uppnås.
- Genom att samla in mer omfattande information om hur plantorna mår kan odlaren uppnå en större förståelse för hur olika klimatparametrar påverkar tillväxten. Denna kunskap kan sedan användas för att optimera odlingsförhållandena och därmed öka effektiviteten för odlingsanläggningen.

Viss ekologisk påverkan kan undvikas om produkten utformas sådant att odlarens transporter till och från odlingsanläggningen minskade i antal. Det skulle kunna uppnås genom att ge odlaren möjlighet att utföra vissa arbetsuppgifter hemifrån.

För att produkten ska ha en lång livslängd är det fördelaktigt om mjukvaran uppdateras fortlöpande. Ju längre tid produkterna kan hållas konkurrenskraftiga gentemot konkurrenter, desto längre tid tar det innan de behöver bytas ut mot nya.

End-of-life

För att minimera den ekologiska påverkan vid slutet av produktens liv bör den utformas för att kunna återvinnas. Detta kan åstadkommas exempelvis genom att utforma produkterna med få material (White, 2013). Då det inte är möjligt att konstruera elektronikprodukter i enbart ett material bör man istället utforma produkten för att enkelt kunna särskilja materialen vid en eventuell återvinningsprocess. Detta kan åstadkommas genom att tillämpa *design for disassembly* och *design for shredding* vid detaljutformning.

6 Idégenerering och konceptutveckling

Detta kapitel beskriver den idégenerering som genomfördes för att identifiera olika dellösningar. Dellösningar kombinerades sedan och användes för att skapa tre funktionskoncept.

6.1 Metod

6.1.1 Idégenerering

Funktionsanalys

Metoden syftar till att analysera funktioner och kategorisera dessa i en huvudfunktion samt flera delfunktioner för produkten. Funktioner har typiskt framkommit från brukarstudien eller funnits med från start. Huvudfunktionen förklarar vilket huvudsyfte produkten har och kan ses som ett krav på egenskap som produkten måste uppfylla. Delfunktioner är funktioner som är underordnade huvudfunktionen och som möjliggör att huvudfunktionen blir uppfylld. Delfunktioner är i sin tur ofta uppbyggda av ytterligare underfunktioner. Dessa underfunktioner kan vara fördelaktiga att definiera vid mer omfattande delfunktioner. Funktionsanalys används som metod både vid redesign av befintliga produkter samt vid framtagning av nya produkter. Funktionsanalysen kan illustreras med hjälp av ett funktionsträd där huvudfunktionen placeras överst med delfunktioner och underfunktioner länkade undertill. Funktionsanalys kan användas som ett underlag då en kravspecifikation ska skapas och idégenerering genomföras (Bohgard, 2011).

Brainstorming

Brainstorming är en tidsbegränsad metod där en grupp personer samlas för att idégenerera kring ett förutbestämt område. För att idégenerering ska bli friare är det fördelaktigt att de medverkande personerna har varierad erfarenhet av området. Sessionerna är tidsbegränsade för att tvinga de deltagande personerna att snabbt generera kreativa idéer utan att själva hinna granska idéerna kritiskt. Ingen negativ kritik och inget praktiskt bedömande får göras under sessionerna (Karlsson, 2007).

”På vilka olika sätt”

Metoden som förkortas med PVOS är en metod för idégenerering kring ett snävt valt område. Metoden bygger på att deltagarna frågar sig själva på vilka olika sätt en definierad problemställning kan lösas (Bligård, 2011).

6.1.2 Konceptframtagning

Morfologisk matris

En morfologisk matris är ett underlag för att illustrera och analysera dellösningar som tagits fram vid idégenerering. I matrisen visas delfunktioner med tillhörande dellösningar vilket ger en överblick över alla olika lösningsalternativ. De olika dellösningarna kan jämföras med varandra för att analysera vilken av dem som bäst löser den definierade funktionen. Utifrån matrisens är det sedan enkelt att kombinera olika dellösningar för att komponera helhetskoncept (Johannesson, 2004).

6.1.3 Konzeptutveckling

Persona

Persona är en fiktiv karaktär som kan skapas för att representera den genomsnittliga brukaren av en viss produkt. Detta genom att identifiera och presentera de typiska egenskaperna som brukaren har. Arbetet med att ta fram en persona görs framför allt med utgångspunkt från brukarstudierna. En persona användas med fördel som stöd under utveckling av en produkt genom att ligga till grund för de val som görs under projektet. Persona är även ett effektivt sätt att kommunicera brukarstudiernas resultat till utomstående intressenter (Wikström, 2013).

6.2 Genomförande

6.2.1 Idégenerering

Utifrån data som samlats in under brukarstudierna gjordes en funktionsanalys. Vilka huvudfunktioner och delfunktioner som bäst skulle representera projektets problembeskrivning diskuterades. Beslut om huvud- och delfunktioner togs gemensamt av projektgruppen utifrån brukarfokus och intuition. Dessa funktioner listades i en funktionslista. Utifrån varje funktion skapades sedan frågeställningar vars syfte var att finnas som stöd vid idégenerering av dellösningar.

Med funktionslistningen och tillhörande frågeställningar som utgångspunkt genomfördes en idégenereringsprocess. Det var främst metoderna brainstorming och PVOS som användes. Tidsbegränsade sessioner hölls kring ett smalare område vilket bidrog till att idégenereringen blev mer fokuserad och djupgående. Varje område representerade ett funktionsområde med en typ av önskvärd funktion som skulle kunna lösas. Fokus låg på att hitta olika lösningar och tekniska principer som tillfredsställde de behov och krav som identifierats hos odlarna. Idégenereringen resulterade i ett antal olika dellösningar inom de olika funktionsområdena.

6.2.2 Konceptframtagning

De olika dellösningarna strukturerades upp och fördes in i en morfologisk matris. Detta för att ge överblick och skapa ett diskussionsunderlag för potentiella helhetslösningar. Med den morfologiska matrisen som underlag fördes gruppdiskussioner kring för- och nackdelar med de olika dellösningarna. Det resulterade i att ett antal vägval mellan olika dellösningar identifierades, där valet av dellösning skulle påverka produktens funktion. För vissa delfunktioner identifierades inga vägval och där minskades istället antalet dellösningar ned till att enbart innefatta de som ansågs vara realiserbara. Utifrån de dellösningar som kvarstod bildades sedan en uppdaterad morfologisk matris (bilaga 11) med utvalda dellösningar.

Tre konceptspår bildades utefter de olika typerna av möjlig övervakning i odlingsmiljö som identifierats. Gruppdiskussioner fördes i flera omgångar för att bilda en uppfattning om vilka av dellösningarna som bäst passade till de olika konceptspåren., utifrån kraven från brukarstudien. Diskussionerna fördes även med andra parter som handledare och mentorsgrupp bestående av studenter från masterprogrammet

Industrial Design Engineering. Att ta fram de tre koncepten var en iterativ process då nya insikter hela tiden uppkom vilket påverkade utformningen av koncepten. Exempelvis slogs två koncept ihop till ett efter ett möte med mentorsgruppen då de två konceptens syfte var liknande. Det resulterade i ett mer väldefinierat koncept som uppfyllde samma behov som de tidigare två koncepten tillsammans. Slutligen enades projektgruppen kring tre olika kombinationer av dellösningar som blev projektets tre funktionskoncept.

6.2.3 Konzeptutveckling

De tre koncepten förfinades genom att dellösningarna verifierades och omarbetades flera gånger. Framförallt analyserades och definierades de olika konceptens funktioner och anpassades sådant att de skulle uppfylla användarens behov och krav. Processen var iterativ och avslutades inte förrän koncepten var väl definierade samt önskvärt resultat var uppfyllt. En variant av personans utformades för varje koncept för att lättare kunna utvärdera hur väl koncepten uppfyllde den tänkta målgruppens behov och krav.

Litteraturstudier gjordes för att kartlägga avvikelsemönster hos växter på grund av skador och sjukdomar. Med stöd från litteraturstudierna identifierades avvikelser möjliga att upptäcka med en enkel kamera. Vidare undersöktes vilka olika kameratekniker och möjliga bildanalysmetoder som skulle kunna användas för de tre olika koncepten.

Konceptuella illustrationer togs fram för varje koncept bestående av kontextbilder samt utkast på möjligt gränssnitt. Kontextbildernas syfte var att förmedla en känsla för hur konceptet skulle se ut i odlingsmiljön. Utkast på gränssnitt bestod av vad brukaren skulle mötas av och interagera med i respektive koncept. Syftet med illustrationerna var att förmedla odlarens upplevelse av respektive koncept.

6.3 Resultat

6.3.1 Idégenerering

Marknadssegmentet forskningsodling togs inte hänsyn till vid idégenereringen. Anledningen var främst att segmentet är litet och begränsade möjligheter fanns för att samla in data. Dessutom skiljer sig denna typ av odlingsanläggning mycket från anläggningarna i de två andra marknadssegmenten vilket gör det svårt att applicera samma typ av dellösningar.

Funktionslistning med frågeställningar

Nedan presenteras den funktionslistning med tillhörande frågeställningar som framkom av funktionsanalysen (figur 6.1).

Huvudfunktion	Övervakning <ul style="list-style-type: none">• Att hjälpa till att övervaka något på anläggningen sådant att ansvar tas från och hjälps till odlaren att upptäcka felaktigheter.• <i>Vad ska övervakas och hur ska det göras?</i>
Delfunktioner	Växt- och anläggningskontroll <ul style="list-style-type: none">• Att kunna kontrollera att växter och anläggning har normal status.• <i>Hur kan växter och anläggning kontrolleras sådant att de har normal status?</i>
	Avvikelse-detektion <ul style="list-style-type: none">• Att upptäcka olika typer av avvikelser hos växter och anläggning.• <i>Vilka typer av avvikelser kan detekteras på växter och anläggning?</i>
	Bilddokumentation <ul style="list-style-type: none">• Att dokumentera övervakat objekt sådant att det är enkelt att få bra översikt, går att komma åt vid senare tidpunkt samt kan skickas vidare till externa intressenter såsom konsulter.• <i>Hur ska bilderna tas, sparas och presenteras för att ge möjlighet till analys och enkelt kunna skickas vidare till externa intressenter?</i>
	Bildanalys <ul style="list-style-type: none">• Att kunna manipulera bildmaterialet sådant att mönster framkommer sådant att odlaren kan ta del av värdeskapande information.• <i>Vilka metoder finns för att se avvikelser och kan avvikelserna kännas igen av mjukvaran?</i>
	Säkerhetsövervakning <ul style="list-style-type: none">• Att vara ett säkerhetsövervakningssystem som uppfyller lagkrav och säkerställer att inga obehöriga kommer in på anläggningen eller att inget som tillhör anläggningen olagligt forslas ut.• <i>Hur kan ett säkerhetsövervakningssystem fungera?</i>

Figur 6.1. Funktionslistning med tillhörande frågeställningar

Dellösningar

De dellösningar som framkom vid idégenereringen finns representerade i den morfologiska matris (bilaga 11). Dellösningarna är i stora drag strukturerade utifrån de funktionsområden som behandlats vid idégenereringen. Idégenereringsprocessen medförde dock en omstrukturering av funktionsområdena. Det framkom att dellösningarna under funktionsområdet bildbehandling var tvungna att omstruktureras. Funktionsområdet bildbehandling gav dellösningar som även passade in under avvikelsetekktion. Funktionsområdet bildbehandling togs därför bort och dellösningarna förflyttades till funktionsområdet avvikelsetekktion. Idégenereringen resulterade även i att två nya funktionsområdena, alarm och kameratyp, infördes. Detta gjordes då alarm och kameratyp är en del av det spår projektet valt för huvudfunktionen övervakning.

6.3.2 Konceptframtagning

På kommande sidor presenteras det urval av realiserbara dellösningar som gjordes (figur 6.2). Dellösningarna är kortfattat beskrivna och strukturerade utifrån de funktionsområden som behandlats vid idégenereringen.

Övervakning, vad ska övervakas?

Övervakning avser att specificera vad som ska övervakas samt hur det ska övervakas.

Alla plantor

Kameror är placerade över hela växtbädden för att möjliggöra övervakning av samtliga plantor på odlingsanläggningen. Lösningen kräver många kameror som alla blickar vertikalt nedåt mot växtbädden.

Hela växthuset

Kameror är placerade för att övervaka all utrustning på anläggningen, in- och utgångar samt för att ge en överblick över växtbädden. För denna lösning krävs några kameror som blickar snett nedåt, ut över odlingsanläggningen.

Referensplantor

Kameror är placerade för att övervaka en eller ett få antal plantor för varje avdelning som är tänkte att fungera som referensplantor. För denna lösning krävs enstaka kameror som blickar antingen vertikalt rakt ned mot plantan eller från sidan.

Utrustning

Kameror är placerade för att övervaka utrustningen på odlingsanläggningen. För denna lösning krävs ett mindre antal kameror som blickar rakt mot den utrustning som önskas övervakas.

Övervakning, hur ska det övervakas?

Stationär kamera

Kameran är fast monterad vilket kräver ett större antal kameror om ett större område önskas övervakas.

Rörlig kamera

Kameran kan antingen fysiskt flytta på sig eller panorera/zooma vilket medför att en ensam kamera kan täcka in ett större område.

Drönare med kamera

Kameran är monterad på en drönare som rör sig fritt vilket medför att en ensam kamera kan täcka in ett stort område.

Växt- och anläggningskontroll

Växt- och anläggningskontroll avser att specificera olika typer av kontroll som ska användas för att kontrollera status på växter och anläggning.

Jämförelse av ny data med gammal data

Ny data jämförs med senaste registrerade datan för att se om något har ändrat sig.

Jämförelse av ny data med riktvärden

Ny data jämförs med riktvärden för att se om något har ändrat sig.

Okulär besiktning på plats

Okulär besiktning och bedömning görs av odlaren på plats i odlingsanläggningen för att se om något har ändrat sig.

Okulär besiktning offsite

Okulär besiktning och bedömning görs av odlaren *offsite* med hjälp av bilder från odlingsanläggningen för att se om något har ändrat sig.

Avvikelse-detektion

Avvikelse-detektion avser att specificera vilka parametrar som kan övervakas för att hitta avvikelser på plantorna.

Färg

Färgskiftningar på plantans blad och frukter kan orsakas av skador, sjukdomar och skadedjursangrepp på plantan.

Bladarea

Förändringar i bladarea då bladen slokar eller drar ihop sig inträffar framförallt vid vattenbrist men även vid stress, vissa sjukdomar och skadedjursangrepp på plantan.

Bladstruktur

Små förändringar i bladstrukturen kan vara ett tecken på att plantan inte mår bra.

Skadedjur

Många typer av skadedjur kan angripa en planta, generellt sitter skadedjuren under bladen.

Höjd

Plantans höjd och tillväxttakt kan avslöja hur bra den mår.

Alarm

Alarm avser att specificera på vilket sätt användaren ska larmas då exempelvis en avvikelse har identifierats.

Via smart enhet

Användare larmas via en smart enhet som exempelvis en smartphone eller surfplatta. Det är en mobil lösning där odlaren kan få larm oberoende vart denne befinner sig.

Via dator

Användaren larmas via en programvara i dator. Alla alarm samlas på ett och samma ställe men bygger på att användaren har tillgång till en dator.

Visuellt alarm

Användaren larmas med en visuell signal ute på odlingsanläggningen. Det kräver att användaren befinner sig på anläggningen när larmet går för att denne ska se det.

Bilddokumentation, bildupptagning

Bilddokumentation avser att specificera på vilket sätt bilderna ska tas, sparas och presenteras. Detta för att ge användaren möjlighet till analys och på ett enkelt sätt möjliggöra delning av bilder med externa intressenter.

Bildupptagning endast vid behov

Bilder dokumenteras endast vid behov vilket medför att bildmaterialet blir begränsat samt att endast begränsad lagringskapacitet krävs.

Kontinuerlig bildupptagning

Bilder dokumenteras kontinuerligt för att få ett heltäckande material där alla händelser dokumenteras.

Bilddokumentation, lagring

Intern lagring

Lagringskapaciteten är lokaliserad lokalt vilket medför hög inköpskostnad men låg driftskostnad. Lokalt lokaliserad lagring uppfyller även lagkrav för medicinsk odling.

Molnbaserad lagring

Lagringskapaciteten finns externt i molnet vilket medför låg inköpskostnad men en högre driftskostnad.

Bilddokumentation, presentation

Kontinuerlig sammanställning

Bildmaterial sammanställs kontinuerligt sådant att användare ständigt kan ta del av aktuellt material. Det gör att användaren ständigt är uppdaterad men kräver stor datakapacitet.

Periodvis sammanställning

Bildmaterial sammanställs periodvis vid fördefinierade tillfällen sådant att användare kan ta del av det senaste sammanställda materialet.

Sammanställning på begäran

Bildmaterial sammanställs på begäran av användare. Det kräver minimal datakapacitet men kan innebära att användaren måste vänta på resultat då mycket material måste sammanställas vid begäran.

Säkerhetsövervakning

Säkerhetsövervakning avser att specificera på vilket sätt ett säkerhetsövervakningssystem ska uppta bildmaterial.

Konstant filmning

Upptagning av bildmaterial görs kontinuerligt vilket innebär stora mängder av data och lägre bildupplösning för att hålla ner datamängden. Konstant filmning uppfyller lagkrav för medicinsk odling.

Record on motion

Upptagning av bildmaterial görs först då systemet upptäcker någon typ av rörelse. Hög upplösning kan användas då det kräver minimalt med lagringskapacitet.

Time-lapse

Upptagning av bildmaterial görs i bildsekvenser sådant att stillbilder tas med ett fördefinierat intervall.

Kameratyp

Kameratyp avser att specificera vilka olika egenskaper kamerorna ska inneha för att kunna användas till önskat ändamål.

Stillbild

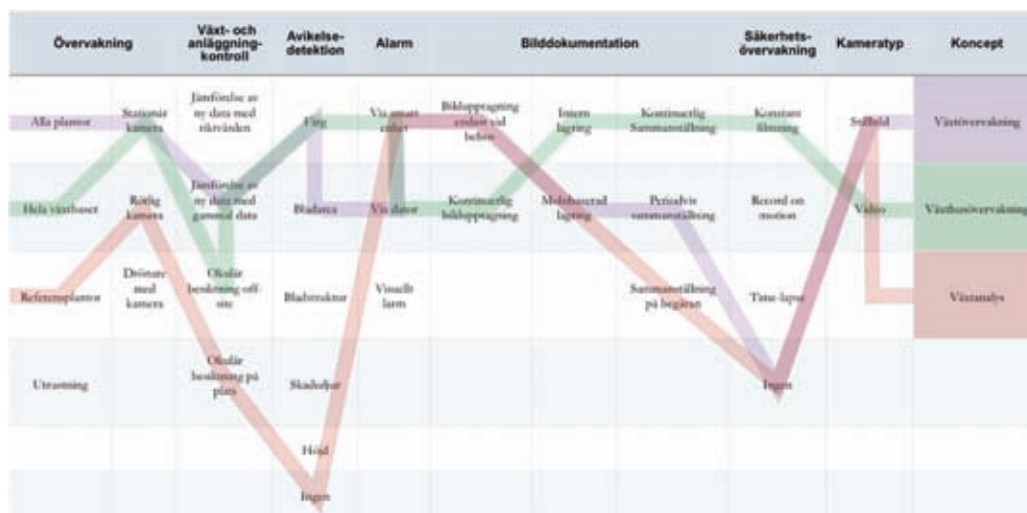
En kamera som tar stillbilder övervakar inte objektet konstant men ger möjlighet till hög upplösning.

Video

En kamera som spelar in video övervakar objektet konstant men kräver att kameran har låg upplösning för att inte generera stora mängder data.

Figur 6.2. Dellösningar

Nedan presenteras en morfologisk matris (figur 6.3) med tidigare beskrivna dellösningar. Dellösningarna är sammansatta till tre olika funktionskoncept som representeras av de olika färger. Dessa funktionskoncept var de projektet valde att gå vidare med.



Figur 6.3 Morfologisk matris med bildande av koncept

6.3.3 Konceptutveckling

Funktionskoncept

De tre färdigställda koncepten skiljer sig från varandra eftersom de utformats för att lösa olika typer av problem och möta olika behov. Eftersom uppdragsgivaren önskade att få kartlagt hur kamerasensorer skulle kunna användas i odlingsmiljö, ansågs det viktigt att presentera en bred bild i detta skede av projektet.

Koncepten kallas för funktionskoncept eftersom de är tre olika sammanställningar av vilka funktioner som en kamerasensor skulle kunna ha. De presenterar inte tre olika sätt att presentera tre olika sätt att utforma en produkt eller lösa ett problem. Istället löser de alla olika typer av problem och tillgodoser skilda behov.

Projektgruppen valde att presentera funktionskoncepten på ett jämnt sätt för att låta företaget välja en fortsatt inriktning. Därför är funktionskoncepten utvecklade för att enskilt kunna skapa en mer optimerad odlingsmiljö och skapa värde för odlare.

Val av inriktning på bildanalys

Färgskiftning och förändring av bladarea är de vanligast förekommande avvikelserna hos en planta. Det är även de avvikelser som täcker även in flest åkommor som kan drabba en planta (Pettersson, 2015). Detta framkom ur de litteraturstudier som genomfördes kring avvikelsemönster på växter med skador, sjukdomar eller skadedjursangrepp (bilaga 12). Färgskiftningar i gult och slokande blad är vanligt då plantan blir stressad av fel ljus-, närings- eller vattenmängd. Vid skadedjursangrepp sätter sig generellt skadedjuren under plantans blad där de äter av plantan och lägger ägg. Plantans reaktion på detta är jämt fördelade eller punktvisa färgskiftningar på bladen. Reaktionen kan även vara att plantans blad drar ihop sig. Vissa skadedjur befinner sig ibland ovanpå bladen och skulle då kunna detekteras som en färgavvikelse. Nedan presenteras en sammanställning över olika sätt att upptäcka de mest frekvent förekommande avvikelserna (figur 6.4).

Avikelsetyp	Teknik för detektion	Skada/sjukdom
Färg	Pixelfärg, våglängdsfilter	Ljus (för mycket, för lite), näringsbrist, skadedjur, vatten (för mycket, för lite)
Bladarea	Pixelfärg, våglängdsfilter	Vatten (för mycket, för lite), näringsbrist, skadedjur
Rörelse	Lång slutartid (stillbilder)	Skadedjur
Värme	IR-kamera	Skadedjur
Höjd	Lasertriangulering, 3D modellering	Näringsbrist, allmänt sämre tillväxt

Figur 6.4 Sammanställning av avvikelser

Persona

Tre personas är utformade för att representera de odlare som står bakom de tre funktionskoncepten.

Persona 1

Odlaren undersöker sina växter flera gånger dagligen för att upptäcka skador och sjukdomar. Oro för att förlora delar av eller hela sin skörd om inte alla plantor undersöks tillräckligt ofta är ständigt närvarande hos odlaren.

Plantorna undersöks kontinuerligt av personalen på odlingsanläggningen i samband med andra sysslor, såsom skörd eller förflyttning av plantorna. Odlaren själv går även runt på anläggningen och undersöker växterna aktivt genom att göra stickprov på olika platser runt



Figur 6.5 Persona 1

om i odlingen. Det är viktigt att hitta avvikelser tidigt för att ha möjlighet att åtgärda orsaken så snabbt som möjligt. De ekonomiska marginalerna är små. Ett angrepp av skadedjur eller svamp alternativt problem med bevattningssystemet skulle få förödande ekonomiska konsekvenser. Odlaren kan därför inte släppa jobbet vid arbetsdagens slut och kontrollerar klimatdata från hemdatorn minst tre gånger varje dag. Odlaren vill vara helt säker på att allt ser ut som det ska.

Trots ständiga kontroller till följd av odlarens oro blir det ändå en del svinn då någon avvikelse missas eller inte upptäcks i tid.

Persona 2

Odlaren arbetar på en större mer automatiserad odlingsanläggning. Automatiseringen innefattar luckor och energivävar i taket, hundratals armaturer, hundratals pumpar och ventiler för vatten och koldioxid samt flertalet fläktar.



Figur 6.6 Persona 2

Odlaren ställer sig positiv till den höga graden av automation men är bekymrad över att utrustningen ska gå i sönder eller fela utan att det uppmärksammas. Detta skulle kunna orsaka stora skador på växterna. Om en odlingslampa skulle slå på under natten skulle exempelvis plantornas växtcykel rubbas och tillväxten hämmas. Odlaren har flera alarm på klimatdatorn som även är kopplad till mobilen som ska utlösas om något går sönder. Tyvärr litar inte odlaren på alarmen vilket gör att odlaren kontrollerar utrustningen själv på plats men väl hemma skapas en osäkerhet. Odlarens ständiga oro för utrustningen gör att odlingsanläggningen sällan är obemannad. Ofta jobbar odlaren själv men annars jobbar någon medarbetare på kvällar och helger. I längden innebär det höga personalkostnader.

På anläggningen odlas medicinska växter vilket gör att vissa lagkrav måste uppfyllas. Hela anläggningen behöver därför enligt lag ständigt övervakas med kamera.

Persona 3

Odlaren spenderar 16 timmar per vecka på att manuellt dokumentera växtdata från referensplantor. Bokhyllorna hos odlaren är fulla med pärmar innehållandes statistik och ark med data.

Varje vecka går mycket tid åt till att kommunicera med växtkonsulter och andra odlare över mail och telefon. Odlaren har växtkonsulter som kommer på besök varannan vecka med råd. Däremellan kommunicerar de genom att skicka bilder, klimatdata och frågor till varandra. Odlaren är



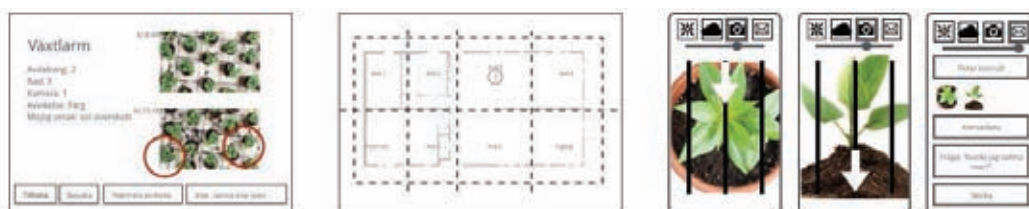
Figur 6.7 Persona 3

även del av en odlargrupp där odlarna delar växtdata med varandra för att diskutera vilka parametrar som kan leda till den bästa tillväxten. Mängden tid som går åt till att kommunicera med växtkonsulter och andra odlare orsakas av den manuella hanteringen av data. Odlaren får ofta sätta ihop personspecifika sammanställningar av data för varje person då varierande data ska delas med de olika personerna.

Odlaren tycker att det är spännande att experimentera med olika parametrar för att maximera tillväxten hos plantorna. Nyfikenhet för innovation finns och odlaren uttrycker intresse för en bättre kommunikationslösning.

6.3.4 Konceptpresentation

Nedan beskrivs de funktionskoncept som utformades utifrån dellösningarna (figur 6.8).



Figur 6.8. Utdrag från de tre konceptens mjukvara

Koncept 1 Växtundersökning

Konceptet består av stationära kameror som är monterade på odlingsbelysning (figur 6.9). Kamerorna tar högupplösta bilder med ett bestämt tidsintervall. Bilderna analyseras av en mjukvara som även sätter samman bilderna för att skapa en heltäckande bild över anläggningens odlingsbäddar. Odlaren kan från sin datorskärm undersöka växter, välja att bevaka specifika växter, se bildhistorik samt få alarm vid avvikelser hos växterna (figur 6.10).



Figur 6.9. Kontextbild för koncept växtundersökning

Mjukvaran analyserar pixlar på de tagna bilderna och larmar odlaren om något avviker från det normala. Mjukvaran letar efter färgavvikelse eller avvikelse av bladarea hos plantorna. Dessa avvikelser täcker in många skador och sjukdomar som exempelvis fel mängd ljus eller vatten och många olika typer av skadedjursangrepp.

Odlaren kan vid alarm välja att bevaka en växt, registrera vilken typ av avvikelse det är för att utöka databasens självigenkänning eller registrera larmet som en normalavvikelse. (figur 6.11). Användaren ska själv kunna prioritera alarm och justera känsligheten för de larm som ges.

Eftersom odlaren i dagsläget föredrar att kontrollera växterna genom att vandra genom anläggningen finns möjligheten att göra det interaktivt via mjukvaran *offsite*. Detta görs genom att odlaren väljer vilken avdelning, rad och del av rad som ska undersökas. Bilderna från kamerorna är ihopsatta för att möjliggöra detta. (figur 6.12 och 6.13)

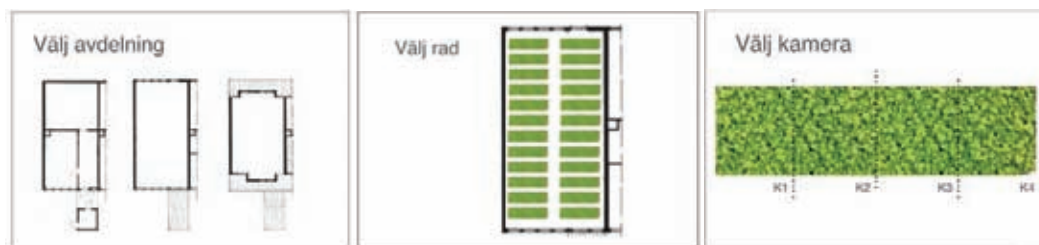
Odlaren kan även gå in under historik för att hitta gamla sparade bilder som finns ordnade i en tydlig mappstruktur (figur 6.14). Detta för att odlaren ska ha möjlighet att kolla tillbaka och spåra avvikelser samt jämföra olika produktioner.



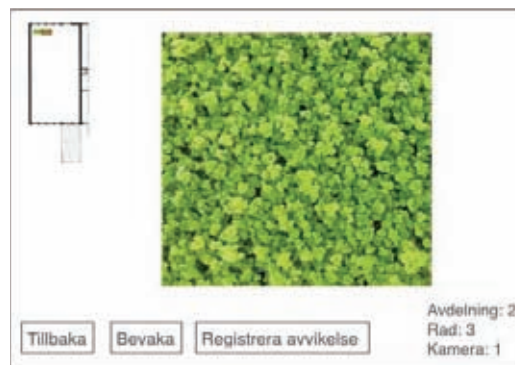
Figur 6.10. Startskärm för koncept 1



Figur 6.11. Gränssnitt vid larm



Figur 6.12. Gränssnitt för att välja kamera



Figur 6.13. Gränssnitt för då kamera är vald



Figur 6.14. Historik med bilder i mappstruktur

Fördelar

Odlaren kan med det här konceptet få stöd för att upptäcka avvikelser hos plantorna genom att effektivisera växtundersökningen, inspektera odlingen *offsite*, bevaka plantor och genomföra *backtracking*. Detta skulle bidra till minskad oro för odlaren.

Utmaningar

Utmaningar med avvikelседetekteringen är att hitta avvikelser och lämplig placering av kameran samt att övervinna odlarens teknikmotsättning. Att inte inkludera naturliga avvikelser gällande färg och bladarea samt att upptäcka såpass fina detaljer att även ett skadedjursangrepp kan upptäckas är en stor utmaning. Brukarstudierna visade att bara 40% av de tillfrågade odlarna har belysning över hela odlingen. En annan utmaning är därför placering av kamera sådant att hela odlingsbädden täcks. Det framkom även av brukarstudierna att odlarnas attityd är en utmaning. Detta då många odlare inte är övertygade om att kameror skulle minska deras oro för växterna samt att avvikelser skulle kunna detekteras med hjälp av kameror. Det finns en teknikmotsättning som behöver tas hänsyn till

Koncept 2 Växthusövervakning

Det här konceptet består av flera stationära kameror som överblickar hela odlingsanläggningen innefattande utrustning och växter. (figur 5.15). Övervakningskamerorna är kopplade till en mjukvara som larmar om utrustning på anläggningen avviker från det normala.



Figur 6.15. Kontextbild för koncept växtövervakning

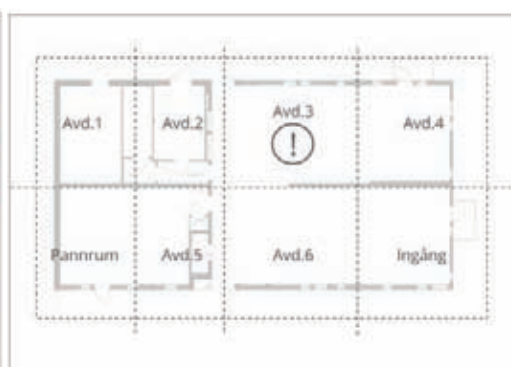
Konceptets mjukvara jämför bilder som valts ut från kamerans video med referensbilder och klimatdatorns inställningar. Om mjukvaran exempelvis upptäcker en bild där ett område på bilden är mörkare än på en referensbild och alla lampor bör vara påslagna enligt klimatdatorn får odlaren ett alarm. På datorn kan odlaren se information om alarmet och vart på anläggningen det kommer ifrån (figur 6.16 och 6.17).

Det är även möjligt för odlaren att kontrollera odlingsanläggningen i realtid *offsite*. Om odlaren har tillgång till en dator kan denne välja att se till olika avdelningar och vyer (figur 6.18 och 6.19).

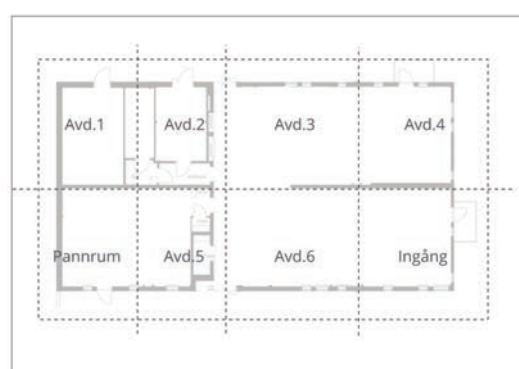
För att möta de lagkrav som finns för medicinsk växtodling kan kamerorna filma plantorna dygnet runt och lagra all videinspelning lokalt i 45 dagar.



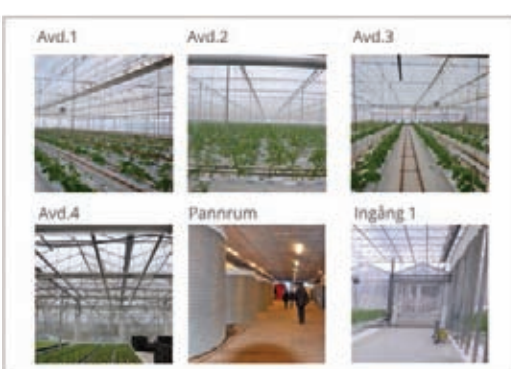
Figur 6.16. Information om alarm



Figur 6.17. Var alarm har uppstått



Figur 6.18. Startskärm på koncept 2



Figur 6.19. Vyer av de olika avdelningarna

Fördelar

Konceptet hjälper odlaren att snabbt upptäcka utrustning som gått sönder eller är felaktig. Möjligheten att överblicka odlingsanläggningen och dess status *offsite* till minskad oro. En fördel är även att lagkraven för övervakning av medicinsk odling kan uppfyllas.

Utmaningar

Utmaningar finns med att få ut stillbilder från video, hitta lämpliga referensbilder och upplösning på video. En utmaning är att skapa en mjukvara som på ett effektivt sätt kan ta ut stillbilder från video och jämföra dem med referensbilder. Det är även svårt att hitta lämpliga referensbilder då utseendet på en anläggning kan förändras beroende på exempelvis väder. En annan utmaning är val av upplösning på videomaterialet. Bildstorleken måste vara tillräckligt stor för att hitta avvikelser men samtidigt inte kräva allt för stort lagringsutrymme.

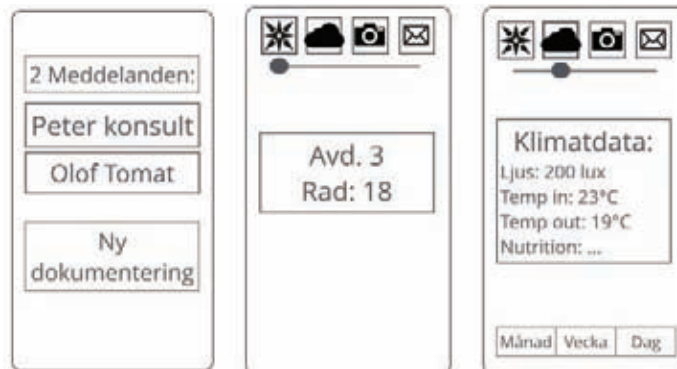
Koncept 3 Växtdata dokumentering

Det här koncept är en applikation till smartphones som minimerar tiden som krävs för att dokumentera och kommunicera växtdata (figur 6.20). Syftet med applikationen är att skapa en enhetlig standard och ett smidigt arbetsflöde för hur växtdata dokumentering kan ske.

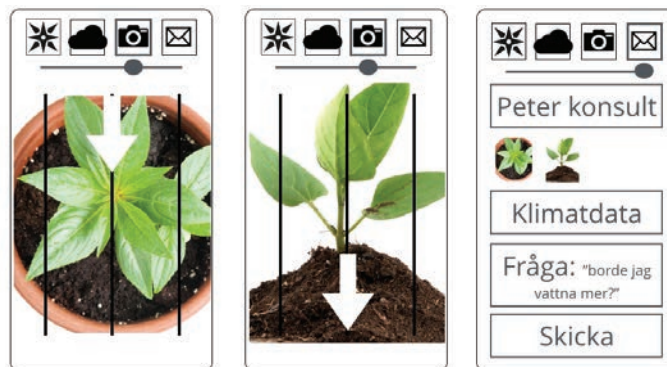


Figur 6.20. Kontextbild för koncept växtdata dokumentering

Applikationens startsida innehåller aktuella växtanalyskonversationer med konsulter, odlare och andra externa intressenter (figur 6.21). Applikationen kan också användas som ett insamlingsverktyg för växtdata från referensplantor. Detta sparar tid eftersom odlaren slipper manuell datahantering. Dessutom kan all dokumentering och kommunikation samlas på ett och samma ställe.



Figur 6.21. Växtanalyskonversationer och påbörjad



Figur 6.22. Fortsättning på växtdatainsamling

Vid genomförandet av dokumentation av en referensplanta genomförs en specifik sekvens av handlingar (figur 6.21 och 6.22). Den finns även representerad symbolmässigt högt upp i applikationen för att användaren enkelt ska kunna navigera sig. Nedan presenteras dokumentationsprocessen:

1. Odlaren väljer ”ny dokumentering”.
2. Odlaren registrerar plantans placering.
3. Odlaren kan ta del av information från klimatdatorn som finns lagrad för den specifika plats plantan befinner sig på. Även historik finns tillgänglig.
4. Odlaren kan välja att dokumentera plantan med bild och/eller de parametrar som är relevanta för den specifika situationen. Om planta dokumenteras med bild finns ett standardiserat arbetsflöde tillgängligt (figur 6.22).
5. Odlaren kan välja att dela informationen med andra odlare eller konsulter. Det går även att bifoga eventuella anteckningar eller frågor.

En framtida möjlighet är att applikationen även ska fungera som ett hjälpmedel för att genomföra växtanalys. Dessa hjälpmedel skulle exempelvis kunna vara att ta makrofoton eller att manipulera fotografiers ljusspektrum för att enklare kunna bedöma en plantas hälsa.

Fördelar

En fördel med det här konceptet är effektivare dokumentering och kommunikation. Mindre tid krävs, all data samlas på ett ställe och det blir även lättare att välja ut relevant data att dokumentera och kommunicera.

Utmaningar

En utmaning med konceptet är att hitta en gemensam växtanalysstandard för odlare och konsulter. Dessutom måste lämpliga växtutvärderingsmetoder hittas som kan hjälpa odlaren att göra en relevant analys.

7 Konceptutvärdering

I följande kapitel presenteras den konceptutvärdering som gjorts av de tre framtagna funktionskoncepten. Koncepten löser olika problem och har därför möjlighet att attrahera olika marknader. Konceptens skiljaktighet gör även att de inte har samma kravspecifikation. Detta gör det svårt att på ett metodiskt sätt jämföra konceptens lämplighet för vidareutveckling. En strukturerad konceptutvärdering med poängsättning och viktning var därför inte ett alternativ. Konceptens lämplighet för vidare utveckling valdes istället att diskuteras tillsammans med uppdragsgivaren och åhörarna vid delpresentationen på Chalmers.

7.1 Genomförande

7.1.1 Konceptpresentation

När de tre funktionskoncepten färdigställdes förbereddes presentationsmaterial för att hålla i två delpresentationer. Då de tre funktionskoncepten löser olika problem beskrevs de på delpresentationerna utifrån tre olika scenarios med tillhörande personas. Olika problem och behov presenterades för respektive koncept för att öka förståelsen för bakgrunden till koncepten. Delpresentation genomfördes på Chalmers för övriga kandidatgrupper på Teknisk Design och på plats hos uppdragsgivaren *Heliospectra*. Syftet med de två presentationerna var att få feedback, diskutera de olika koncepten och göra en konceptutvärdering för att kunna gå vidare i projektet.

7.1.2 Konceptval för fortsatt produktutveckling

I samråd med *Heliospectra* och baserat på den feedback gruppen fick under och efter delpresentationerna valdes inriktning för projektets fortsatta arbete.

7.2 Resultat

7.2.1 Konceptpresentation på Chalmers

Presentationen som hölls på Chalmers fick genomgående positiv respons. Att tre funktionskoncept presenterades upplevdes inte som negativt. Åhörarna hade inga svårigheter att sätta sig in i de olika problembilderna. Däremot upplevde åhörarna det svårt att jämföra koncepten med varandra och viktade dess betydelse.

De olika konceptens förmåga att anpassas efter olika typer och storlekar på odlingsanläggningar kom upp till diskussion under presentationen på Chalmers. Koncept 1 uppfattades delvis vara oflexibelt då konceptet inte kan uppfylla sin funktion om en odlare väljer att inte förse all sin odlingsbelysning med kameror. För en stor odlingsanläggning skulle detta kräva en större investering. Begränsningen att endast generera bilder av plantorna ovanifrån hos koncept 1 och 2 diskuterades även. Detta med tanke på att många skadedjur endast syns på undersidan av bladen. Möjligheten att kombinera två alternativt samtliga koncept diskuterades även under presentationen.

7.2.2 Konzeptpresentation för *Heliospectra*

Heliospectra ställde sig positivt till de tre funktionskoncepten som presenterades under delpresentationen. Något som av *Heliospectra* upplevdes som en utmaning med koncept 1 är de rörliga växtbanor som många odlingsanläggningar har. Om växterna rör på sig måste mjukvaran fortfarande kunna utföra en bildanalys. *Heliospectra* var även tveksamma till att kameran i koncept 1 endast var tänkt att monteras på befintlig belysningsarmatur. Önskemål om att i ett första steg ta fram en produkt monterbar på mer än bara befintlig belysningsarmatur uttrycktes. Samtidigt klargjordes att *Heliospectra* som företag inriktar sig på belyst odling. *Heliospectra* menade att det först på sikt kunde bli aktuellt att anpassa och integrera en kamera i *Heliospectras* egna lampor.

Färgavvikelse valdes som typ av bildanalysavvikelse att använda i koncept 1. Färg- och bladareavvikelse hade identifierats som de avvikelser som täcker in flest åkommor men färgavvikelse valdes då den ansågs mest genomförbar inom projektets ramar. Önskemål att möjliggöra för odlaren att följa plantornas tillväxt och se var i odlingscykeln plantorna befinner sig lyftes även.

Att koncept 2 eftersträvade att uppfylla lagkraven för medicinsk odling uppfattades av *Heliospectra* som positivt. Risken att övervakningskamerorna skulle kunna upplevas inskränkande på arbetarnas integritet diskuterades. Koncept 2 väckte även frågan om lagring av data. *Heliospectra* ställde sig positivt till en molnbaserad lagringsform men bytte uppfattning då de gjordes medvetna om det lagkrav för medicinsk odling som kräver lokal lagring av data.

Vid presentation av koncept 3 uttryckte *Heliospectra* att liknande applikationer redan finns på marknaden. Applikationen heter *TrailTracker* och har liknande funktionalitet. Att enbart utveckla en applikation för växtundersökning ansågs därför inte vara aktuellt.

Inriktningen av ett systemtänk beslutades efter en övergripande diskussion angående projektets kommande inriktning. *Heliospectra* lyfte alternativet att använda olika typer av kameror för att skapa en helhetslösning för odlaren. De höll däremot med om att koncept 1 skulle kräva en kamera utvecklad specifikt för växtövervakning. *Heliospectra* menade att de övervakningskameror som finns på marknaden idag skulle kunna utgöra kamerorna i koncept 2. *Heliospectra* ansåg att funktionaliteten i koncept 1 och 2 var genomförbar och att energi istället skulle läggas på att binda samman dem i ett systemtänk. Detta skulle eliminera konflikterande krav då flera olika kamerasensorer kan användas. Koncept 1 och koncept 2 upplevdes även komplettera varandra bra rent funktionsmässigt. Koncepten använder sig dessutom av samma typ av data i form av bildinformation vilket gör att de skulle kunna använda sig av liknande analysverktyg och gränssnitt. *Heliospectra* lyfte även möjligheten att integrera delar av koncept 3 i systemet.

Många nya aspekter kring ett system framkom och diskuterades. *Heliospectra* uttryckte en önskan om att kunna integrera de sensorer som företaget utvecklar idag i systemet. Frågan om konsulten bör integreras i systemet lyftes även. Det diskuterades även om möjligheten att utveckla växtövervakningskameror för att nyttja projektgruppens fulla kompetens.

7.2.3 Konceptval för fortsatt produktutveckling

Heliospectras åsikt var att projektets fortsatta arbete borde koncentreras på att utveckla en koncept som innefattar framförallt koncept 1 och 2. Detta då:

- Ett enskilt koncept inte kan lösa alla de problem som uppmärksammats under brukarstudierna.
- Det skulle vara av större intresse och mer givande att utveckla en mer konceptuell slutprodukt med innovationshöjd än att utveckla ett enkelt funktionskoncept.
- *Heliospectra* är ett nischat företag och har svårt att konkurrera med större aktörer på marknaden om produkter som redan existerar. Ett heltäckande system anses vara en unik affärsidé.

Med ovanstående argument som grund valdes följande delar ut för fortsatt utveckling:

- Ett systemkoncept innehållande olika typer av kameror, sensor och beräknande mjukvara som binds ihop med ett gemensamt gränssnittskoncept.
- Förslag på utformning av kamerahus för koncept 1 växtövervakning.
- En utkast på bildanalysalgoritm som detekterar färgavvikelser.
- En marknadsföringsstrategi.

De förutsättningar som fastställdes för den fortsatta utvecklingen var:

- Systemet har tillgång till information från klimatdatorn.
- Det finns inte någon standard inom medicinsk odling, alla verksamheter ser olika ut.
- Systemet strävar inte efter att till fullo automatisera odlingsanläggningarna.

De funktionsområden och dellösningar som omnämns i idégenereringen kommer inte användas och diskuteras i det fortsatta utvecklingsarbetet. Den främsta orsaken är att projektet lyftes till en högre abstraktionsnivå för att utveckla ett system som innehåller de olika funktionskoncepten. Systemet tar endast hänsyn till de tre funktionskoncepten som i sin tur redan utvecklats utifrån och innehåller de framtagna dellösningarna. Vissa dellösningar kommer däremot finnas kvar. Dessa står för sig själv som förutsättningar då utveckling av kamerahus och algoritm för koncept växtövervakning sker.

8. Detaljerad utveckling av koncept

Följande kapitel är uppdelat i tre avsnitt. Avsnitten beskriver processen och utvecklingen av system, kamerahus och bildanalysalgoritmer. *Heliosystem* är ett arbetsnamn som i detta kapitel syftar till den helhetslösning *Heliospectra* skulle tillhandahålla till sina kunder. *Heliosystem* är skilt från ordet system som framöver används för att benämna alla ingående delar i en odlingsanläggnings verksamhet. Slutgiltigt resultat av den detaljerade utvecklingen av koncepten i presenteras först i kapitel 8 Slutprodukt.

8.1 Detaljerad utveckling av system

8.1.1 Metod

Data Flow Diagramming (DFD)

DFD är en metod som bland annat används av programmerare för att designa datasystem. Den syftar till att skapa en grafisk representation av ett system samtidigt som en strukturerad systemanalys genomförs. Metoden går ut på att identifiera systemdelar samt hur dessa interagerar med varandra. Det representeras sedan som ett grafiskt nätverk av symboler som visar dataflöden och var data lagras. Önskad detaljnivå kan väljas och anpassas. Även systemgräns och projektgräns definieras när metoden används (Kozar, 1997).

Input-output-metoden

Metoden går ut på att analysera ett problem genom att betrakta det som ett system. Målet är att ta fram flera tänkbara lösningar för vidare utveckling av en produkt. För att göra detta definieras först systemets in- och output. Därefter gäller det att finna ett sätt att överbrygga klyftan mellan input och output med olika möjliga lösningar (Pezo, 2008).

Lotus Blossom Technique

Metoden används för att visualisera idéer och lösningar genom att utgå kring en problemställning placerad i mitten och sedan arbeta sig utåt därifrån. Detta görs genom att skissa upp cirklar runt en mitt. Cirklarna kallas för "kronblad" och fylls med lösningar och idéer. Problemställningen i mitten kan även leda vidare till andra problem eller idéer som i sin tur blir mittfrågor att arbeta vidare med. Tekniken fungerar också för att strukturera lösningar, där avståndet till mitten och huvudproblemet utgör en slags hierarki (Pezo, 2008).

Hierarkisk uppgiftsanalys (HTA)

En HTA används för att bryta ner en uppgift i mindre deluppgifter och ordna dem hierarkiskt i ett träd-diagram. Syftet med metoden är att få en överblick över produktens olika funktioner och deras relationer. Detaljnivån kan anpassas utefter det som vill åstadkommas (Bligård, 2011).

8.1.2 Genomförande

Definiera systembild

En DFD genomfördes inledningsvis för att skapa och definiera det helhetssystem som odlingsverksamheten ingår i. Både dataflöden och flöden av åtgärder visualiserades för att anpassa metoden till befintliga systemdelar. Detta innebar att även handlingar visualiserades mellan de definierade systemdelarna.

Systemets olika ingående delar identifierades av projektgruppen. Systemdelarna skrevs ner på post-it-lappar som användes för att skapa en visuell representation av systemet. För att få en gemensam förståelsemodell av ett system användes inledningsvis DFD som ett kommunikationsmedel. Systemgränsen bestämdes genom att avlägsna de delar som inte ansågs ingå i en odlingsanläggnings verksamhet. *Input-output*-metoden användes för att finna systemdelarnas inbördes relationer. Relationerna demonstrerades i DFD-modellen genom pilar som förband delarna i diagrammet och på så sätt skapades en grov skiss av systemet. Ytterligare systemdelar kunde dessutom identifieras genom *input-output*-metoden.

Systembildens förenkling genom att ovanstående process itererades några gånger. Vid varje iteration ifrågasattes och analyserades det tidigare resultatet för att åstadkomma en verklighetstrogen modell. Den visuella systembildens iterering ett flertal gånger för att kunna struktureras på ett logiskt sätt. Pilarna färgkodades för att kunna skilja på dataöverföring och åtgärd. En renodlad systembild skapades efter att systemgränsen definierats ytterligare.

Identifiera *Heliosystem*

Vilka delar av helhetssystemet som kunde påverkas av företag och projektgruppen identifierades inledningsvis. Detta resulterade i att de ingående delarna för den tänkta helhetslösningen *Heliosystem* växte fram ur den tidigare framtagna systembildens.

De ingående delarna i *Heliosystem* specificerades och kartlades. Detta gjordes genom att först lista och specificera de olika systemdelarnas huvudfunktion och delfunktioner i en separat systemmatris. Utifrån detta utarbetades den övergripande huvudfunktion och de delfunktioner som var tänkta att uppfyllas av hela *Heliosystem*.

Definiera *Heliosystem*

En HTA skapades för att precisera *Heliosystem* och dess funktioner. Det huvudsakliga syftet var att tydliggöra systemets funktioner och relationen mellan olika uppgifter eftersom ingen tidigare version av systemet existerade. Arbetsgången för framtagandet av denna HTA skiljde sig något från den traditionella. Projektet definierade huvudmålet till att *Använda Heliosystem*, och delade sedan upp det i de uppgifter användaren önskar utföra med systemet. På detta sätt tydliggjordes vilka uppgifter *Heliosystem* ämnade att uppnå och vilket tillvägagångssätt som krävdes för att uppnå dessa.

Utarbeta gränssnitt

Ett gränssnitt på konceptnivå skapades efter att ett grundläggande utkast för *Heliosystem* hade fastställts. Detta utarbetades genom att använda systemmatrisen som en checklista med de listade funktionerna för *Heliosystem*. Gränssnittet utvecklades med odlarens behov i fokus. Utöver systemmatrisen användes även *Lotus Blossom Technique*. I centrum för blomman sattes startskärmen för gränssnittet och utifrån den organiserades de olika funktionerna utåt i olika nivåer.

Utforma produktpaket

Gruppdiskussioner gjordes för att kunna bestämma hur helhetslösningen skulle kunna anpassas till olika odlare och odlingsanläggningar. De tankar och idéer som framfördes vid gruppdiskussionerna antecknades och sammanställdes till ett flertal möjliga varianter av produktpaket.

Utforma marknadsföringsstrategi

För att skapa förutsättningar för *Heliosystem* att nå framgång på marknaden utvärderades på vilka sätt systemet kunde skapa värde för odlaren. Gruppdiskussioner fördes för att ta fram och lista säljargument. Dessutom diskuterades hur dessa skulle kommuniceras till odlaren på ett attraktivt sätt.

Utvärdering av *Heliosystem*

Utvärdering gjordes för att undersöka om helhetslösningen uppfyllde de krav som identifierades i brukarstudierna. Detta gjordes genom att jämföra konceptet med kravspecifikationen. En tabell sammanställdes för att visa om kraven uppfyllts, ej uppfyllts eller var *not applicable* (N/A).

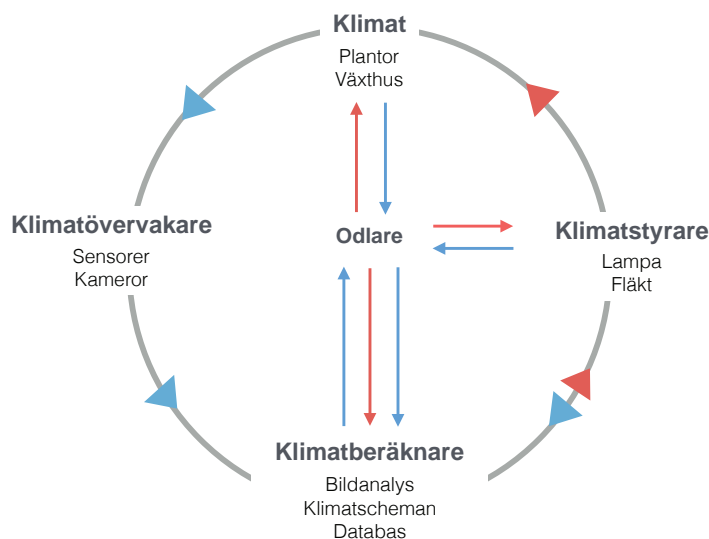
8.1.3 Resultat

Systembild

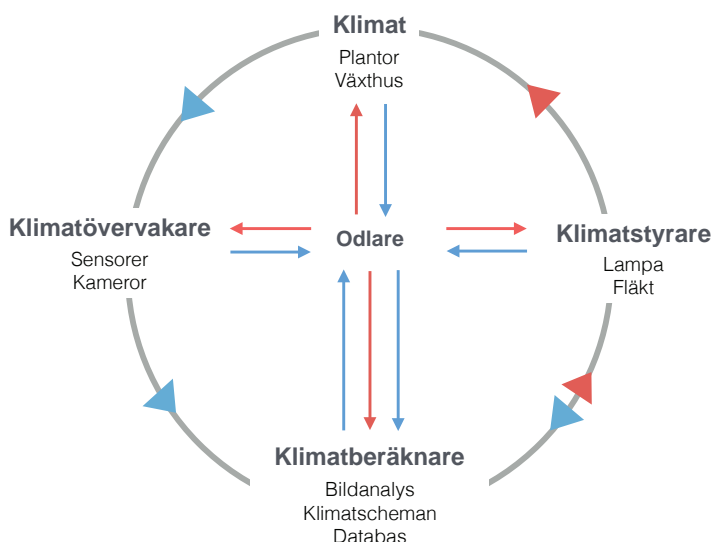
Systembildens tar hänsyn till alla ingående delar av odlingsanläggningen för att kunna skapa förutsättningar för en holistisk produktlösning utan suboptimering. Den framtagna systembildens är omfattande samt komplicerad och innehåller alla delar som styr klimatet i en odlingsanläggning. Odlare vill endast använda ett ensamt system för att styra hela odlingsanläggningen enligt brukarstudierna. Heliospectras programvara för att styra deras armaturer är idag ett externt system vilket gör att det ofta inte används. Enligt brukarstudierna ansåg dessutom många odlare att befintliga styrsystem för odlingsanläggningen var komplicerade och svåra att överblicka. Systembildens ger möjlighet att få en överblick för hur verksamheten fungerar idag och utifrån denna kan en ny produkt tas fram som uppfyller alla odlarens behov och krav.

Systembildens beskriver de typiska odlingsanläggningarna inom alla de tre marknadssegmenten kommersiell odling, medicinsk odling och odling i forskningssyfte. De olika systemdelarna ingår alltid i någon form i de olika odlingsanläggningarna, men vilka som finns varierar beroende på vilken sorts anläggning som avses. Systembildens är anpassad till *Heliospectras* vision om en odlingsanläggning som styrs av plantornas signaler. Den beskriver det system som studerats i projektet men är

också framtagen för att innefatta de produkter och innovationer som idag bara finns på idé- och utvecklingsstadiet (figur 8.1). Systembilderna är uppdelade i fem systemdelar som är centrala för verksamheten på en odlingsanläggning. Korrelationer mellan systemdelarna beskrivs med pilar, där de blå pilarna symboliserar ett informationsflöde och de röda pilarna en handling eller åtgärd. De olika systemdelarnas huvudfunktioner och delfunktioner sammanställs i en matris (bilaga 13). Denna ger en övergripande bild över vilka funktioner en helhetslösning för systemet förväntades kunna sammankoppla. De olika systemdelarna beskrivs i texten nedan.



Figur 8.1. Framtagen systembild för kommersiell växthusodling som det fungerar i dagsläget



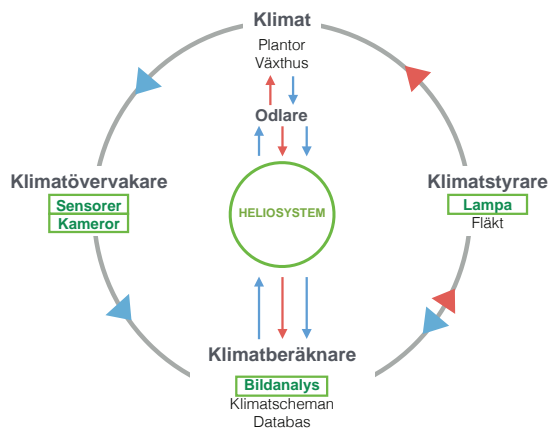
Figur 8.2. Framtagen systembild för medicinsk odling som det fungerar i dagsläget

Klimat

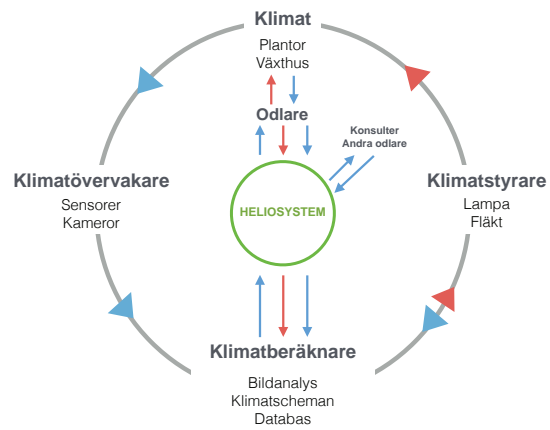
Klimat består av den fysiska miljön med plantor och deras omgivande klimat. Plantorna är informationsbärare då de sänder ut kemiska och visuella signaler om sitt tillstånd som kan fångas upp av olika typer av sensorer. Det omgivande klimatet bär också på information i form av exempelvis temperatur, luftfuktighet eller koldioxid.

Klimatövervakare

Klimatövervakare är olika typer av sensorer och kameror som övervakar och kan hämta information från klimatet. Denna information kan sedan bearbetas och användas. Ett existerande exempel som finns på många odlingsanläggningar idag är de



Figur 8.3. Områden företaget har potential att verka i



Figur 8.4. Systembild med kommunikation

klimatsensorer som registrerar klimatparametrar såsom temperatur, ljusinstrålning eller luftfuktighet. Framtida möjliga klimatövervakare skulle kunna vara sensorer som registrerar växters fluorescens och reflektans eller kameror som samlar in bildinformation från odlingen.

Klimatberäknare

Klimatberäknare är processorenheter som analyserar inkommande information från övriga systemdelar. Den analyserade datan skickas därefter vidare antingen som information till odlare eller som styrsignaler till klimatövervakare eller klimatstyrare. Heliospectras vision där plantorna själva styr sitt eget klimat representeras av ett optimalt flöde. Detta flöde innebär att klimatberäknare tolkar information från klimatövervakare varpå en styrsignal till klimatstyrare skickas. Detta görs utan att blanda in odlaren i processen. Klimatdatorer som används på många odlingsanläggningar idag är ett existerande exempel på detta. Klimatdatorerna kan automatiskt fatta beslut om att utföra åtgärd för att justera en klimatparameter om parametern skulle avvika från de värden odlaren ställt in.

Mjukvara som är tänkt att utföra bildanalys i koncept växtundersökning ingår i denna systemdel. Information i form av bilder analyseras och den utvunna informationen skickas vidare i form av ett alarm eller eventuell styrsignal till klimatstyrare. Även framtida mjukvara för att analysera data från nya klimatövervakare är klimatberäknare.

Klimatstyrare

Klimatstyrare är utrustning i en odlingsanläggning som styr de olika klimatparametrarna och påverkar klimatet. En klimatstyrare kan exempelvis vara belysning, värmesystem eller fläktar. Klimatstyraren måste överföra information om sin momentana status till klimatberäknaren för att den ska kunna fatta beslut om åtgärd.

Odlare

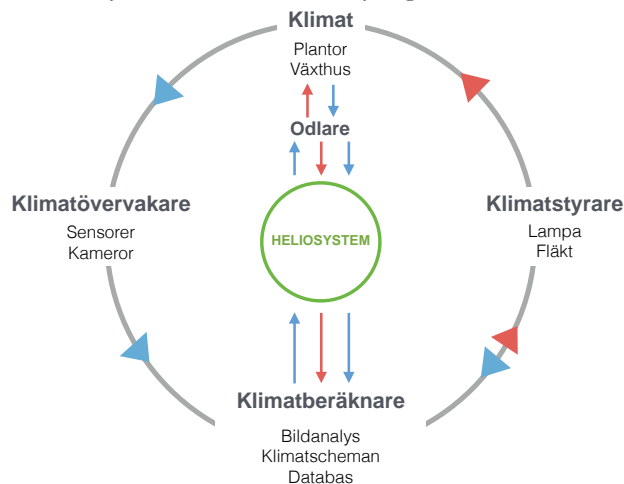
Odlare är en brukare som interagerar med de olika systemdelarna. I dagsläget tar odlaren emot och förmedlar information på olika ställen i systemet. Åtgärder utförs antingen av odlaren eller automatiskt. Hur mycket odlaren tar emot eller förmedlar informations skiljer sig något åt mellan de olika marknadssegmenten. Kommersiell växthusodling (figur 8.1) har generellt högre automationsnivå än medicinsk odling (figur 8.2).

Påverkbara delar av systemet

Vissa systemdelar identifierades vara påverkbara för *Heliospectra* eller projektgruppen. De delar av systemet som företaget ansågs kunna verka inom i dagsläget är grönmarkerade i systembilden nedan (figur 8.3) eller motsvarar de vita rutorna i matrisen (bilaga 13). De systemdelar som behandlades inom detta projekt är kameror och bildanalys, som ligger under systemdelarna klimatövervakare respektive klimatstyrare. Vissa systemdelar ansågs däremot inte vara lämpliga att påverka för *Heliospectra* eller projektgruppen. De definierades som opåverkbara delar av systemet eftersom de varken låg inom företagets verksamhetsområde eller projektgruppens kompetens.

Heliosystem

Heliosystem är ett övergripande gränssnitt där odlaren på ett ställe kan få tillgång till all information och påverka alla delar av systemet (figur 8.5). *Heliosystem* är utvecklat utefter odlarens grundläggande behov. Information som förmedlas till odlaren genom gränssnittet presenteras på ett enkelt, tydligt och effektivt sätt. Detta eftersom få odlare varken har den tekniska förståelsen att använda sig av alla funktioner deras utrustning har eller tid att ta till sig all inkommande information. Dessutom ska processen för att utföra åtgärder på klimatstyrare vara enkel och tydlig.



Figur 8.5. Systembild med Heliosystem

Heliosystem ska vara optimerat för att upptäcka avvikelser snabbt för att kunna identifiera problem och fel. Detta eftersom upptäckta fel kan leda till stora konsekvenser och kostnader för odlaren. *Heliosystem* kan användas överallt i och utanför anläggningen via mobila enheter. Detta innebär att odlaren både kan få åtkomst till information och kan utföra åtgärder på systemet *offsite*.

Heliosystem ska förenkla delning av information till konsulter och andra odlare via bild, text och data. Denna funktion grundar sig att flera odlare i brukarstudien uttryckte en frustration över tidsåtgången för att kommunicera olika dokument med olika format (figur 8.4).

HTA

Huvudmålet i den HTA som utarbetades är definierat till att "Använda *Heliosystem*". Detta huvudmål är uppdelat i de huvuduppgifter som systemet ska kunna utföra. Dessa uppgifter är:

- Få information om odlingens status.
- Utföra åtgärder på odlingen.
- Dokumentera manuell data.
- Dela information med odlare och konsulter.

Fullständig HTA är grafiskt presenterad och skapar en överblick av *Heliosystem* i bilaga 14. Uppgifterna är utformade till att kunna utföras självständigt från varandra. Varje huvuduppgift är uppdelad i deluppgifter. Dessa har i sin tur beskrivna tillvägagångssätt steg för steg.

Gränssnitt

Gränssnittet ska framförallt visa de mest nödvändiga funktionerna och informationen för odlaren. Detta för att undvika kognitiv överbelastning. I bilaga 15 presenteras en konceptbild med de identifierade funktioner och informationsflöden som är prioriterade för odlaren.

Syftet med gränssnittet är att odlaren ska kunna undersöka sitt växthus genom att på startskärmen försäkra sig om att allt är som det ska. Den viktigaste funktionen för gränssnittet utifrån analys av brukarstudie är att kontrollera att odlingsanläggningen har normal status. Gränssnittets hierarki är därför gjord för att direkt på startsidan visa en visuell sammanställning av växtdata som ger en snabb överblick över informationen. Från startsidan kan användaren sedan klicka sig vidare för att få upp mer detaljerad information. Det skissartade konceptet av gränssnittet i bilaga 15 visar ett förslag på en startskärm som ger en visuell överblick över de mest kritiska områdena: växter, växthusutrustning och klimatparametrar. Det är också viktigt att ingen onödig data visas på startskärmen. Gränssnittet ska ha genvägar till frekvent använda funktioner och om det går ett larm i systemet syns detta direkt på startskärmen.

Produktpaket

Heliosystem är uppbyggt efter ett produktpaket-tänk där ett helhetssystem flexibelt kan byggas upp efterhand. Ett produktpaket kan typiskt innehålla klimatövervakare, klimatberäknare och klimatstyrare. Då odlare köper sitt första produktpaket följer också tillgång till *Heliosystem* med. Alla odlarnas gamla klimatövervakare, klimatberäknare och klimatstyrare kan därefter läggas till i mjukvaran för *Heliosystem*. Med tiden kan fler produktpaket köpas till och integreras i *Heliosystem* som insticksmoduler. Vid ett köp av en modul låses mer mjukvara upp och gränssnittet i *Heliosystem* utökas med fler funktioner. Detta gör att odlare successivt kan utöka sitt styrsystem för klimatet. *Heliosystem* kan därför möjliggöra en flexibilitet då olika produktpaket kan anslutas utefter behov och situation.

En investeringsmässig fördel för odlaren skapas genom att *Heliosystem* kan utökas med produktpaket efterhand och på sådant sätt byggas upp successivt. Detta är fördelaktiga eftersom odlarna ofta har ett årligt investeringskapital att röra sig med. Många odlare äger dessutom redan produkter inom de identifierade systemdelarna och planerar inte att byta ut dem inom de närmaste åren. Därför behöver *Heliosystem* och produktpaketen vara flexibla och kompatibla med de befintliga produkter som exempelvis klimatdator och odlingsbelysning som tillverkas av andra parter än *Heliospectra*. Produktpaketen skapar också en möjlighet för *Heliospectra* att bygga upp en produktportfölj där produkterna är integrerade med varandra. Dessutom finns en möjlighet för odlarna att enklare testa om en produkt fungerar som önskat innan ett storskaligt inköp ska göras.

Ett produktpaket är klimatpåverkande och kan typiskt bestå av utrustning som styr växternas hälsa. Exempelvis innehåller de identifierade produktpaketen huvudprodukterna: odlingsbelysning, växtövervakningskameror, växthusövervakningskameror, klimatsensor, fluorescenssensor och reflektanssensor. En mer detaljerad beskrivning av vad produktpaketen innehåller är också sammanställd (bilaga 16).

Marknadsföring

Heliosystem kan både skapa ett monetära och emotionella värden för en odlare. Dessa värden är tänkbara försäljningsargument gentemot en kund (bilaga 17). Varje försäljningsargument har en tydlig grund i ett behov som identifierades under brukarstudierna.

I huvudsak kan *Heliosystem* hjälpa odlare att spara pengar genom att upptäcka och identifiera fel hos växter och utrustning snabbare än det kan göras idag. Dessutom skulle mindre personal behöva arbeta på helgerna vilket skulle spara pengar då lönekostnaderna för odlingsanläggningar är höga. Odlarens dagliga verksamhet skulle underlättas genom att information presenteras på ett enkelt och sammanfattat sätt. Detta skapar ett emotionellt värde för odlaren. Odlarens oro för avvikelser kan minskas genom *Heliosystems* avvikelsealarm vilket också skapar ett emotionellt värde.

8.1.4 Utvärdering av *Heliosystem*

Nedan presenteras resultatet av utvärderingen av de krav som är relaterade till *Heliosystem* som identifierats i brukarstudien. För fullständig beskrivning av dessa krav, se fullständig kravspecifikation i bilaga 10. Alla krav som ställts på systemet ansågs vid utvärdering uppfyllas med tillräckligt hög tillfredsställelse.

Namn	Krav	Beskrivning	Krav uppfyllda
S1	Kompatibel mjukvara	Systemet ska vara kompatibelt med befintliga klimatdatorsystem	Ja
S2	Kommunikation med klimatdatorsystem	Systemet ska kunna hämta och skicka information från klimatdatorsystem	Ja
S3	Kompatibel med insticksmoduler	Systemets funktionalitet ska kunna utökas med insticksmoduler från olika leverantörer	Ja
S4	Enkel datajustering	Erbjuda odlare möjligheten att reglera systemets funktioner och känslighet	Ja
S5	Erbjuda <i>offsite</i> kontroll	Möjliggöra för odlare att via stationära och mobila enheter kunna ta del av systemets data via nätverk	Ja
S6	Presentera lagrat bildmaterial	Momentant och lagrat bildmaterial från klimatövervakaren ska kunna presenteras för odlaren	Ja
S7	Presentera klimatdata	Gränssnittet ska tydligt presentera relevant data från klimatövervakare	Ja
S8	Ha åtkomst till lagrad klimatdata	Odlaren ska kunna nå momentan och lagrad insamlad från klimatövervakare	Ja
S9	Presentera klimatstyrardata	Gränssnittet ska tydligt presentera status på klimatstyrare	Ja
S10	Styra klimatstyrare	Odlaren ska kunna påverka systemet i den riktning denne vill på ett enkelt och lättförståeligt sätt	Ja
S11	Kommunikation med externa intressenter	Odlaren ska på ett enkelt sätt kunna dela insamlad data i form av tabeller och bilder till andra odlare samt konsulter	Ja
S12	Möjliggöra dokumentation	Odlaren ska kunna dokumentera klimatdata och bilder som samlas i tydlig mappstruktur	Ja

Figur 8.6. Resultat av kravutvärdering

8.2 Detaljerad utveckling kamerahus

8.2.1 Metod

Produktens adjektiv

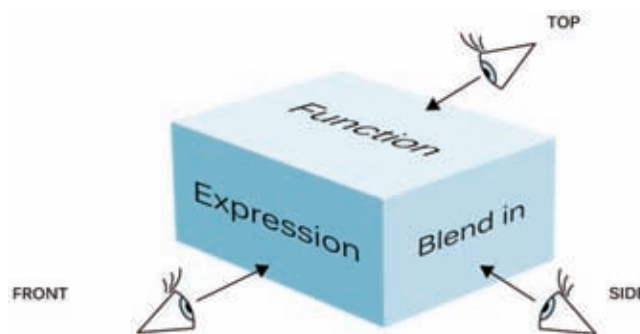
Detta är en metod som används för att sätta ord på en produkts semantiska uttryck. Metoden går ut på att definiera ett huvudadjektiv som fångar produktens allmänna uttryck. För att styrka huvudadjektivet definieras sedan ytterligare fyra adjektiv. Samtliga adjektiv är formulerade för att representera olika aspekter av produktens formspråk. Adjektivens kategorier är: objektiv, värderande, sociala, emotion och interface. Tillsammans ger de fem adjektiven en tydlig beskrivning på hur produkten i olika sammanhang ska förmedlas rent formmässigt med utgångspunkt från huvudadjektivet (Wikström, 2013).

Expressionboard

Expressionboard som metod har till syfte att definiera och visuellt förmedla en produkts semiotik. Målet är att visualisera en önskvärd upplevelse av en produkt och definiera vilka uttryck hos produkten som kan ge den upplevelsen. Ett antal bilder arbetas fram utifrån de fem kategorierna: färg, form, material, artefakt och metafor. Bilderna ska dels fungera enskilt och visa på konkreta exempel på exempelvis färg- och materialval. Bilderna ska även tillsammans representera den önskvärda upplevelsen av produkten. För att förenkla urvalet av bilder utgår arbetet ofta från produktens adjektiv. En *expressionboard* kan därför ses som en visualisering av dessa adjektiv (Wikström, 2013).

Functional and expressional surfaces model

Detta är en metod som syftar till att utvärdera funktionen hos en produkts olika ytor samt kartlägga vem som påverkas av respektive yta. Genom att utgå från ett rätblock med tre olika typer av sidor (figur 8.7) kategoriseras produktens ytor som function-, expression- eller blend in-ytor. En function-yta är en yta där någon typ av interaktion sker. Det är därför viktigt att en function-yta tydligt förmedlar sin funktion till användaren. En expression-yta är en yta som ska förmedla ett specifikt uttryck till användaren. I motsats till en function-yta sker ingen integration med användaren på denna yta. En blend in-yta är en yta som ska smälta in i omgivningen och ska därmed inte ha ett specifikt uttryck. På detta sätt bestäms funktionaliteten hos en produkts olika ytor varvid vilka användare som kommer i kontakt med de olika ytorna kartläggs. Detta för för att skapa en förståelse för vilka användare de olika typerna av ytor ska konstrueras för (Iverlund, 2014).



Figur 8.7. Funktional and expressional surfaces model

Computer-aided design (CAD)

CAD är en metod som möjliggör digital 3D-modellering. Det är ett viktigt verktyg för att utvärdera idéer och skisser under utvecklingsfasen av en produkt. Metoden används även för att visualisera produkten som helhet innan tillverkning. CAD är ett mångsidigt verktyg. Förutom 3D-modellering kan metoden användas för att rendera verklighetstroga bilder på produkten i dess tänka miljö samt skapa konstruktionsunderlag inför tillverkning (Johannesson, 2004).

Design for manufacturing and assembly (DFMA)

DFMA är en metod som har till syfte underlätta skapandet av en produkt som är enkel att tillverka och sätta ihop. Grundläggande för DFMA är att minimera antal delar i produkten samt tillämpa smarta fästansordningar mellan delarna sådant att monteringen blir enkel. Genom att i designarbetet aktivt tänka på dessa aspekter kan tillverknings- och monteringskostnader begränsas (Almström, 2012).

8.2.2 Genomförande

Formspråk

Arbetet med att utveckla ett kamerahus påbörjades med att definiera och gemensamt skapa en bild av slutproduktens formspråk. Ett huvudadjektiv med tillhörande adjektiv definierades utifrån vad som ansågs vara värdeskapande för produkten. Hänsyn togs till *Heliospectras* nuvarande formspråk samt resultat av brukarstudierna. Utifrån adjektiven skapades en *expressionboard*. Detta genom att i ett första steg ge konkreta exempel i ord på hur huvudadjektivet kan uttryckas rent formmässigt. I ett andra steg visualiserades exempel med hjälp av bilder. Utöver detta gjordes en kartläggning på utseendet av olika övervakningskameror då känslan av att bli övervakad önskades minimeras enligt brukarstudierna.

Konstruktion

Olika förutsättningar för produkten kartlades för att skapa underlag för att arbeta fram en lämplig konstruktion av kamerahuset. Initialt gjordes en kartläggning av befintlig odlingsbelysning samt dess funktionsytor. Detta för att skapa kännedom om eventuella krav på produktens kompatibilitet. För att kunna uppskatta produktens dimensioner gjordes även en kartläggning av vilka komponenter produkten måste innehålla och dessa komponenters ungefärliga storlek. Kontakt med elektronikbolag togs för att välja lämplig kameramodul och kretskort. För transformator samt el- och dataanslutning gjordes kvalificerade antaganden genom att se till liknande produkter innehållande dessa två komponenter.

Arbetet med att ta fram dellösningar till ett slutgiltigt koncept påbörjades genom att definiera produktens funktionsytor. De olika typerna av ytor samt vilka användare ytorna riktas mot definierades utifrån metoden *functional and expressional surfaces model*. De olika funktioner som produkten ska innehålla definierades även och kopplades till de olika ytorna. Utifrån detta påbörjades arbetet med att idégenerera dellösningar.

De framtagna dellösningarna stämde av mot tidigare satta krav och utvärderades sedan främst med enklare modellbyggen. Beslut om de mest lämpliga dellösningar togs framförallt utifrån tre aspekter: dellösningens uppfyllnad av krav, hur väl dellösningarna passade de olika funktionsytorna samt dess grad av överensstämmelse med önskat uttryck.

Produktutformning

En iterativ process för att skapa ett slutgiltigt produktkoncept påbörjades efter att produktens uttryck definierats och val av dellösningar gjorts. Flertalet modeller byggdes för att optimera formspråk och funktion. Även CAD användes för att utvärdera och visualisera kamerahuset. Materialval diskuterades och analyserades med de två aspekterna uttryck och konstruktion i åtanke. Den tidigare framtagna *expressionboard* och metoden DFMA fungerade som ett bra stöd i detta arbete. Avslutningsvis byggdes en prototyp av den slutgiltiga produkten. Prototypen gjordes så verklighetstrogen som möjligt för att på ett rättvist sätt representera den slutgiltiga produkten.

8.2.3 Resultat

Formspråk

Kamerahusets formspråk är framtaget för att passa in i en odlingsmiljö men även för att attrahera produktens tänkta användare, odlaren. Brukarstudien visar att det finns en stor variation av odlingsmiljöer. Vad som är gemensamt är att de alla innehåller levande växter. Odlaren är ensam ansvarig för odlingen med dess växter vilket är ett stort ansvar för en enskild individ. Att odlaren känner sig trygg med produkten och kan lita på den är därför en grundläggande förutsättning.

Produktens huvudsakliga adjektiv är pålitlig. Tillhörande adjektiv är driftsäker, hjälpsam, innovativ och holistisk. För att en odlare ska ta till sig produkten och vilja använda sig av den är det en förutsättning att kamerahuset upplevs som driftsäkert. Marginalerna är små och odlaren som ensam ansvarig måste uppleva sig kunna lita på produkten. Med liknande argument bör kamerahuset även upplevas som hjälpsamt. Den ensamma odlaren uppskattar den hjälp som kan fås. Det är därför positivt om produkten upplevs underlätta för odlaren i sitt arbete samt lätta på odlarens ansvar. Till vad som kan upplevas som motsatsen till ett hjälpsamt uttryck är ett innovativt uttryck. Av de brukarstudier som genomförts har det framkommit att den konservativa odlaren ändå har ett visst intresse för ny teknik. En produkt med ett innovativt uttryck skulle därför tilltala odlaren. Slutligen krävs det att kamerahuset upplevs som holistiskt. Detta för att tilltala odlaren som är trött på de specifika och kortsiktiga lösningarna som är en del av odlarens vardag.

Konkreta exempel formulerade i ord på hur produktens huvudsakliga adjektiv tillsammans med de ytterligare fyra adjektiven kan uttryckas rent formmässigt sammanfattas i de tre nedanstående punkterna:

- simplistic compact forms
- combination of clear-cut and soft edges
- one main material/color combined with a complementary material/color

Expressionboarden (figur 8.8) visualiserar kamerahusets önskade uttryck utifrån de ovanstående punkterna. Exempel på bland annat vinklar, rundningar, delningslinjer och materialval som ger det önskade uttrycket pålitlig visas i *expressionboarden*. Nedan presenteras beskrivning samt motivering till *expressionboardens* bilder.



Figur 8.8. *Expressionboard* med produktens adjektiv och en formbeskrivning

Formen är enkel och uppbyggd av tydliga geometriska former. Distinkta radier kombineras med radier av större storlek och skapar tillsammans ett innovativt men samtidigt pålitligt uttryck. Volymen är begränsad och ger inte mer utrymme än vad som krävs för att ge en rättvis bild av produktens innehåll.

Färgen går i linje med *Heliospectras* tidigare produkter där vitt i kombination med en accentfärg i grönt utgör den huvudsakliga färgsättningen. Färgen vit är vald för att absorbera så lite ljus som möjligt i odlingsmiljön. Adderat till *Heliospectras* ursprungliga färgsättning är aluminiumets gråa färg. Den gråa färgen har till syfte att öka känslan av driftsäkerhet samt innovation hos produkten.

Materialet är i huvudsak aluminium men med inslag av plast. Aluminium har fördelaktiga mekaniska egenskaper samt fördelaktigt uttryck. De gråfärgade materialet uttrycker kvalitet och tålighet som stärker produktens önskade uttryck pålitlig.

Produkten representeras av en kompaktkamera från LEICA. Produkten uttrycker modernitet utan att vara futuristisk. Dess formspråk är exakt utan utsvävningar vilket gör att produkten upplevs vara pålitlig.

Metaforen beskrivs av ett digitalt gränssnitt där människa och teknik möts. Ett gott samspel mellan teknik och människa är grundläggande för *Heliospectras* verksamhet. Ett samspel som bygger på pålitlighet där teknik är en tillgång för odlaren och underlättar dennes vardag.

Kamerahuset ska i sitt formspråk inte uppfattas som övervakande av användaren och personer i dess närhet. Det har därför gjorts ett medvetet val att skilja kamerahusets uttryck från det karakteristiska uttrycket hos övervakningskameror. En karakteristisk övervakningskamera sitter högt upp och blickar ut, snett nedåt mot det övervakande området (Iverlund, 2014). Dess form kan upplevas aggressiv då vinkeln i framkant är lutad framåt (figur 8.9). Produkten som ska utvecklas ska därför ta avstånd från detta formspråk för att inte uppfattas som övervakande.

Produktens formspråk tar avstånd från generellt uttryck för övervakningskameror för att formspråket ska förmedla pålitlighet (figur 8.9). Därför har framförallt vinklar och riktningar valts sådana att de inte liknar den generella övervakningskameran.



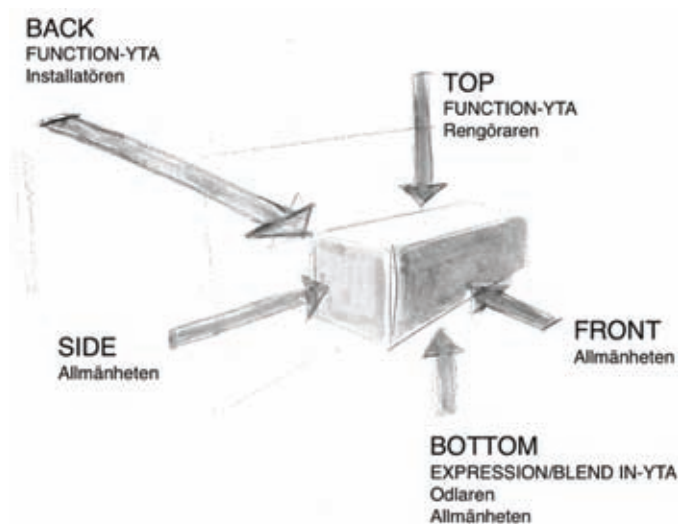
Figur 8.9. Generellt formspråk för övervakningskameror

Konstruktion

Kamerahuset ska endast anpassas till *Heliospectras* LX- och RX-serie. Detta då det finns ett flertal svårigheter med att hitta en lösning som är kompatibel för alla olika typer av armaturer som finns på marknaden. Undersökningen av möjliga placeringar av produkten visar att det är svårt att hitta en fästordning som passar alla odlingslampor. Gemensamt för flera av odlingslamporna är att de har liknande reflektorer. En reflektor är trots detta inte ett lämpligt ställe för infästning då den kan bli mycket varm och reflektorns vinklar är inte de samma på alla lampor. Vidare är

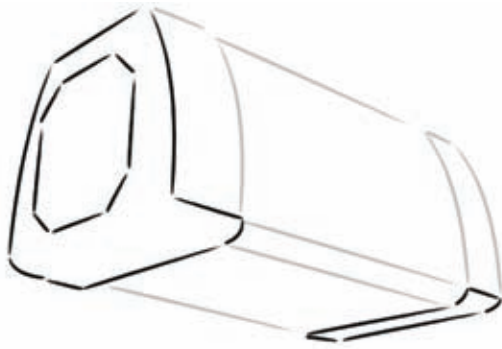
även anslutning till el och nätverk ett problem då kablagen från produkten kommer medföra förändringar i produktens uttryck samt påverka möjligheten att rengöra själva odlingslampan. Beslut om att endast anpassa kamerahuset till *Heliospectras* LX- och RX-serie togs med hänsyn till dessa aspekter.

Storleken på kamerahuset är beroende av fyra komponenter och uppskattas ha en volym på minst 46,5 cm³. Komponenterna är en kameramodul, ett kretskort, en transformator samt uttag för el- och nätverksanslutning. Kameramodulen tar 8 mp bilder som enligt *e-con System* borde vara lämpligt för vald applikation (e-con Systems, 2015a). Komponenterna har dimensionerna 24x8,5x7 mm (e-con Systems, 2015b). Samma företag rekommenderar även ett kretskort med de ungefärliga dimensionerna 40x40x5 mm (e-con System, 2015c). Transformatorn uppskattas vara av samma storlek som de som används till vanliga mobiltelefoner. En referensmodell av Samsung väljs ut med dimensionerna 50x35x20 mm (Samsung, 2015). El- och nätverksanslutningarnas storlek uppskattas med hjälp av storleken på de anslutningar som sitter på *Heliospectras* LX- och RX-serie. Dimensionerna på dessa uttag är 20x10x10 mm.

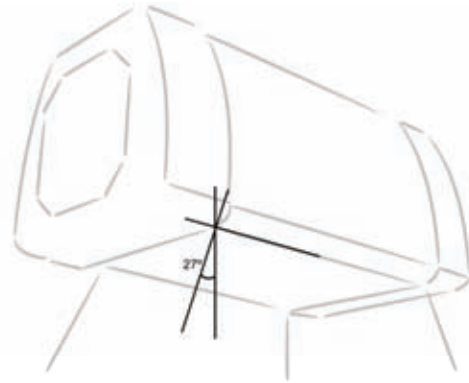


Figur 8.10. *Functional expressional surfaces model* för kamerahus

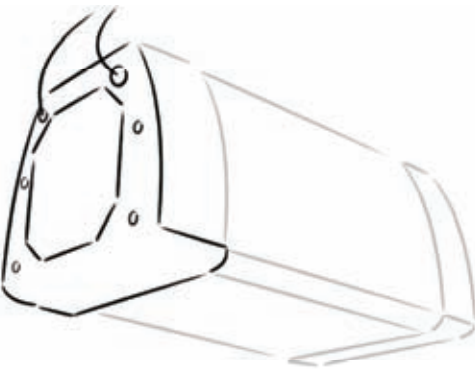
Enligt *functional and expressional surfaces model* har kamerahuset alla tre typer av ytor som beskrivs i modellen (se figur 8.10). Ytorna berör odlaren, installatören, rengöraren och allmänheten som framför allt utgörs av övrig personal på anläggningen. Ytan på kamerahuset som ska fästas mot lampan kommer endast beröra installatören och är därför en ren *function*-yta. Det är av vikt att ytan tydligt förmedlar sin funktion till installatören. På undersidan av kamerahuset sitter själva kameran. Undersidan är framför allt en *blend in*-yta då den ska samspela med lampans uttryck men även en *expression*-yta som ska förmedla önskat formspråk. Framsidan av kamerahuset är en kombination av alla tre olika typer av ytor. Detta då ytan ska förmedla operativ status till odlaren men även förmedla produktens formspråk samt överensstämja med lampans uttryck. Ovansidan av kamerahuset är en *function*-yta då kablagen har sin utgång här vilket installatören berörs av och för att damm samlas här som rengöraren berörs av.



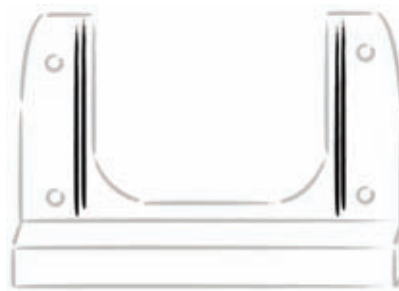
Figur 8.11. Platser där kamerahuset kan placeras



Figur 8.12. Armaturens ljusspridning



Figur 8.13. Kamerahusets placering



Figur 8.14. Urfrästa kabelkanaler

Funktionsytor

Kamerahuset har fyra olika funktionsytor: infästning, inkoppling, operativ status och kamera. Beskrivning av förutsättningar och möjliga lösningar för de olika funktionsytorna presenteras nedan.

Infästning

Infästning av kamerahuset är beroende av LX- och RX-seriens ytor och kan endast placeras på ett begränsat antal platser. Hänsyn behöver tas till värme, fläkt, uttag, ljusspridning, rengöring och andra infästningar. Det innebär att enbart delar av kortsidorna och undersidan är lämpliga ställen för infästning. Värme och luftgenomförelse gör det olämpligt att placera kamerahuset så att det täcker fläktgallret på sidorna av LX- och RX-serien. Rengöring, formaspekter samt tillgången till ström- och nätverksförsörjning gör det olämpligt att placera kamerahuset på LX- och RX-seriens långsidor samt ovansida. Produkten kan heller inte sitta under ljuspanelen då ljusspridningen begränsas. Kamerahuset kan placeras vid kortsidorna av ljuspanelen så länge kamerahuset inte täcker den 27-gradiga ljusspridningen från ljuspanelen (figur 8.11). Närheten till LX- och RX-seriens el- och nätverksuttag gör det lämpligt för produkten att sitta på den kortsida där LX- och RX-serien har sina uttag.

Kamerahuset valdes att placeras på den kortsida samt delar av undersidan där el- och nätverksuttag är placerade på (figur 8.13). Den fästs med hjälp av gummicylindrar som trycks in i existerande skruvhål på LX- och RX-seriens kortsida. Kamerahuset är

utformad sådant att den följer LX-seriens profil och kommer därför ta stöd från ramen kring fläktgallret vilket fixerar produkten vinkelrätt och i sidled.

Inkoppling

Kamerahusets anslutning till ström och nätverk är beroende av befintlig struktur på odlingsanläggningarna. När en odlingslampa från LX- och RX-serien är installerad är redan ström- och nätverkskabel dragna från uttag till lampa vilket kan utnyttjas. Kablage går från lampans övre kortsida, upp via hänganordning och vidare horisontellt på balkar till närmaste uttag (figur 8.15). För att förenkla installation av kameran och inte förändra önskat formspråk är det viktigt att i den mån det är möjligt begränsa kabellängden samt placera kablarna i anslutning till de kablar som odlingslampan är ansluten med.



Figur 8.15. Dragning av ström- och nätverkskblar



Figur 8.16. Delningsadapter

Den lösning som valdes innebär att kablarna är placerade i urfrästa kabelkanaler på fästytan av produkten vilket gör att kablarna till största del döljs (se bild 8.15). Anslutning av kablarna kan sedan ske antingen via två delningsadapters eller genom fullängdskablage. Om en delningsadapter sätts på de redan existerande kablarna som går till lampan kan kamerahusets kablage anslutas direkt till adaptern. Det skulle spara kostsamma kabellängder samt installationsarbete. De tilltänkta delningsadaptarna kan behöva anpassas för att klara de krav som ställs på en produkt i en odlingsmiljö. Rent tekniskt fungerande delningsadaptar finns att tillhandahålla idag (figur 8.16). Lösningen underlättar installation, håller nere kabellängd samt döljer kablarna i största möjliga mån.

Operativ status

Kamerahuset ska visa operativ status då kameran är ur funktion. Lampans starka ljus gör att användaren bländas då denna blickar upp mot lampan. Det är därför olämpligt att ha en visuell signal på produktens undersida. I brukarstudierna framkom en önskan från odlarna att minimera ljud och buller i odlingsmiljön för att skapa en bättre arbetsmiljö. Operativ status bör därför inte vara en audiell signal.

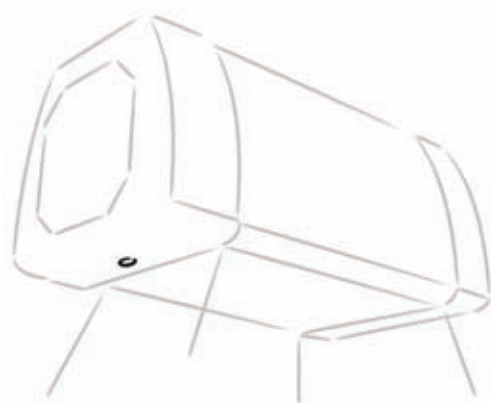
Den lösning som valdes består av en visuell signal som är placerad på kortsidan för att begränsa ljusbländning från lampan i stor utsträckning som möjligt. Signalen är

röd vilket tydligt särskiljer den från övriga färger på och i närheten av kamerahuset. Den röda färgen associeras även med fara vilket förmedlar att något är fel på produkten.

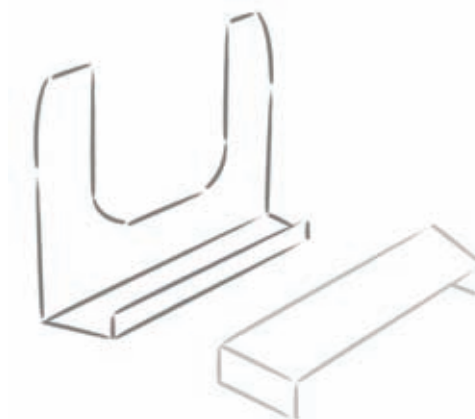
Kameramodul

Placering och utformning av kameramodul är viktigt för att kunna överblicka önskat område av plantor. Det är även viktigt att kameramodulen är placerad och utformad sådant att kamerahuset inte upplevs övervakande av användaren och personer i närheten. Kameramodulen bör vara placerad centrerat på lampan sådant att hela lampans belysta område kan övervakas (figur 8.17).

Lösningen blev att placera kameramodulen centrerat. Ett runt hål borras på undersidan av kamerahuset som insänkning till själva kameran. Det gör att formen på kamerahuset styr produktens uttryck och inte själva kameramodulen.



Figur 8.17. Kameramodulens placering



Figur 8.18. Kamerahusets två komponenter

Produktutformning

Produktkomponenter och tillverkning

Kamerahuset består till huvudsak av två större komponenter som sätts ihop (figur 8.18). En av huvudkomponenterna är en aluminiumstomme och utför den största funktionaliteten genom att hålla upp elektronikkomponenterna. Komponenten är konstruerad för att kunna extruderas där urtag för kablar sedan fräses ut och hål borras. Den andra huvudkomponenten är ett lock av ABS-plast som skyddar elektroniken. Detta kan lämpligast formpressas för att få önskad form. Aluminiumstommen gör det möjligt att överblicka elektroniken vid dess montering på aluminiumstommen. Därefter fästes plastlocket på aluminiumstommen genom att snäppas fast. Målet är att plastlocket ska sluta helt tätt kring aluminiumstommen för att skydda elektroniken. Snäppfästet medför att reparation och uppgradering av elektroniska komponenter enkelt kan utföras. Metoden att göra detta ska anpassas sådant att en reparatör enkelt ska kunna öppna produkten. Avvägning måste göras då det inte är önskvärt att odlaren själv ska kunna få upp locket och försöka laga produkten. Cylindrarna för infästning består av en gummicylinder med ett borrarat hål där en metallskruv sätts i. Fästning av skruv och gummicylinder görs genom att de

skruvas in i de gängborrade hålen på aluminiumstommen. Lampa för visning av operativ status antas kunna göras genom att uttag görs i aluminiumstommen där en lysdiod kan sättas in. Exakt hur detta ska ske är inte kartlagt men antas ändå vara möjligt.

Material

Produkten är gjord av aluminium och ABS-plast för att följa valt formspråk och möjliggöra enkel konstruktion. Aluminium är ett hållbart material som styrker uttrycket pålitligt och passar väl in i en odlingsmiljö. Aluminium är dessutom återvinningsbart då produktens användningsfas är slut. ABS-plast är formbart och kan sluta tätt kring aluminiumprofilen och är därför lämpligt att använda som material till locket. ABS-plasten kompletterar aluminiumprofilens starka uttryck och ger ett spännande materialmöte som förhöjer formspråket. Både Aluminium och ABS-plast är hållbara och beständiga material som har en hård yta som tål temperaturskiftningar, solljus och kemiska substanser som desinfektionsmedel. Cylindrarna för infästning är gjorda av naturgummi för att skapa maximal friktion mellan cylindrar och lamparmaturens hål. Naturgummi har hög slitstyrka och är elastisk vilket är fördelaktigt vid vald typ av infästning. Cylindrarnas kärna är gjord utav stål.

8.2.4 Utvärdering av kamerahus

Kamerahuset uppfyller 26 av 46 krav där många av de ouppnådda kraven är N/A och inte kan verifieras i detta skede av projektprocessen (bilaga 18). Det är endast 4 krav som definitivt inte uppfylls och detta beror främst på av att de är konflikterande med kamerahusets formspråk samt med projektets avgränsningar. Nedan beskrivs de krav som definitivt inte uppfylls samt de krav som är N/A.

Kamerahuset uppfyller inte krav IU2 om att produkt ska vara kompatibel med olika typer av belysningsarmatur. Anledningen är främst att avgränsning gjordes till att produkten enbart ska anpassas till LX-och RX-seriens armaturer.

Krav om materialval och självkostnad kan inte verifieras eftersom produktutvecklingen inte kommit tillräckligt långt. Krav A4 om att reducera produktens självkostnad har inte undersökts och kan därför inte verifieras. Däremot har komponenter valts ut efter rimlig kostnad och konstruktion är gjord för att produkten ska kunna produceras effektivt. Detta kommer bidra positivt till att hålla nere produktens självkostnad. Krav M7 om att endast använda material som är rättvist tillverkat kan inte valideras då rättvis tillverkning beror på vilket material som köps in till tillverkning av produkten.

Vissa miljö- och hållbarhetskrav är inte uppfyllda då lämplig livslängd och materialanvändning fått kompromissa med önskat formspråk. Krav M3 och M4 om livslängdsoptimering för komponenter och produkt är inte fullt uppfyllda eftersom hållbara material använts för att ge önskat formspråk. Dessutom är inga lämpliga riktlinjer för livslängd framtagna. Krav M9 om att minimera materialåtgång är inte

heller uppfyllt då produkten är utformad för att uppfylla både funktion och önskat formspråk.

Avgränsningen att utveckla ett kamerahus har medfört att endast kvalificerade antaganden gjorts rörande vilka elektriska komponenter som krävs för att skapa en fungerande produkt. Antaganden är gjorda för vilka de huvudsakliga komponenterna är, deras storlek och prisklass. Detta gör att de krav som rör de elektriska komponenterna är N/A. Krav M8 om att minimera kretskortsanvändning är inte validerat då typ av kretskort inte är specificerat än. Inga krav gällande kameramodulens egenskaper och specifikationer (KA-krav) kan valideras. Detta beror på att kamerahuset bara tagit hänsyn till en kameramodul som i sin tur ska uppfylla dessa krav. Krav KO3 om att produkt ska kylas sådant att överhettning undviks är inte bekräftat då kylbehov hos komponenter inte fastställts. Det är troligt att kylning inte kommer krävas då kameramodul, kretskort och transformator kommer vara av liknande modell som sitter i exempelvis en mobilkamera.

Krav om transport (T-krav) är inte verifierade då detta område inte än är behandlat. Undersökning och beslut om transportemballage måste göras innan det går att verifiera om alla transportkraven uppfylls. Anledningar till att kamerahuset inte skulle kunna uppfylla dessa krav finns däremot inte i dagsläget.

8.3 Detaljerad utveckling av algoritm

Följande kapitel beskriver programmeringsprocessen samt utvecklingen av bildanalys-algoritmer.

8.3.1 Genomförande

Bildanalysstudier

För att erhålla kunskap inom området bildanalys genomfördes litteraturstudier. Detta gjordes genom att studera exempel på programkod samt genom att konsultera hjälptjänster för programmeringsmjukvara (The Mathworks, 2015).

Programmering

Till en början skapades enkla algoritmer för att öka förståelsen för de grundläggande faktorerna inom bildanalys. Genom iteration utvecklades sedan algoritmerna tills de erhöll tillfredsställande nivå. Algoritmerna skrevs i MATLAB.

För färganalys av bilder användes statistiskt satta färgvärden. De färgintervall som användes valdes ut med hjälp av det internetbaserade verktyget *WorkWithColor* (WorkWithColor, 2015).

Testkörning

För att verifiera att de olika delarna i koden fungerade genomfördes testkörningar. Algoritmerna testades med fotografier på plantor tagna av projektgruppen under de studiebesök som genomförts under studien. På fotografierna skapades avvikande färgfält med färgen gul med hjälp av programmet *Paint*. Gult valdes för att många skador, sjukdomar och insektsangrepp på plantan gör att plantans färg övergår mot gult. De bilder som användes har en tydlig skillnad mellan växt och bakgrund som i det här fallet är ett bord. En tydlig kontrast mellan växt och bakgrund valdes för att i ett konceptuellt stadie verifiera att algoritmerna fungerade.

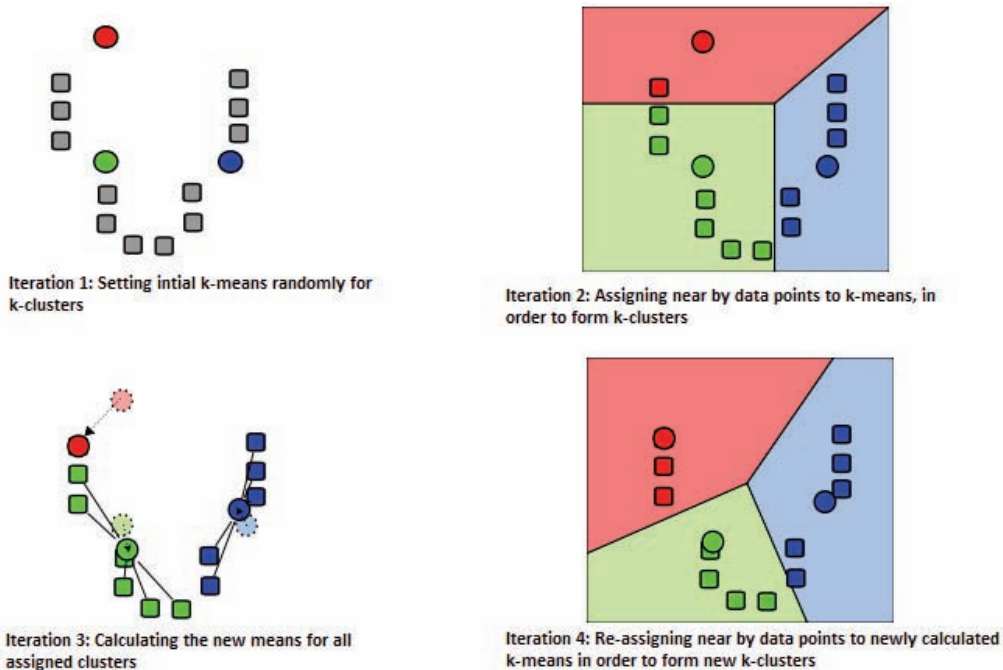
8.3.2 Resultat

Bildanalysstudie

K-mean clustering

K-mean clustering är en funktion som används för att separera mätpunkter och sortera dem i punktsamlingar som kallas *clusters*. Funktionen kan utföras för att separera vegetation från resterande objekt på bilder (Analyticsinterview, 2015). För algoritmen skulle det kunna vara att separera en växt från ett bord, kruka eller jord.

Genom att utföra en *k-mean clustering* delas all mätdata in i k antal punktsamlingar. För att genomföra denna uppdelning krävs ett godtyckligt antal mätdata, vilka kan innehålla ett godtyckligt antal parametrar. Mätdata motsvaras i detta projekt av bildpixlar med parametrar som beskriver dess färg. MATLAB kan därför använda *k-mean clustering* för att dela in bilder i färgkluster. Dessa kluster består av de datapunkter som befinner sig närmast varandra och är placerade vid klustrets medelvärde. Bilden nedan är en representation av hur *k-mean clustering* fungerar (figur 8.19).



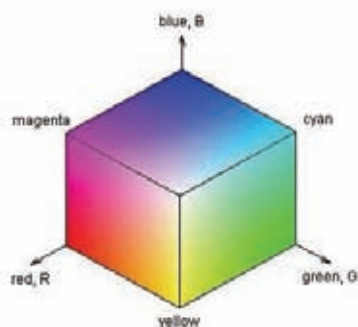
Figur 8.19. *K-mean clustering*

Digital färgrepresentation

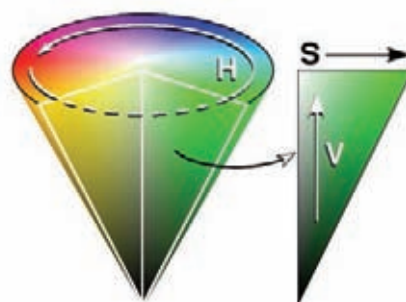
Vid skapandet av algoritmerna för bildanalys har tre sätt att ge färger numeriska värden använts. Teorin om deras uppbyggnad presenteras nedan.

RGB-orientering

Enligt standard är alla färgbilder som läses in i MATLAB RGB-orienterade (figur 8.20). Det innebär att alla färger beskrivs med hjälp av färgerna röd (R), grön (G) eller blå (B). Dessa tre färger ger sedan ett värde ett tal mellan 0 och 255 vilket resulterar i att varje färg har en sifferkoordinat. Exempelvis har färgen svart koordinaten (0,0,0) och vit (255,255,255) (The Mathworks, 2015).



Figur 8.20. RGB-orientering



Figur 8.21. HSV-orientering

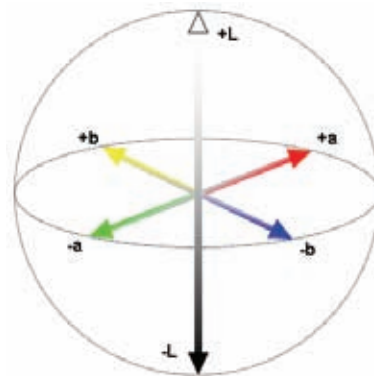
HSV-orientering

Ett annat sätt att beskriva färger digitalt är med hjälp av HSV-värden (figur 8.21). H-värdet beskriver färgnyansen (hue) och anges i MATLAB som ett tal mellan 0 och 1. Exempelvis ligger färgen grön i intervallet 0,225-0,389. H-värdet kan även anges som en vinkel upp till 360°. I dessa fall har formeln $\text{color}/360$ använts för att göra värdet kompatibelt med MATLAB.

Där representerar color en vald färg eller ett färgintervall. S-värdet beskriver i sin tur vilken mättnad (saturation) färgen har, 0 är färglös och 1 ger en tydlig färg. V-värdet representerar hur intensiv färgen är (value), 0 resulterar i en mörk färg och 1 resulterar i en ljus och klar färg. Följaktligen skulle koordinaten $(-, -, 0)$ generera en svart färg och $(-, 0, 1)$ en vit färg.

*L*a*b*-orientering*

Ett tredje sätt att ge färger koordinater är med hjälp av de tre koordinaterna L, a, och b (figur 8.22). L*-värdet står för ljushet och är ett tal mellan 0-100, där 0 ger mörkaste nyansen och 100 ger ljusast möjliga nyans. a*-värdet är ett tal från -1 till 1 som går från grönt till rött. b*-värdet är ett tal från -1 till 1 som går från blått till gult.



Figur 8.22. L*a*b*-orientering

Algoritmer

TVÅ algoritmkoncept för bildanalys skapades. Vad som skiljer dem åt är sättet att detektera färgavvikelse. Nedan presenteras de två algoritmerna, för fullständig MATLAB-kod se bilaga 19.

Algoritm 1

Algoritm jämför en *föregående* bild (figur 8.23) och en *nuvarande* bild (figur 8.24). De båda bilderna transformeras om från RGB-orientering till HSV-orientering. Detta då det är lättare att dela in i färgintervall med HSV-orientering. 'Föregående' bild undersöks för att identifiera alla gröna pixlar och dess koordinater i bilden. I den 'nuvarande' bilden beräknas sedan hur många av pixlarna från den 'föregående' bilden som nu kan hittas inom det som anses vara ett gult intervall. Algoritmen ger ett alarm om tillräckligt stor andel pixlar blivit gula vilket kan tyda på ohälsa hos en planta. Storleken på den andel gula pixlar som krävs för att ett alarm ska ges ska kunna ställas in efter situation och behov.



Figur 8.23. Föregående bild



Figur 8.24. Nuvarande bild

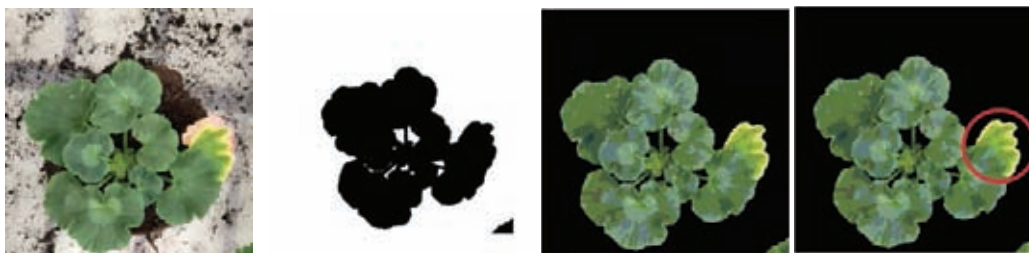
Algoritmen tål inte rörelser av bildobjekten då bildanalysen letar efter avvikelser genom att jämföra pixel för pixel. Det betyder att om en planta förflyttas lite mellan *föregående* och *nuvarande* bild kan denna metod inte ge ett pålitligt resultat.

Algoritm 2

Algoritmen undersöker en bild och kan lokalisera vad i bilden som är vegetation med hjälp av *k-mean clustering* (figur 8.25). På samma sätt som i Algoritm 1 transformeras den inlästa bilden från RGB-orientering till HSV-orientering. Algoritmen beräknar sedan hur många pixlar hos vegetationsdelen som är inom ett grönt intervall och hur många pixlar som är inom ett gult intervall. Algoritmen ger sedan alarm om för stor andel pixlar är inom det gula intervallet.

Bilderna nedan beskriver algoritmens process som steg för steg är:

1. Bild väljs för analys.
2. Vegetationen lokaliseras med hjälp av *k-mean clustering*,
3. Vegetation urskiljs genom att resten av bilden färgas svart.
4. Alarm ges då andelen gult i bilden var över tillåten gräns.



Figur 8.25. Växtundersökning med hjälp av *K-mean clustering*

Algoritmen fungerar bäst om bilden endast innehåller en växt per bild eftersom det är andelen gult av den totala vegetation som beräknas. Risken finns att en färgavvikelsen är för liten för att registreras om många gröna växter finns på samma bild.

Identifierade utmaningar

Båda de två algoritmerna är känsliga för färgskiftningar på plantorna orsakade exempelvis av odlingsbelysning eller solljus. En utmaning är därför att kunna identifiera en *rätt* färgavvikelse på plantan.

Naturliga avvikelser förekommer då växter är levande organismer. En utmaning är att identifiera naturliga avvikelser och undvika att ge alarm för dem. På samma sätt kan falska alarm ges om en planta har blommor i samma färg som ett sjukt blad. Detta trots att det inte är något fel på plantan.

8.3.3 Utvärdering av de två algoritmerna

Av de krav som ställdes på algoritmen enligt kravspecifikationen (bilaga 10) kan det konstateras att inte alla krav har behandlas vid skapandet av de två algoritmerna. Det mest grundläggande och högst viktade kraven är däremot uppfyllda. Nedan presenteras fullständig kravutvärdering (figur 8.26).

Namn	Krav	Beskrivning	Krav uppfyllda
KM1	Kompatibel med <i>Heliosystem</i>	Produkten ska kunna skicka och ta emot information från <i>Heliosystem</i>	N/A
KM2	Upptäcka färgavvikelser	Analysera tagna bilder för att hitta avvikelser i färg hos plantor	Ja
KM3	Sjävlärande system	Systemet ska kunna spara information om olika sorters avvikelser och på så sätt successivt bygga upp en smart databas	N/A
KM4	Larma vid avvikelser	Avge larm om någon planta uppvisar någon avvikelse när det gäller färg, bladutseende, höjd, insekter	Ja

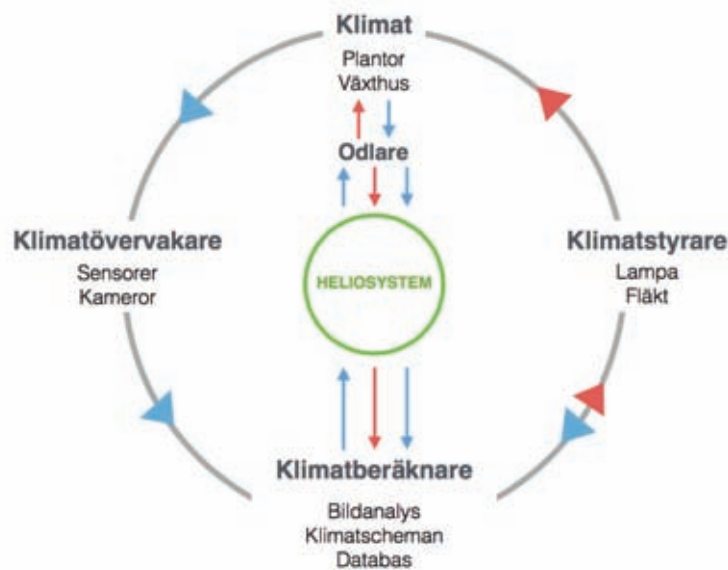
Figur 8.26. Kravutvärdering av de två algoritmerna

9 Slutprodukt

I detta kapitel presenteras den slutliga produkt som projektet resulterat i. Kapitlet följer en struktur som först beskriver helhetskonceptet och därefter presenterar *Heliosystem* och *Helioview* som innefattar kamerahus och algoritm för växtövervakning.

9.1 Helhetskoncept

Slutprodukten är utvecklad för att effektivisera produktionen för odlare enligt den systemmodell som tagits fram (figur 9.1). Modellen beskriver hur odlingsverksamheten är beroende av olika flöden av information (blå pilar) och åtgärder (röda pilar) för att på ett optimalt sätt kunna styra produktionen.



Figur 9.1. Systembild med *Heliosystem*

Heliosystem är ett program som odlaren interagerar med för att kunna styra odlingsanläggningen på önskvärdt sätt. För att utöka odlarens kontroll av anläggningen kan produktpaket köpas till i form av sensorer, kameror eller armaturer (figur 9.2). Dessa erbjuds som hårdvara med tillhörande mjukvara som utökar *Heliosystems* funktioner. *Helioview* är ett av dessa produktpaket och består av en fysisk kameraprodukt med mjukvara som ansluts till *Heliosystem*. *Helioview* samlar in bildinformation från anläggningens växter som sedan presenteras för odlaren via *Heliosystem*.



Figur 9.2. Produktpaket

9.2 Heliosystem

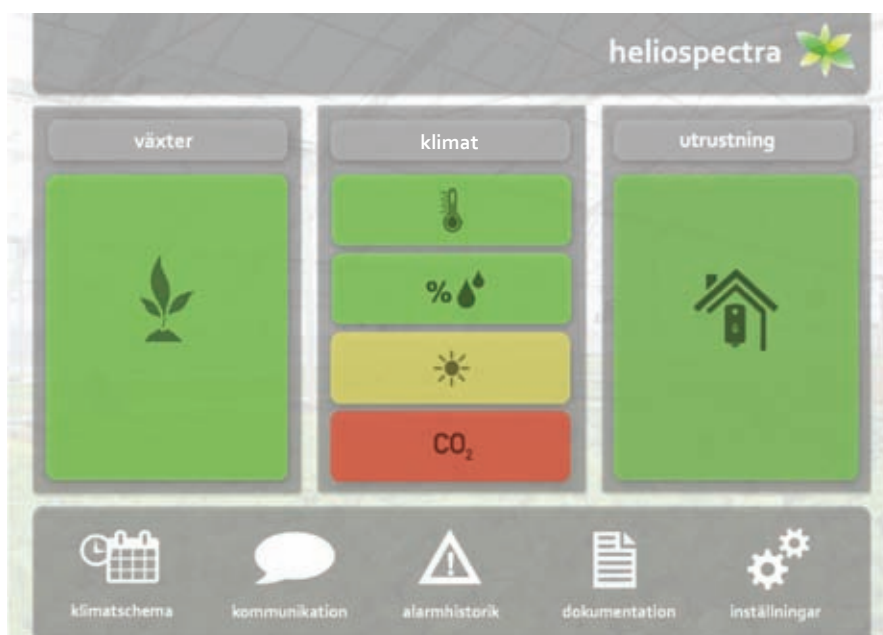
Konceptet är utvecklat utifrån produktens adjektiv där orden vänlighet, hjälpsamhet, pålitlighet och en holistisk lösning har legat till grund för arbetet. Dessutom eftersträvar helhetslösningen att möta de tidigare nämnda behoven som enkelhet, tydlighet och effektivitet.

Gränssnittet och kommunikationsplattformen *Heliosystem* består av de funktioner som presenteras i figur 9.3. En mer detaljrik funktionsmatris har också utvecklats (bilaga 1).

Huvudfunktion	Underlätta för odlaren att uppnå optimala odlingsförhållanden
Delfunktioner	Förmedla information till odlare från klimatövervakare, klimatstyrare och klimatberäknare
	Möjliggöra för odlaren att lagra klimatdata
	Möjliggöra för odlaren att utföra åtgärder på klimatövervakare, klimatstyrare och klimatberäkningar
	Förmedla information/data mellan konsulter/andra odlare

Figur 9.3. Funktionslistning Heliossystem

Ett konceptförslag på hur ett gränssnitt för *Heliosystem* startskärm skulle kunna se ut visas nedan (figur 9.4). Gränssnittets startskärm innehåller de viktigaste identifierade funktionerna och skapar en god överblick. Odlaren kan lätt se om något larm gått eftersom det aktuella området knapp då ändrar färg till gult (ej brådskande alarm) eller rött (brådskande alarm).



Figur 9.4. Konceptförslag på gränssnitt för startskärm



Figur 9.5. Konceptförslag på gränssnitt för växtundersökning *offsite*

Mer information om något område kan fås genom att klicka på ett område och gå en nivå djupare i gränssnittet. Ovan visas hur en skärm med gränssnittet för växtkameror kan se ut med de funktioner som identifierats (figur 9.5).

9.3 Kamerahus till Helioview

Kamerahuset placerar och skyddar en kamera sådant att den kan överblicka växtbädden och bedöma plantornas hälsa. Huset sluter runt LX- och RX-seriens armaturer och blir ett tillbehör som blir en del av lampan (figur 9.6). Produkten har plats för att inkapsla komponenterna kameramodul, kretskort, transformator och anslutningsmoduler. Tillsammans med dessa komponenter kommer kamerahuset bli en fungerande sensor. Huset placerar kameran centrerat i sidled på armaturen för att bildupptagningen ska motsvara lampans upplysta area (figur 9.7). På kortsidan sitter en varningslampa som tänds då något är fel och fungerar därför som en markör för operativ status (figur 9.7). Varningslampan är placerad på kortändan centrerat i sidled på armaturen. Anledningen till det är framförallt för att placeringen är den då användaren minst störs av armaturens bländande ljusutstrålning.

9.3.1 Montering

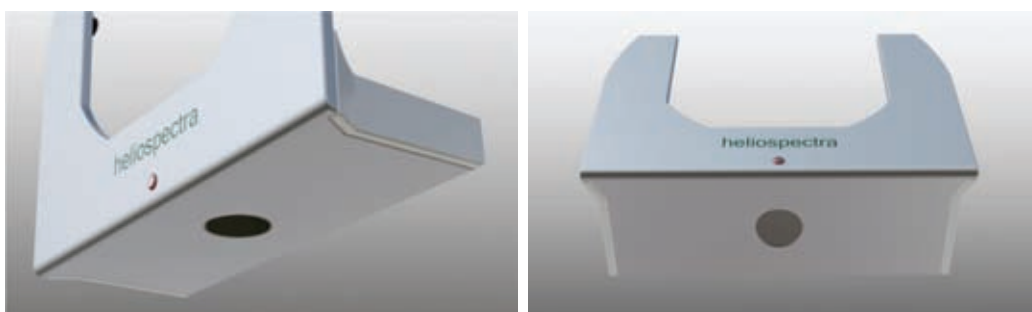
Kamerahuset kan enkelt monteras på LX- och RX-seriens armaturer genom att produktens fyra gummicylindrar (figur 9.8) förs in i armaturens hål på kortsidan. Detta kan göras av installatören genom att hålla kamerahuset i ena handen och armaturen i den andra i syfte att hålla mot. Montering kräver inga verktyg och är effektiv samt säker. El- och nätverkskablar leds av produkten upp längs med produktens kortsida och kommer ut nära armaturens kablar. Detta gör det möjligt att sätta en kabeldelare sådant att kamerahuset matas av samma kablar som armaturen vilket minimerar kabelförbrukningen. Alternativt kan kablarna dras tillsammans med armaturens kablar vilket kan minska installationsarbetet.

9.3.2 Formspråk

Kamerahusets formspråk ger i kombination med LX- och RX-seriens armaturer ett uttryck som förmedlar pålitlighet. Formspråket skapas genom enkla och kompakta former där få material används. Kamerahuset består främst av aluminium som ger en solid känsla och skapar en driftsäker produkt. Kombinationen med plast skapar en spännande materialövergång som ger produkten en innovativ känsla och samtidigt förmedlar en hjälpsamhet för användaren. Tillsammans med armaturen skapas ett holistiskt uttryck då kamerahuset är väl formanpassat och signalerar att det är en del av ett system.



Figur 9.6. Kamerahuset sluter runt LX- och RX-seriens armatur



Figur 9.7. Kamerahuset placerar kameran samt lampa för operativ status centrerat



Figur 9.8. Kamerahusets olika komponenter

Figur 9.9. Plastlock trycks på lodrätt nedåt

9.4 Bildalgoritm

Helioviens mjukvara består av två olika algoritmer för att upptäcka färgavvikelser hos växter. Båda algoritmer utför beräkningar på de bilder som tagits med *Helioview* och larmar om gränsvärdet för färgavvikelse överstigits.

9.4.1 Bildalgoritm 1

Algoritmen jämför en bild som tagits med *Helioview* med en tidigare referensbild på en växt. Genom att jämföra pixlarna i dessa bilder kan skillnader mellan dem upptäckas. Om algoritmen upptäcker en större färgskillnad mellan bilderna skickas en alarmsignal till *Heliosystem*.

9.4.2 Bildalgoritm 2

Algoritmen analyserar en ensam bild som tagits med *Helioview* för att hitta färgavvikelser (figur 9.10). Först separeras vegetationen från bakgrunden för att ta bort störande moment. Sedan analyseras den vegetativa delens pixlar för att hitta områden som avviker från den önskvärda färgen. Identifieras ett område med pixlar vars färgvärden är utanför gränsvärdena skickas ett alarm till *Heliosystem*.



Figur 9.10. Växtundersökning med hjälp av *K-mean clustering*

10 Diskussion

10.1 Resultat

Resultatet i projektet behandlar och uppfyller syfte samt definierade mål och frågeställningar. Resultatet svarar mer ingående på delar i syfte, mål och frågeställningar som hör till de tidigare faserna i arbetet. Specifik diskussion av resultatet presenteras nedan i slutprodukt för rapporten samt för de olika produktspår som rapporten arbetat kring - *Heliosystem* samt kamerahus och algoritm som är en del av *Helioview*.

Avgränsningens ramar har hjälpt projektet att fokusera djupare på de undersökta områdena. Under projektets gång har ytterligare avgränsande beslut tagits vilket har låtit projektet fokusera ännu mer specifikt. Dessa avgränsningar var ett resultat av brukarstudien och många avgränsningar skulle därför vara svåra att initialt använda som avgränsningar till projektet. Projektets fokus på existerande kamera- och sensorteknik gjorde det mer effektivt att hitta möjlig produktutvecklingspotential. Avgränsningen av marknadsområden påverkade inte urvalet av odlingsanläggningar i stor grad. Framförallt beror det på att alla typer av växthusodlingar i Sverige faller inom ramen för valda marknadsområden. Om produkter ska säljas utanför Sverige bör en kompletterande brukarstudie göras eftersom projektet var begränsat till att undersöka svenska odlingsanläggningar. Slutprodukten anses ligga inom *Heliospectras* vision och passa in i deras produktportfölj.

10.1.1 Slutprodukt

Slutprodukt har utvecklats utifrån brukarstudierna som framförallt fokuserats på primäranvändaren odlare och där sekundäranvändare prioriterats lägre. Sekundäranvändare som växtkonsulter och andra intressenter har alltså inte undersökts till lika stor grad i projektet. Odlarna har exempelvis begränsad kunskap kring teknik som klimatdatorer och övriga styrsystem som används på anläggningarna. Krav från installationspersonal är därför exempel på krav som inte kartlagts. För fortsatt produktutveckling skulle därför sekundäranvändarnas behov och krav behöva kartläggas mer utförligt.

Användarnas attityd gentemot produkterna samt deras ovilja att testa nya innovationer kan ha styrt slutresultatet av projektet. I brukarstudierna märktes det tidigt att odlingsbranschen är en konservativ bransch. Få odlare ställde sig positivt till att införa mer teknik i sin verksamhet. Lämpligheten i att slutresultatet i projektet innefattar ny, innovativ teknik kan därför ifrågasättas. Brukarstudierna visade däremot även på andra aspekter av odlarnas teknikanvändning. Odlarna använder bland annat inte sin utrustning fullt ut och de upplever sig dessutom mötas av stora mängder överflödiga data och information. Det kunde därför konstateras att den befintliga tekniken inte är optimerad för användaren men att tekniken ändå behövs för den dagliga verksamheten. Bedömningen är att slutresultatet är utformat för att hjälpa och stötta odlaren och att införandet av mer teknik därför är försvarbart.

Heliospectras vision om att automatisera odlarens dagliga verksamhet kan vara en känslig fråga som är intressant med avseende på slutprodukten. Automatisering skulle innebära att odlare eller konsulter på sikt ersätts med teknik. Detta dilemma har resulterat i att en avvägning behövt göras kring hur slutprodukten ska utvecklas. Detta har gjorts genom val att ha användaren i centrum eller att ersätta användaren helt. Projektet kom fram till att odlarens kompetens inte helt kan substitueras med den teknik och kompetens som finns att tillgå och därmed behöver odlaren stå i centrum för produktutvecklingen. *Heliospectras* vision att skapa ett självstyrande växthus har samtidigt funnits närvarande vid utvecklingen av *Heliosystem*. Det innebär att det i systembilderna finns förutsättningar för att skapa ett helt automatiserat växthus i framtiden.

Resultatet anses ha uppnått företagets förväntningar utifrån den inriktning som valdes i samråd med *Heliospectra*. Förväntningarna anses framförallt varit att uppfylla denna inriktning - att utveckla en konceptuell lösning med idéhöjd men lägre detaljnivå. Resultatet tros även vara värdefullt för att ge en god grund för *Heliospectra* att i framtiden skapa innovativa produkter.

Brukarstudien och kravspecifikationen är viktiga resultat i projektet som inte lyfts fram i slutprodukt men är en stor tillgång för vidare produktutveckling. De presenterar aspekter och problem som ger värdefull förståelse av kontext och användare. Det är en bra grund att stå på vid utveckling av nya produkter samt vid granskning av redan befintliga produkter. *Heliospectra* var exempelvis inte fullt medvetna om att användarna inte utnyttjar alla de funktioner som deras odlingsbelysning erbjuder. Projektet visar därför på vikten av att utgå från användarens behov och krav vid produktutveckling.

Resultat av projektet har påverkats av att marknadsområdet forskningsodling valdes att inte tas hänsyn till efter projektfasen brukarstudier avslutats. Om denna miljö hade undersökts utförligare med skulle projektet haft en annan slutprodukt. Forskningsodling skiljer sig mycket från övriga marknadsområden vilket gör att denna avgränsning var nödvändig att göras. Om ingen avgränsning gjorts hade slutprodukten inte kunnat vara lika inriktad till övriga marknadssegment. Detta hade inneburit en sämre produkt som inte var lika brukarcentrerad.

10.1.2 *Heliosystem*

Heliosystem skapar en grundplattform för att effektivisera, underlätta och optimera odlingsprocessen. Lösningens grundplattform möjliggör för odlare att investera sekventiellt i systemet genom att utöka det efterhand. Detta var ett viktigt behov som identifierades under brukarstudierna eftersom odlaren ofta bara har en begränsat årligt investeringskapital. Dessutom finns årligen en kapitalpott där odlaren kan söka EU-stöd från. Fördelar med *Heliosystem* är även dess flexibilitet och möjlighet att anpassas för olika marknadssegment och odlingsanläggningar.

Påverkan av resultatet för *Heliosystem* kan ha skett eftersom projektets inledande mål var att utveckla kamerabaserade sensorer. Detta mål ändrades sedan till att utveckla en heltäckande lösning. Möjligheten finns att *Heliosystem* är suboptimerat för att passa för just kamerabaserade sensorer. Detta då fokus låg på den systemdelen under första halvan av projektet. För att verifiera den heltäckande lösningens validitet skulle ytterligare studier av andra systemdelarna behöva utföras.

Det konceptuella gränssnittet anses vara unikt då viktiga grundläggande designstrategier kring användarvänlighet och enkelhet använts. Dessa designstrategier har generellt inte tagits hänsyn till i andra mjukvaruprogram på marknaden anpassade för odling. Symboler och huvudfunktioner hos gränssnittet skulle däremot behövas verifieras ytterligare. Detta är nästa steg att verifiera det konceptuella gränssnittet.

10.1.3 *Helioview*

Kamerahus

Resultatet och arbetet med kamerahuset som är fokuserat på formspråk och funktion bedöms innehålla värdefulla tankar för vidare produktutveckling. Kamerahusets materialval, tillverkning och prisbild är aspekter som skulle behöva utvärderas ytterligare. För att kunna utvärdera dessa faktorer måste produktutvecklingen befinna sig i en senare fas.

Kamerahusets formspråk avspeglar önskat uttryck i *expressionboarden*. Formspråket tilltalar därför målgruppen eftersom den representerar produktens adjektiv som framkommit ur brukarstudierna. Kamerahuset uttrycker pålitlighet och driftsäkerhet eftersom få material använts. Dessutom bidrar aluminiumets grå färg och de distinkta men samtidigt enkla geometriska formerna till dessa uttryck. Genom de rundade kanterna, materialmöteerna och helhetsuttrycket som tar avstånd ifrån en traditionell övervakningskamera upplevs kamerahuset samtidigt som hjälpsam och innovativ.

Algoritm

Algoritmens metod att detektera färgavvikelse är den mest lämpliga metoden för att detektera växtavvikelse generellt men kan inte detektera alla typer av växtavvikelse. Färgavvikelse är något som under brukarstudien återkom som en viktig aspekt att undersöka och som kan visa de flesta typerna av växtavvikelse. Genom att analysera färgavvikelse är det dock svårt att detektera skadedjursangrepp. Vid upptäckt av avvikelser i färg på grund av skadedjursangrepp kan det ofta redan vara för sent att stoppa angreppet. En algoritm som kan detektera skadedjur fullt ut har andra typer av krav på hård- och mjukvara och att utveckla en sådan skulle resultera i en betydligt mer avancerad produkt. Dessutom skulle eventuellt en bildanalys av plantors undersida krävas för att kunna identifiera avvikelser på grund av skadedjursangrepp. Skadedjursangrepp kan anses vara den viktigaste avvikelserna att detektera då angreppen kan göra storskalig skada. Det kan därför ifrågasättas om just färgavvikelse kan detektera de mest kritiska växtavvikelserna. Dock inträffar storskaliga skadedjursangrepp sällan och bedömningen gjordes att värdet att upptäcka mindre kritiska men mer frekventa avvikelser är större.

Algoritmen är utvecklad utifrån tester med förenklade exempelbilder där hänsyn inte tagits för beräkningstider. Exempelbilderna som är tagna under brukarstudien innehåller en planta och har tydliga kontraster mellan planta och bakgrund. Exempelbilderna är tagna på krukväxter där respektive bladverk är franskt mellan plantorna. Vid andra typer av odling går ofta alla plantors bladverk ihop vilket kan försvåra bildbehandlingsprocessen. De bilder som användes motsvarade inte den tilltänkta bildstorleken. Exempelbilderna blev beskurna till storleken 500x500 pixlar då de datorer som fanns att tillgå inte kunde processa större bilder på en rimlig tid. Det kan alltså finnas brister i algoritmerna gällande tidsoptimering för bildanalysen. För fortsatt utveckling bör fokus läggas på att sänka beräkningstiderna för algoritmerna. Algoritmerna skulle även behöva testas med andra bilder innehållande fler antal plantor, olika bakgrunder, skiftande ljussättning och mindre tydliga kontraster.

10.2 Projektprocess

Projektets initiala faser är utförda på ett ingående sätt vilket har givit en bred och väl genomförd brukarstudie och kravsättning. Det ingående sätt som de initiala faserna genomförts på har bidragit till en ojämn tidfördelning i projektet. Inledningsvis var projektet och de frågeställningar som ställdes öppna. Prioritering i samråd med företaget resulterade i att brukarstudierna blev omfattande vilket medförde en omfattande analys av insamlad data. Målet för projektet var alltså att lägga stor energi på kartläggning av problembild och sedan göra en konceptuell slutprodukt vars syfte framförallt var att visa på möjlig lösning. Om projektet initialt hade haft en mer begränsad frågeställning hade projektmålet varit annorlunda. Framförallt hade mer energi lagts på de senare faserna i projektet som koncept-utveckling och detaljerad konceptutveckling. Detta skulle ha resulterat i en mer genomarbetad slutprodukt men hade inte givit en lika omfattande problembild.

Projektets inriktning på systemutveckling kom i ett senare stadie i projektprocessen vilket medförde att systemutvecklingen blev på ett konceptuellt stadie. Behovet av en helhetslösning uppdagades under de breda brukarstudierna i projektets inledande fas. Upptäckten av att inrikta sig på systemutvecklingen skulle därför inte vara möjlig att göra tidigare.

10.3 Metod och genomförande

10.3.1 Brukarstudier

Brukarstudierna var omfattande och koncentrerade till projektets inledande fas. Sju stycken studiebesök på olika typer av odlingsanläggningar ansågs vara tillräckligt många för att uppnå en mättnad på insamlad data. Det berodde främst på att det under de sista studiebesöken inte tillfördes mycket ny information. Projektet hade möjligtvis gynnats av en mindre omfattande datainsamling i början av projektet. Detta för att senare i utvecklingsprocessen ha möjligheten att utföra användartester och validera fakta. Särskilt skulle detta kunna gynna projektet då den inledande datainsamlingen inte var anpassad till systeminriktningen som valdes i en senare fas av projektet.

Metoderna som användes under brukarstudierna anses ha givit en bred bild av användaren och odlingskontexten. Att genomföra en öppen och semistrukturerad datainsamling med observationer och intervjuer har passat typen av miljö datainsamlingen gjorts i samt projektinriktning. Projektet handlade om att få en helhetsförståelse över odlarnas situation och behov. Detta hellre än att definiera en viss problembild i detalj och därför är de valda datainsamlingsmetoderna motiverade. Vid flertalet av studiebesöken var merparten av projektgruppen närvarande för att skapa en unison brukarstudieuppfattning. Det kan ifrågasättas huruvida projektgruppens resurser utnyttjats på bästa sätt då den breda insamlingen och analysen av data tog upp en stor del av projekttiden. Dock var det en komplex brukarmiljö som kartlades vilket underlättades med flera observatörer.

Datainsamlingen försvårades eftersom odlarna ibland var skeptiska till projektets potential och hade svårt att sätta ord på fakta. Odlarna hade framförallt svårt att sätta ord på sina odlingskunskaper och även att konkret beskriva sin arbetsgång vid växtundersökningen. Detta gällde speciellt vid förklaring av hur upptäckt av skador och avvikelser hos plantorna sker vilket inte heller gick att observera. Odlarna beskrev sina upptäckter av avvikelser med ord som *förnimmelse* och *ett sjätte sinne*. En del odlare hyste en viss skepsis gentemot projektets syfte. Misstänksamhet hystes speciellt eftersom projektet genomfördes i samarbete med ett specifikt företag. Vissa odlare hade misstankar mot innovationstrenden rörande självreglerande system under datainsamlingen.

10.3.2 Enkät

Resultatet av enkäterna är inte representativt för alla marknadssegment eller odlingsanläggningar. Syftet med enkäterna var att bekräfta och komplettera data från studiebesöken. 11 stycken enkäter utfördes vilket inte kan ses som tillräckligt många för att dra några större slutsatser. Möjligheten till urval var dessutom begränsat vilket gjorde att endast en medicinsk odlare, en forskningsodling och därutöver enbart kommersiella odlare inkluderades. Däremot visade enkäterna på trender och kunde styrka redan observerad fakta från studiebesöken.

Enkätens frågor kunde inte helt anpassas till de olika typerna av anläggningar vilket påverkade enkäternas validitet. Enkäten användes framförallt inom marknadssegmentet kommersiell växthusodling som består av många olika typer av odling, allt från krukväxt till tomat. Därför kunde inte enkätens frågor anpassas specifikt vilket resulterade i att enkätens resultat endast har använts för att komplettera och bekräfta problembilden. Inga hypoteser och slutsatser har dragits med enbart enkätens resultat som underlag. Förutom att bekräfta problembilden var enkätens syfte att undersöka behovet av växtundersökning och växthusundersökning. Även detta enkätsvarsunderlag påverkades av validiteten och kunde inte bekräftas eller dementeras .

10.3.3 Urval

Urvalet av odlare som medverkade i brukarstudien anses vara representativa sett till projektets omfattning och fokusområden. De mest vanliga typerna av kommersiell växthusodling undersöktes. Det hade däremot varit önskvärt att även göra studiebesök på medicinska odlingar för att få samma förståelse för deras förutsättningar, men projektets begränsningar tillät inte det.

Brucarstudierna valdes i början av projektet att begränsas med geografisk anledning till att enbart utföras på odlingsanläggningar i Sverige. Brucarstudierna fångar en bild om hur odlingsbranschen fungerar i Sverige med undantag för de två skypeintervjuerna med odlare i USA. Åtanke har tagits vid produktutvecklingen om att ingen global brukarbild är kartlagd. Lösningarna förmodas däremot även kunna passa till marknader utanför Sverige men detta måste verifieras i vidare produktutvecklingsarbete. Önskvärt vore alltså att mer ingående brukarstudier genomförs utanför Sverige.

Förutsättningarna för ett selektivt urval för odlingsanläggningar i Sverige är inte optimala. Detta då det exempelvis endast finns några odlingsanläggningar som anses vara storskaliga i Sverige. Inget selektivt urval kunde göras då endast geografiskt tillgängliga odlingsanläggningar kunde undersökas. Två storskaliga anläggningar deltog i studien vilket medförde att brukarstudien även ger en bild för storskalig odling.

10.3.4 Kravsättning

Kravspecifikationen anses innehålla krav som är av värde för fortsatt produktutveckling. Alla krav har inte behandlats i projektet eftersom produktutvecklingen inte kommit fram till en fas där kraven påverkar besluten. Därför uppfylls inte dessa krav av den konceptuella slutprodukten. Det beslutades att bevara dessa krav i den slutliga kravspecifikation eftersom de är av värde för företaget vid framtida produktutveckling.

10.4 Framtida utvecklingsmöjligheter

Slutprodukten är på en konceptuell nivå och ytterligare iterationer bör göras för att nå en tillräcklig detaljnivå för att en slutprodukt som kan produceras. Dessutom bör prototyper göras för att verifiera funktionalitet.

Arbete som bör göras vid nästa steg av produktutvecklingen och för vidareutveckling av slutprodukt är:

- Brucarstudier i Sverige och utomlands med primäranvändarna odlare och sekundäranvändare såsom konsulter, installatörer och tekniker. Utgångspunkten för brukarstudien bör vara på den uppdaterade problemställningen om att skapa en helhetslösning.
- Ytterligare utveckling av algoritmer samt framställning en mjukvaruprototyp med gränssnitt som kan testas av användare.

- Testa och verifiera bildanalysalgoritmer i verklig miljö.
- Undersöka material, mekanisk utformning och tillverkning av kamerahus samt val av lämpliga elektroniska komponenter.

Utöver detta måste arbete läggas på att marknadsföra helhetslösningen för potentiella kunder. Detta kan göras genom att använda sig av marknadsstrategi och kommunikation som strävar efter att överbrygga gapet mellan företagets innovativa högteknologi och odlarens önskan efter driftsäkerhet och pålitlighet.

11 Slutsats

Resultatet från brukarstudierna visade att odlingsprocessen måste ske i en effektiv odlingsmiljö för att kunna möta efterfrågan och skapa profit. De problemområden som identifierades på odlingsanläggningarna var främst undersökning av växter samt upptäckt av avvikelser hos växter och utrustning. Om avvikelser inte upptäcks i tid kan det få förödande konsekvenser för odlingens produktion. Odlaren har också svårt att överblicka information och se om klimatjusteringar är gjorda eller behöver göras. Orsaken är en stor mängd växter och med överflödiga gränssnitt som finns på anläggningarna idag. Dessa problemområden resulterar i svinn vilket ger förlorad vinst, lägre produktionstakt, högre lönekostnader och ständig oro för odlarna.

Utifrån brukarstudien kunde odlarens behov och krav kartläggas. En kravspecifikation skapades innehållande de mätbara krav som ställs på mjukvara och hårdvara som ska användas i en odlingsmiljö. Odlarens behov och krav låg även till grund för den produktutvecklingsprocess som genomfördes för att underlätta och effektivisera odlingsprocessen. Resultatet blev den konceptuella helhetslösningen *Heliosystem*.

Heliosystem kan övergripande bidra till att underlätta och effektivisera odlingsmiljön för växterna. Detta då kontroll, styrning och historik av klimatet gemensamt sammanställs i ett överskådligt gränssnitt av en gemensam mjukvara. Med hjälp av kamerasensorer som kan kopplas till modulsystemet kan avvikelser hos växter och utrustning upptäckas tidigt och undersökningen av dessa ske *offsite*. *Heliosystem* kan även användas för att underlätta och effektivisera verksamheten. Detta då *Heliosystems* gränssnitt är användaranpassat och hjälper odlaren att få överblick över information samt de åtgärder som utförs eller behöver utföras. Gränssnittet är dessutom anpassat för att underlätta dokumentation av växter samt kommunikation med externa intressenter så som växtkonsulter och andra odlare. *Heliosystem* underlättar även verksamheten genom att minska helgarbete och odlarens ständiga oro.

Kamerahuset och algoritmen är framtagna som en del av den kamerabaserade sensorn *Helioview*. Kamerahuset fäster på LX- och RX-seriens armaturer, är lätt att montera och har ett formspråk som tillsammans med armaturen förmedlar pålitlighet. Algoritmen detekterar färgavvikelser genom att räkna antal pixlar utanför de *tillåtna* färgerna.

Heliosystem tillsammans med *Helioview* visar på hur *Heliospectras* framtida produktportfölj kan utformas och samt hur produkterna kan samspela för att skapa en helhetslösning som möter odlarens behov och krav.

12 Referenser

12.1 Textreferenser

- Almström, P. (2013) Föreläsningsmaterial, MMT030 Tillverkningsteknik DFMA – Design for manufacturing and assembly Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Bligård, L-O. (2011) Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling, Avdelningen för Design & Human Factors.
- Degerman, L. (2012) Föreläsning, 1TE049 Metodik i produktutveckling. Föreläsning 6 Konceptutveckling Uppsala: Uppsala Universitet.
- E-con systems (2015a) Support från Eric S. (sales@e-consystems.com) (2015-04-20).
- E-con systems (2015b) 8 mega pixel auto focus MIPI camera module. *E-con systems*. <http://www.e-consystems.com> (2015-04-20).
- E-con systems (2015c) Add on board to Almach - DM3730 RDK: 8.0 MP MIPI camera board (ACC-3730-8825CAM). *E-con systems*. <http://www.e-consystems.com> (2015-04-20).
- Egidius, H. (2008) Natur och Kulturs Psykologilexikon. Stockholm: Natur & Kultur.
- Eugster, M. Huabo, D. Jinhui, L. Perera, O. Potts, J. Yang, W. (2008) Sustainable Electronics and Electrical Equipment for China and the World. [Elektronisk]. Winnipeg, Manitoba: International Institute for Sustainable Development.
- Fall, C. Nilsson, S. Hansén Goobar, M. Bodén, R. Lundgren, V. (2013) Utveckling av LED-baserad odlingsbelysning, för kommersiell odling. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling, Avdelningen för Design & Human Factors.
- Gustafson, G. (2015) The Known Colors Palette Tool. *Code Project*. <http://www.codeproject.com/Articles/243610/The-Known-Colors-Palette-Tool-Revised> (2015-05-18).
- Heliospectra AB (2014a) Company. *Heliospectra*. <http://www.heliospectra.com/company> (2015-05-13).
- Heliospectra AB (2008b) System for modulating plant growth or attributes. WO2008118080.
- Iverlund, H. Larsson, A, (2014) Mobile 3D Traffic Measurement, Göteborg: Chalmers Tekniska Universitet.
- Johannesson, H. Persson, J-G. & Pettersson, D. (2004) Produktutveckling, effektiva metoder för konstruktion och design. Stockholm: Liber AB.

- Karlsson, MariAnne. (2007) Lyssna till kundens röst. Kurskompendium. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, inst. för Produkt- och produktionsutveckling, avd. Design.
- Kotler, P. (2000) Marketing Management, Millenium Edition. [Elektronisk] Tenth Edition. Upper Saddle River: Prentice-Hall, Inc.
- Kozar, K.A. (1997) The technique of Data Flow Diagramming, University of Colorado Boulder. <http://spot.colorado.edu/~kozar/DFDtechnique.html> (2015-04-25).
- M. Bohgard m.fl. (2011) Arbete och teknik på människans villkor. Stockholm: Prevent.
- Pekkeriet, E. (2009) Vision Technology in Horticulture Practice. *Fruit & Veg Tech*, vol 9.2 pp.20-22. http://documents.plant.wur.nl/wurglas/C_VisionTechnology.pdf (2015-03-02).
- Pezo, L. Brasch V. (2008) Metoder för idégenerering [Elektronisk] Stockholm: Kungliga Tekniska högskolan, Institutionen för Industriell teknik och management, avdelning Maskinkonstruktion (2015-04-25).
- Phenospex B.V. (2015) Horticulture: PlantEye. *Phenospex*. <http://phenospex.com/products> (2015-05-16).
- Samouliené, G., Sirtautas, R., Brazatytė, A., & Duchovskis, P. (2012) LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce. [Elektronisk] Babtai: Institute of Horticulture. (Food Chemistry, Pages 1494–1499, Volume 134, Issue 3).
- SkySquirrel Technologies (2015) Applications. *SkySquirrel Technologies*. <http://www.skysquirrel.ca> (2015-05-16).
- The Mathworks, Inc (2015) Support. *Mathworks*. <https://se.mathworks.com> (2015-03-20 - 2015-05-15).
- Wallgren, P. (2013) Kursmaterial, MMT015 Produktutveckling behov och krav Kurskompendium PbK Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- White, P. St. Pierre, L. Belletire, S. (2013) Okala Practitioner: Integrating Ecological Design. Phoenix: Okala Team.
- Wikström, Li. (2013) Föreläsning, MPP071 Produktsemiotik Persona och Imageboard Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Work With Color. (2015) Color Theory. *Workwithcolor*. <http://www.workwithcolor.com> (2015-05-11).

12.2 Bildreferenser

Analytics Interview Cluster Analysis [Illustration]

<http://analyticsinterview.co.in/cluster-analysis/> (2015-05-11).

Atomere, (2009). Omega chair. [illustration] <http://dornob.com/futuristic-furniture-ultramodern-desk-chair-design-set/> (2015-04-25).

Backgroundsy (2011) Aluminium texture [illustration] <http://www.backgroundsy.com/textures/aluminum-texture> (2015-04-25).

Biobasiq Sverige AB (2015) Skadevolder [Fotografier]

<http://www.nyttodjur.se/skadevolder/trips.aspx> (2015-03-20).

Cesaroni Design & Affinity Biosensors. Life Scale Enclosure. [illustration]

<http://www.cesaroni.com> (2015-04-25).

FileSquare iPhone 5 [Mockup]

<http://mockuphone.com> (2015-03-22).

Harrell's (2011) Potassium deficiency [fotografi]

<http://www.harrells.com/education/the-cuttings-edge-nutrient-potassium-ed> (2015-03-20).

Heliospectra (2014) RX 30 [bild] <http://store.heliospectra.com/products> (2015-05-03).

Hoelstad, M. (2013) [porträttbild] http://www.svd.se/nyheter/inrikes/tanker-du-pa-vad-som-finns-i-restaurangmaten_8432476.svd (2015-05-09).

Iverlund, H. Larsson, A, (2014a). Prototypicality of surveillance cameras [illustration] Master arbete: Mobile 3D Traffic Measurement, Göteborg: Chalmers Tekniska Universitet.

Iverlund, H. Larsson, A, (2014b). The functional and expressional surfaces model [illustration] Master arbete: Mobile 3D Traffic Measurement, Göteborg: Chalmers Tekniska Universitet.

Joakimsson, A (2010) [Pressbild] http://www.cajsatengblad.com/?page_id=13 (2015-05-09).

Karlsson, P. (2012). Tripsangrepp [fotografi] <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=1667&artikel=5119721> (2015-03-20).

LEDinside (2013) L4A [bild] http://www.ledinside.com/news/2013/3/20130312_heliospectra (2015-05-03).

Leica (2014) The Leica T [illustration] <http://whalelifestyle.com/daily-digest/the-leica-t/> (2014-04-25).

Nationellt resurscentrum för biologi och bioteknik, Kålfjärilsägg och larver http://www.bioresurs.uu.se/myller/jordbruk/kalfjaril_agg.htm (2015-03-20).

Nelson.P.V Nitrogen Deficiency on Sunflower [fotografi] NC State University
http://www4.ncsu.edu/~pvnelson/photopages/n_sunflower.htm (2015-03-20).

Ninolab, (2015a) Adaptis A1000. [bild] <http://www.ninolab.se/produkter/klimatskaap-rum/vaextodling/?print=1> (2015-05-07).

Ninolab, (2015b) [bild] <http://www.ninolab.se/typo3temp/pics/e6bda91ec2.jpg> (2015-05-07).

Pettersson, M-L Växtdoktorn. Blomsterfrämjandet
<http://www.blomsterframjandet.se/website1/1.0.1.0/151/1/> (2015-03-15).

Proshop [bild] <http://www.proshop.se/mediacontent/23/80/2380158o.jpg> (2015-05-20).

Quest (2014), Shattky Optometrists Group [porträttbild] <http://www.quest.net.nz/projects/>
(2015-05-09).

Rasmussen, B. (2013) Re-pots A Marijuana Plant At Pink House Blooms [fotografi] The Wall Street Journal <http://www.wsj.com/articles/SB10001424127887323809304578430822400368396>
(2015-05-07).

Solhagagården (2015) Ohyra spinn [fotografi]
<http://solhagagarden.com/sortiment/jord-godsel-amp-vaxtvard/vaxtvard/insekter/> (2015-03-20).

Stone, P. RGB colour system [illustration]
<http://www.peterstone.name/Maplepgs/colours.html>, (2015-05-18).

TeX - LaTeX Stack Exchange (2014) HSV color space [illustration]
<http://tex.stackexchange.com/questions/162331/hsv-shading-of-cone-in-pgfplots> (2015-05-18).

Top tropicals Under watering http://toptropicals.com/html/toptropicals/articles/cultivation/problem_solving.htm (2015-03-20).

University of Alaska (2013). Umbrella system [illustration] <http://www.slideshare.net/pd81xz/ywg29> (2015-05-10).

Zetterlund, Monica (2014). Vita flygare [fotografi] <http://monzan.blogspot.se/2014/08/i-dag-sa-fick-jag-reda-pa-att-det.html> (2015-03-20).

13 Bilagor

Projektprocess

1. Gantt-schema

Brukarstudier

2. Detaljerat urval
3. Brukarstudiemall
4. Frågeformulär till skypeintervju
5. Enkätfrågor
6. Enkät svar
7. Träddiagram brukarstudier
8. Träddiagram problemområden
9. 502 Regulations

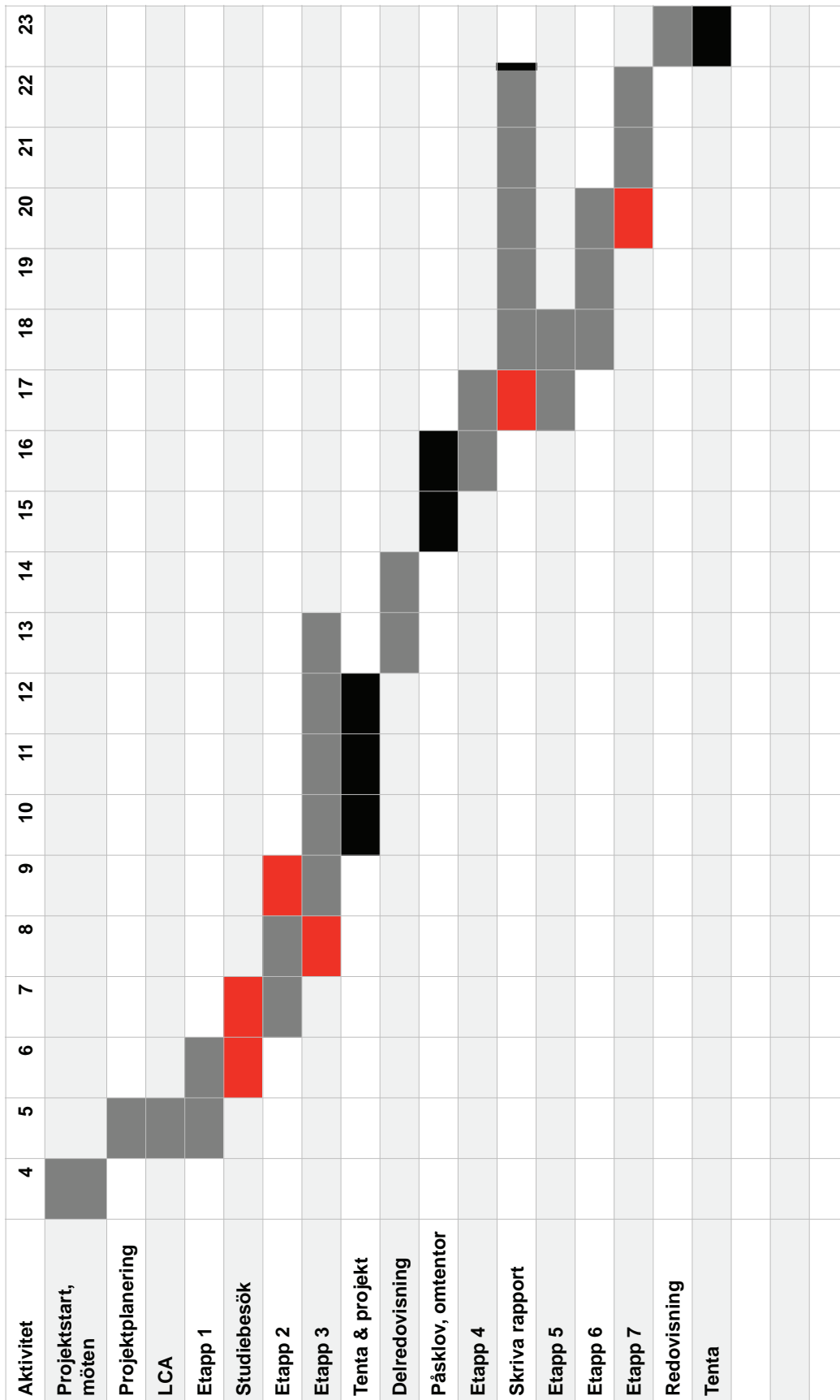
Konceptutveckling

10. Kravspecifikation
11. Morfologisk matris
12. Skador och sjukdomar

Detaljerad konceptutveckling

13. Systemmatris
14. HTA
15. Gränssnitt
16. Produktpaket
17. Marknadsföringsstrategi
18. *Helioview* kravutvärdering
19. Matlabkod

1. Gantt-schema



2. Detaljerat urval

	Typ	Observation	Enkät	Skypeintervju
Odling 1	Kryddor & Växter	x		
Odling 2	Tomat	x		
Odling 3	Gurka	x		
Odling 4	Prydnadsblommor	x		
Odling 5	Tulpaner	x		
Odling 6	Kryddor & växter	x		
Odling 7	Primörsallad & örter		x	
Odling 8	Sallad & örter		x	
Odling 9	Kryddor, Sallad & Blommor		x	
Odling 10	Gurka		x	
Odling 11	Tomat, Gurka & Blommor		x	
Odling 12	Gurka		x	
Odling 13	Blommor		x	
Odling 14	Blommor		x	
Odling 15	Blommor		x	
Odling 16	Forskning	x		
Odling 17	Forskning		x	
Odling 18	Medicinsk odling			x
Odling 19	Medicinsk odling			x

3. Brukarstudiemall

Vår uppgift

Vi ska utveckla en produkt som underlättar odlarnas verksamhet.

Viktigt

- Tänk ”behov och krav”. Nämn inte kameran sensorer, fokusera på att vi ska utveckla en produkt som gör att växtodlingsproduktionen underlättas, effektiviseras och blir mer optimerat.
- Försök att lära känna målgruppen. Vem är odlaren? Vad har de på sig? Vad är deras attityd till ny teknik?
- Ta kort, filma, anteckna, spela in intervju.
- Glöm inte bort att ha med validitetstänk. Vi besöker få och kanske blir väldigt färgade av de få vi träffar.

Frågor för rundvisning

Övergripande

Hur sker verksamheten? Vad gör ni här? Vad odlar ni? Vad använder ni för odlingsmetoder? Vilket substrat (jord, vatten eller liknande) odlas växterna i? Varför? Vad är viktigt?

Organisation

Hur jobbar ni? Hur många anställda finns? Vad har de för arbetsuppgifter?

Arbetsuppgifter

Vad lägger ni mest tid på? Vad har ni för verktyg, hjälpmedel, vad är svårigheter med dem, vad är bra och dåligt? Hur hanteras gardenerna på sommaren? Är det något som saknas?

Odling

Vad är skillnader mellan de olika växterna? Beskriv växternas liv, stadier, svårigheter, kritiska punkter? Vad är ni beroende av att veta om växterna? Hur beroende av detta är ni? När? Hur ofta? Varför? Kan ni visa oss hur ni gör x ?

Slutlingen

Kameror? Hur används de, hur funkar de, var är de placerade, hur ser bilden ut? Tillfredsställda med HelioSpectras mjukvara? Önsketänkade kring förbättringar?

Intervjufrågor

Övergripande

- Vilka arter odlar ni här?
- Vilken storlek har odlingsarean?
- Hur många odlingsbanor har ni här?
- Vad har ni för produktionsvolym/skörde storlekar?

- Har ni ekologisk odling?
- Tänker ni på miljön i er verksamhet? Hur gör ni det? Hur viktigt är det för er?
- Hur stor del av året odlar ni?

System

- Har ni några automatiska system?
- Om ja, har ni några sensorer till det?
- Hur sker bevattningen? Vad måste man tänka på då?
- Hur reglerar ni näringstillskottet? Vad måste man tänka på då?
- Hur reglerar ni klimatet? Vad måste man tänka på då? Hur noggrant är det? Hur många mätpunkter har ni?
- Hur använder ni ert belysningsystem (står det på hela tiden eller bara ibland)? När och varför slår ni på det?
- Har ni luxmätare, var? Är den viktig?
- Vad tycker ni om befintlig utrustning?
- Vad funkar bra, dåligt?
- Hur lång livslängd ska en produkt som ni köper in ha?

Plantkvalitet

- Hur ofta inspekterar ni plantorna? Vad kollar man efter då?
- Vilka är de viktigaste egenskaperna hos växten (längd, smak, utseende, vikt, volym, hållbarhet...)?
- Vilka är kriterierna för att det är dags för skörd? När gör man det?
- Hur lång tid tar det från frö till skörd?
- Har ni något svinn? Orsakerna till det?
- Har ni någon gång haft problem med växtsjukdomar? Vad gjorde ni då? Jobbar ni med några förebyggande åtgärder?
- Finns det några växtskyddslagar?
- Finns det några säkerhetsföreskrifter för odling (framförallt med hur en plantas väg ska regleras och om de har krav mot skydd för obehörigt intrång)?
- Kemikalier? Skulle de kunna ersättas om man visste om någon faktor? Påverkar de arbetsmiljö, smak, hur mycket kostnad?
- Vad har odlarna för krav för att växterna ska växa så bra som möjligt?

Organisation

- Vilka moment lägger ni mest tid på i er odling? Eventuella flaskhalsar?
- Hur tänker ni när ni gör investeringar för odlingen? Return of investment (avskrivning)?
- Vad skulle ni kunna vara beredd att betala för att för en nytt sensorsystem?
- Vad är säljargument?
- Hur ofta rengör ni växthuset? Hur gör ni då? Rengörs sakerna uppe i taket?
- Gör ni nyinstallationer själva?
- Kalkning? hur görs det? hur funkar det? hur mycket kostar det?
- Vad anser du är framtiden inom odling?

Kamerasensorer

- Använder ni er av bilddokumentering av något slag idag?
- Om man skulle använda kameror i verksamheten, vad är mest troligt att man hade använt sig av?
- Håll utkik efter: övervakningskameror,
- Fråga sist: Hur används de, hur funkar de, var är de placerade, hur ser bilden ut?

4. Frågeformulär till Skypeintervju

Keywords

cultivation, grower/cultivator, humidity, carbon dioxide content, nutrient, channel?
tables? waste/shrinkage pesticides

Introduction

- Introduce who we are, what we do. (Students in Gothenburg, Bachelor's Thesis, Develop a product to improve growers' businesses, who is going to do the talking).
- Ask if it is okay to record?

Business

- What do you grow?
- What facilities do you have? (area, production per year, heights, harvest sizes, indoors? no windows/daylight?)
- What does a normal day look like?
- Which work tasks are most time consuming?

Growing medical plants

- How do you grow medical plants - in soil? what material? any special nutritions needed?
- What does a plants life look like, if you could walk us through the different plant phases?
- How high does the plants get?
- What is critical when growing medical plants?
- What is challenging when growing medical plants?
- How do you investigate/examine the plants? daily?

Products/Data

- How has it been going with Heliospectra's growing light? What works well? What could improve?
- How are the lightings mounted? How does the ceiling look like?
- What are any possible camera feature applications? (Growth tracking?)
- What do you want to be able to see? What are you worried about when not being in the production facility? How detailed? How often is it unmanned?
- Is there any information/data about the plants that you wish you could have?

Finish

- Could you send any pictures of your facilities?
- What is the difference between growing conventional horticulture and your business?
- Waste?
- Different costs in growing process?
- Diseases/pests, preventive actions, pesticides?

5. Enkätfrågor

Allmänt

- Vilken typ av odling?

- Hur stor är odlingen?

- < 10 000m²
- 10 000 - 20 000m²
- 20 001 - 30 000m²
- 30 001 - 40 000m²
- > 40 000m²

övrigt _____

- Hur många olika arter odlar ni?

- < 5
- 5 - 10
- 11 - 15
- 16 - 20
- > 20

övrigt _____

- Hur stor är er produktion (/år)?

- Hur många timmar per vecka är odlingen bemannad?

- Använder ni någon typ av klimatdator?

- Hoogendorn
- DGT
- Priva
- Argus
- Nej
- Övrigt _____

- Vilken klimatdata använder ni er utav från klimatdatorn?

- Temperatur
- Luftfuktighet
- Ljuskvantitet
- CO₂

Övrigt _____

- Använder ni er av någon typ av växthusbelysning? (Om ja, på hur stor yta och vilken typ?)

Växtundersökning

- Hur många gånger per vecka undersöker ni växterna?

- < 2
- 3 - 5
- 6 - 8
- 9 - 11
- > 11

övrigt _____

- Skulle ni vilja undersöka växterna fler gånger än vad ni gör idag?

- ja
- nej

övrigt _____

- Hur mycket tid per vecka lägger ni på att undersöka växterna? (Alla personers totala sammanräknade tid i timmar)

- 0 - 8
- 9 - 16

- 17 - 24
- 25 - 32
- > 32

övrigt _____

- Hur många personer är involverade i plantundersökningen och vilka roller har de? (Av de som är ansvariga, och har makt att reglera)

- Vid plantundersökning vilka parametrar undersöker ni?

- Prickar och ohyra
- Knoppsättning
- Bladens form
- Blommans färg
- Mängden blomning
- Rötternas status
- Bladmassa
- Bladens färg
- Plantans tyngd
- Jordens fuktighet
- Bladens status
- Plantans höjd
- Stammens diameter
- Ledningstal
- pH

övrigt _____

- Vilka parametrar är viktigast?

- Prickar och ohyra
- Knoppsättning
- Bladens form
- Blommans färg
- Mängden blomning
- Rötternas status
- Bladmassa
- Bladens färg
- Plantans tyngd
- Jordens fuktighet

- Bladens status
- Plantans höjd
- Stammens diameter
- Ledningstal
- pH

övrigt _____

- Vilka av dessa parametrar dokumenterar ni själva?

- Prickar och ohyra
- Knoppsättning
- Bladens form
- Blommans färg
- Mängden blomning
- Rötternas status
- Bladmassa
- Bladens färg
- Plantans tyngd
- Jordens fuktighet
- Bladens status
- Plantans höjd
- Stammens diameter
- Ledningstal
- pH

övrigt _____

- Hur mycket tid per vecka lägger ni på att dokumentera data? (Räknat i timmar)

- < 5
- 5 - 10
- 11 - 15
- > 15

övrigt _____

- Vilka potentiella faror finns det för er odling?

- Vita flygare
- Trips
- Spinn
- Minera

- Svamp
- Mjöldagg
- Kålmål
- Fyrtandad rapsvivel
- Kålbladsstekling
- övrigt _____

- Hur frekvent förekommer dessa faror?

- Hur upptäcker man dem?

- Titta
- Känna
- Mäta
- övrigt _____

- Vid skörd, hur mycket avvikelse på kvalitén har ni emellan plantorna?
(Räknat i %)

- 0 - 5
- 6 - 10
- 11 - 15
- 16 - 20
- > 20
- övrigt _____

- Vad beror variationerna på?

- Hur ofta oroar du dig över odlingen och plantorna när du inte är på jobbet?

- Aldrig
- Sällan
- Ibland
- Ofta
- Ständigt
- övrigt _____

Kamera

- Om du hade möjlighet att övervaka odlingen samt plantorna hemifrån med hjälp av kameror, skulle du utnyttja den möjligheten? (Motivera varför!)

- Ja
- Nej
- Motivering _____

- Skulle möjligheten att övervaka odlingen samt plantorna hemifrån minska din oro? (Motivera varför!)

- Ja
- Nej
- Motivering _____

Ekonomi

- Vilka är era största produktionskostnader och hur är de fördelade? (%)

- Vad vill ni ha för paypack-time när ni gör en investering?

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- > 5
- övrigt _____

- Hur många procent svinn totalt har ni?

- < 2
- 2 - 3
- 4 - 5
- 6 - 7
- > 7
- övrigt _____

• Hur stor uppskattar du att inkomstförlusten för svinn är per år?

• Vilka är de största orsakerna till svinnet?

6. Enkät svar

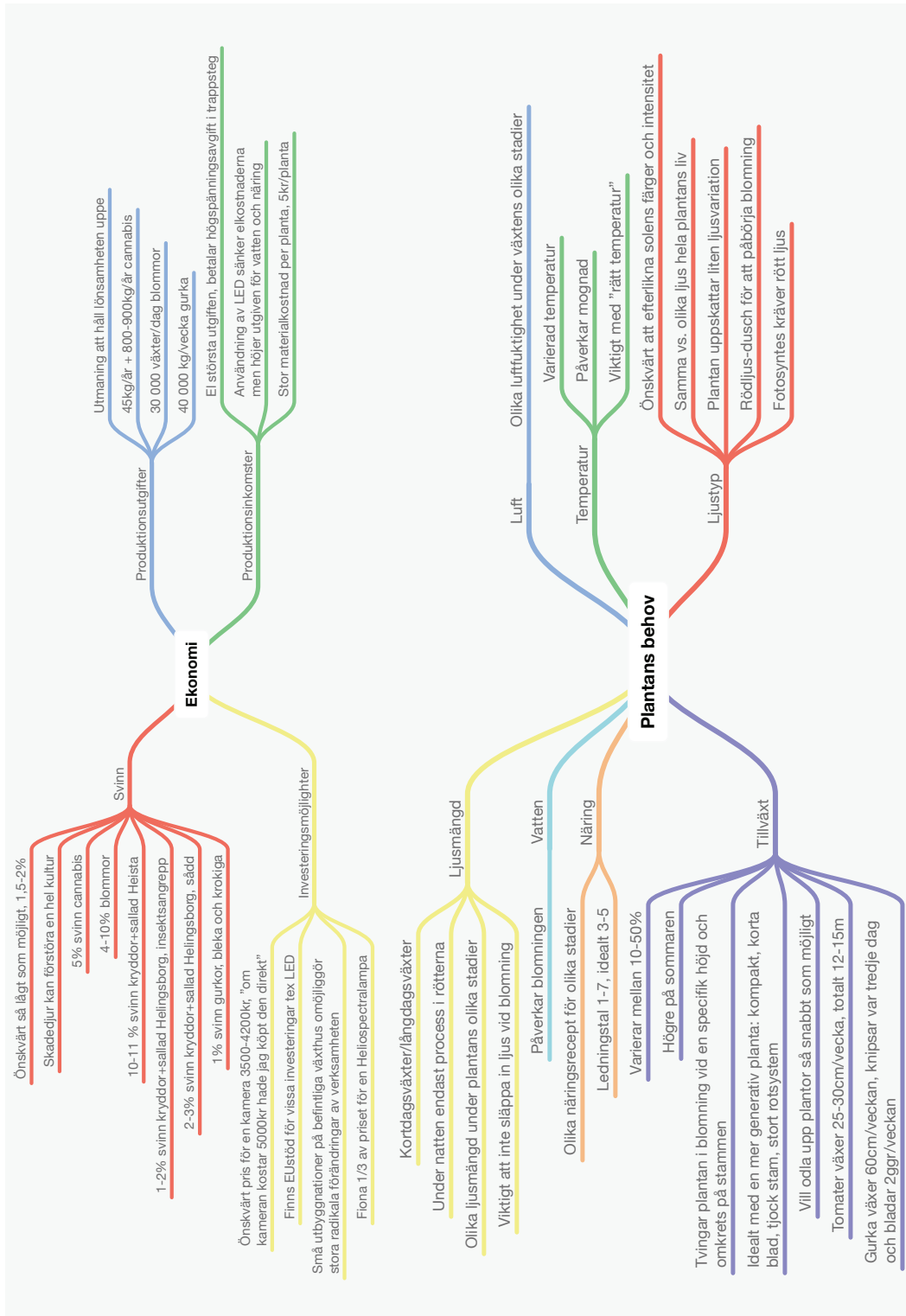
Typ av odling?	blommor	forskning/undervisning	Primörsallad, kryddväxer	Tomat, gurka	Blommor, prydnadsväxter, prydnadsgrans
Storlek på odlingen(ha)?	< 1	< 1	4,2	< 1	<1: 0,5 under glas, 0,4 utomhus
Antal arter(st)?	mellan 5-10	mellan 5-10	mellan 11-15	28	150
Produktionsstorlek (/år)?	300ton	svarade ej	20miljoner krukor	26ton gurka, 214ton tomater, 103ton specialtomater (+3 ton packaterat i tråg)	430kg
Odling bemannad(h/vecka)?	60	10	101	svarade ej	svarade ej
Vilken klimatdata används?	Temperatur, Luftfuktighet	Temperatur, Luftfuktighet, Ljusb mängd	Temperatur, Luftfuktighet, Ljusb mängd, CO2	Temperatur, Luftfuktighet, Ljusb mängd, CO2	Temperatur, Väv
Typ av klimatdator?	Priva	Priva	Scenmatic	Priva	DGT
Används växthusbelysning?	endast UV över hyacinterna	ja, varierar	4,2ha-HPS	Nej	Nej
Hur ofta utförs växtundersökning (ggr/vecka)?	< 2	< 2	kontinuerligt	kontinuerligt	specifikt i början på veckan och kontinuerligt annars
Önskas oftare växtundersökning?	nej	ja	vet ej, beror på vad det kostar	nej	ja
Tid för växtundersökning(h/vecka)?	mellan 9-16	mellan 0-8	svarade ej	svarade ej	svarade ej
Antal personer involverade i växtundersökning(s)?	5 fastanställda(admin, översikt) 14säsong(plantera, plocka, packa)	mellan 5-10	svarade ej	svarade ej	svarade ej
Vid växtundersökning, vilka parametrar undersöks?	knoppsättning, blommans färg, prickar och ohyra, jordens fuktighet, höjd, ledningstal, pH	prickar och ohyra, bladens form	rötternas status, bladens färg, mycket visuell bedömning	knoppsättning, blommans färg, mängden blomning, bladens färg, översta 20-25 cm, tillväxt, klasarna, blommorna	prickar och ohyra, blommans färg, rötternas status, bladens färg, höjd
Vilka parametrar är viktigast?	knoppsättning	prickar och ohyra, jordens fuktighet	svarade ej	svarade ej	bladens färg, helhetsbedömning
Vilka parametrar dokumenteras?	svarade ej	svarade ej	inga, har veckomöte och diskuterar avvikelser	plantans höjd, stammens diameter, bladens längd, frukter på plantorna	endast avvikelser
Tid för att dokumentera(h/vecka)?	< 5	< 5	< 5 (bara när det är avvikelser)	< 5	< 5 (alldeles för lite)
Potentiella faror för odling?	Vita flygare, Svamp	Vita flygare, Trips, Spinn, Svamp, Mjöldagg	Trips, Svamp, Mjöldagg	tomatmosaik, sammetsfläcksjuka, skadedjur, och svamp	löss, trips

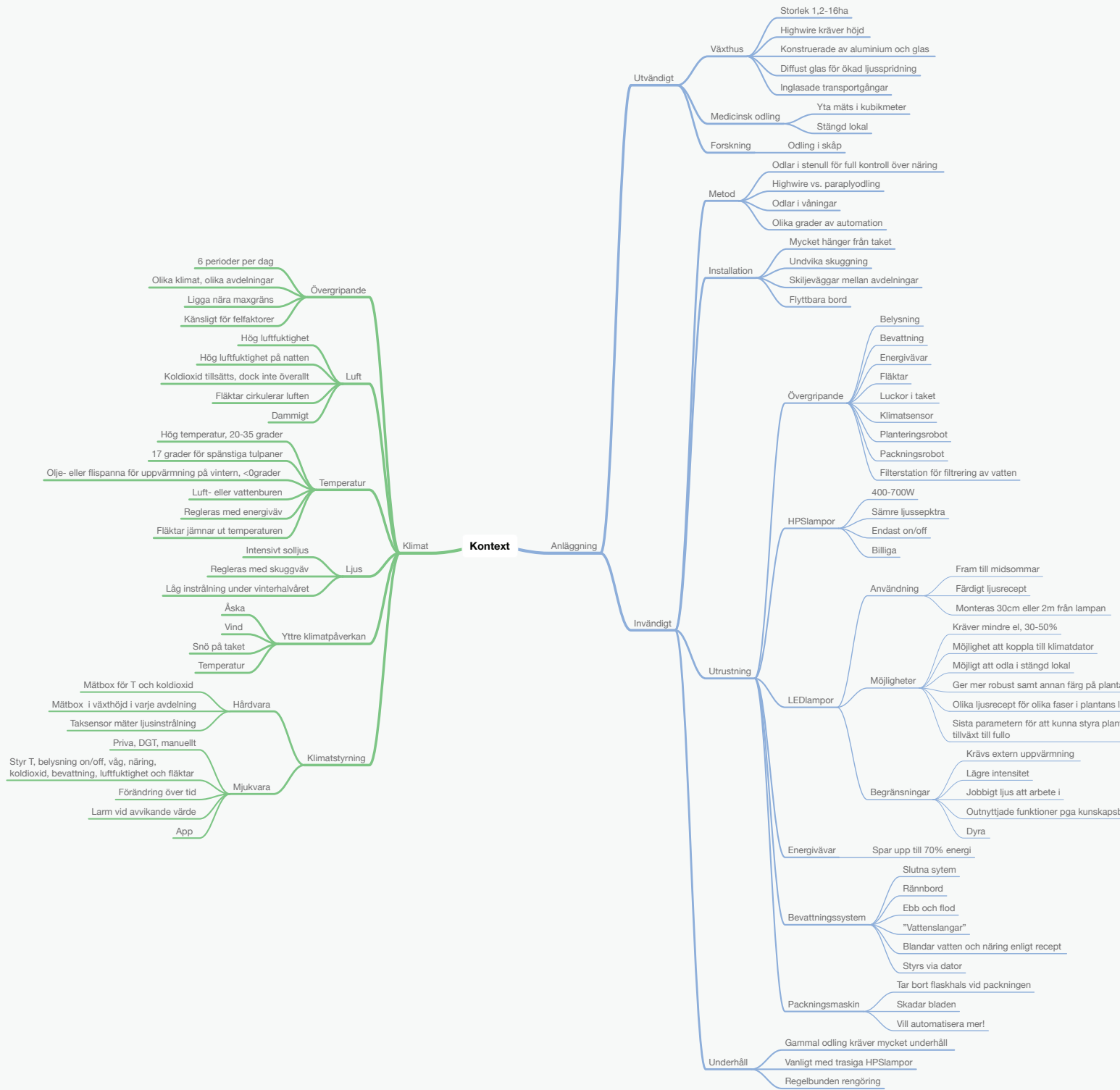
Hur frekvent förekommer dessa faror?	4ggr/år	hela tiden	sällan	aldrig haft	vår och sommar
Hur upptäcks dem?	Titta, Känna, lukta	Titta	Titta	Missblidade frukter och blad, på rötterna, dålig vattenupptagning, döda växter	Titta, skakar mot vitt papper-skadedjur
Vid skörd, hur mycket variation på kvalitén har ni emellan plantorna?	0-5%	vet ej	10-15%	svarade ej	svarade ej
Vad beror variationerna på?	genetisk variation	vet ej	om jorden ekologisk eller ej	svarade ej	svarade ej
Hur ofta oroar du dig över odlingen och plantorna när du inte är på jobbet?	Ofta	Sällan	aldrig	Ständigt	Ständigt
Säkerhetsövervakning i växtanläggningen?	svarade ej	svarade ej	svarade ej	svarade ej	svarade ej
Om du hade möjlighet att övervaka odlingen samt plantorna hemifrån med hjälp av kameror, skulle du utnyttja den möjligheten?	Nej	svarade ej	Ja, kanske ngn gång	Nej	tror inte det
Skulle möjligheten att övervaka odlingen samt plantorna hemifrån minska din oro?	Nej	Nej	svarade ej	svarade ej	Nej
Största produktionskostnader?	personalkostnader, energi	svarade ej	vet ej	svarade ej	Lön, el
Vad vill ni ha för paypack-time när ni gör en investering?	4-5år	svarade ej	vet ej	2-3år	>5år
Svinn(%)?	4-5%	vet ej	> 7%	< 2%	alldeles för mycket
Inkomstförlust p.g.a. svinn(/år)?	vet ej	vet ej	vet ej	vet ej	vet ej
Största orsak till svinn?	sjukdomar, skadedjur, fjolåretsväder i holland	vet ej	den ekologiska jorden	tomater spricker, smutsiga	skadedjur, sjukdomar, överproduktion, blommor över

Typ av odling?	Kryddor	Kryddor, sallad, blommor	Gurka	Gurkor och jordgubbar	blommor
Storlek på odlingen(ha)?	1,5	5	mellan 3-4	9,5 (/6växthus)	< 1
Antal arter(st)?	ca 50	ca 100	mellan 5-10	< 5	70
Produktionsstorlek(/år)?	200ton	115ton	2000ton	270ton jordgubbar & 4500ton gurka	600ton
Odling bemannad (h/vecka)?	63	mellan 45-80	mellan 60-80	mellan 50-60	mellan 40-60
Vilken klimatdata används?	Temperatur, Luftfuktighet, Ljushmängd, CO2, Väderstation, Utetemperatur, vind	Temperatur, Luftfuktighet, Ljushmängd, Utetemperatur, vindhastighet, Instrålning utomhus	Temperatur, Luftfuktighet, Ljushmängd, CO2	Temperatur, Luftfuktighet, Ljushmängd, CO2, + alla som är tillgängliga i och utanför	Temperatur, Luftfuktighet, Ljushmängd, CO2
Typ av klimator?	Priva	Semantic LCC4	Priva	5 priva, 1 DGT	DGT(seimatic)
Används växthusbelysning?	1,5ha-HPS (testar med led)	2,5ha-HPS	0,2ha-HPS	lite, småplanter av gurka till våren-HPS (nyfiken på led)	HPS (led för dyr)
Hur ofta utförs växtundersökning (ggr/vecka)?	7	< 2 + rapportering från de som jobbar i skötseln	mellan 3 - 5	Får kontinuerligt rapporter från de som arbetar	kontinuerligt
Önskas oftare växtundersökning?	nej	nej	Om det höjer produktion	nej	svarade ej
Tid för växtundersökning (h/vecka)?	mellan 4-5	mellan 25-32	vet ej	vet ej	vet ej
Antal personer involverade i växtundersökning(st)?	1 ansvarig + resterande personal	4	1 ansvarig + 15-16 personal	vet ej	alla
Vid växtundersökning, vilka parametrar undersöks?	bladens form, plantans färg, bladmassa, ser efter färgskiftningar, rötternas status, plantans tyngd, höjd, & diameter	bladens form, bladens färg, bladens status, rötternas status, plantans tyngd, jordens fuktighet, prickar och ohyra	bladmassa, bladens färg, bladarea, knoppsättning, mängden blomning, prickar och ohyra, jordens fuktighet, ledningstal, pH	bladens form, rötternas status, prickar och ohyra	bladens form, blommans färg, bladens färg, höjd, pH, rötternas status
Vilka parametrar är viktigast?	de visuella parametrarna	prickar och ohyra, plantans tyngd	ledningstal, pH, bladarea	beroende på årstid	alla
Vilka parametrar dokumenteras?	dokumenterar endast när något annorlunda eller fel upptäcks	prickar och ohyra, plantans tyngd, jordens fuktighet	klimatdata	endast från klimatorn	rötternas status, höjd
Tid för att dokumentera(h/vecka)?	< 5	mellan 5-10	< 5	Inget	vet ej

Potentiella faror för odling?	Trips, Mjöldagg, Kålmal, Fyrtandad rapsvivel, Kålbladsstekling, löss, kålmalar, trips, fyrtandad rapsvivel, kålbladsstekel.	Trips, Svamp, Bladlöss	Trips, Spinn, Svamp	Vita flygare, Trips, Spinn, Mjöldagg+några fler	dåligt material(pga ohyra i material)
Hur frekvent förekommer dessa faror?	(på sommaren)	Ständigt	oftare under sommar och höst	trips varje år, spinn och vita flygare vartannat år	sällan
Hur upptäcks dem?	bladen	Titta, Lukta	Titta	Titta	Titta, klisterfällor
Vid skörd, hur mycket variation på kvalitén har ni emellan plantorna?	små differanser, men varierar mellan med årstider	10-15%	vet ej	svarade ej	svarade ej
Vad beror variationerna på?	svarade ej	vet ej	vet ej	svarade ej	svarade ej
Hur ofta oroar du dig över odlingen och plantorna när du inte är på jobbet?	aldrig	ibland	3-4ggr/dag	håller koll på klimatet hela tiden	allt kan gå snett(t.ex strömavbrott), vill övervaka visuellt.
Säkerhetsövervakning i växtanläggningen?	nej	nej	nej	nej	nej
Om du hade möjlighet att övervaka odlingen samt plantorna hemifrån med hjälp av kameror, skulle du utnyttja den möjligheten?	vet inte - all ny teknik är intressant men i såfall av nyfikenhet	Ja, funderat på övervakning med drönare - se om belysningen är på	Ja, övervaka hela odlingen	Ja, anställda tar kort ibland som de skickar till mig.	Ja
Skulle möjligheten att övervaka odlingen samt plantorna hemifrån minska din oro?	nej	Ja	Nej	svarade ej	Ja
Största produktionskostnader?	personal - 14miljoner, el - 7miljoner, råvaror(förpackning smaterial+transport) - 30miljoner	Personal	Energi 40% Arbetskraft 30% Övrigt 30%	svarade ej	50%energi och 50%personal
Vad vill ni ha för paypack-time när ni gör en investering?	växthus(10år), maskin (1-3år), avfuktсанläggning(2-3år)	Vet ej	4-5år	svarade ej	3-4år
Svinn(%)?	ej sålda varor(5%), kvalitét (0,5%), varierar mellan årstiderna	30%	< 2%	svarade ej	2-3%, 10-20% i handeln
Inkomstförlust p.g.a. svinn(/år)?	2-2,5miljoner	Vet ej	180 000 kr	svarade ej	svarade ej
Största orsak till svinn?	överproduktion	överproduktion	svamp	svamp	bevattningspryl

7. Träddiagram brukarstudier

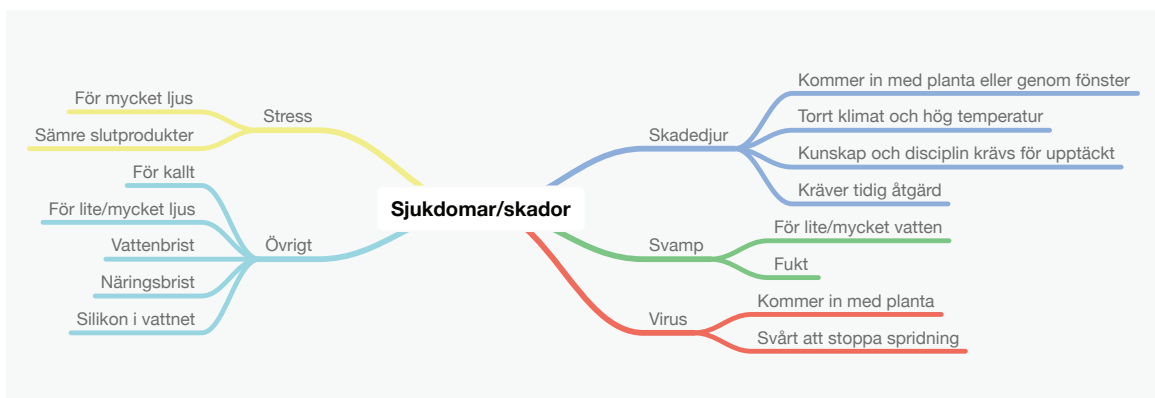
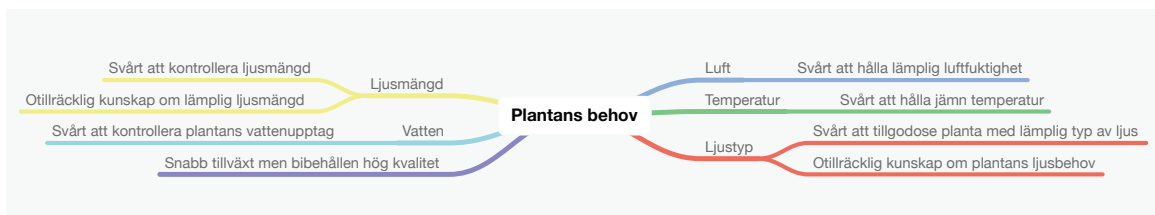
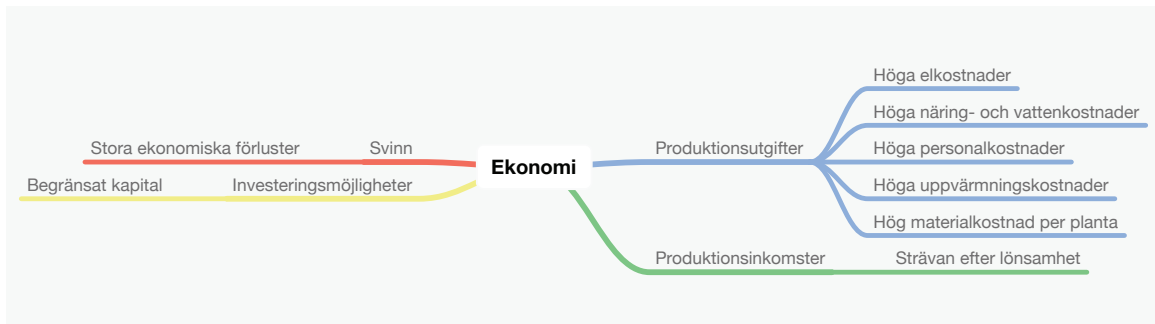


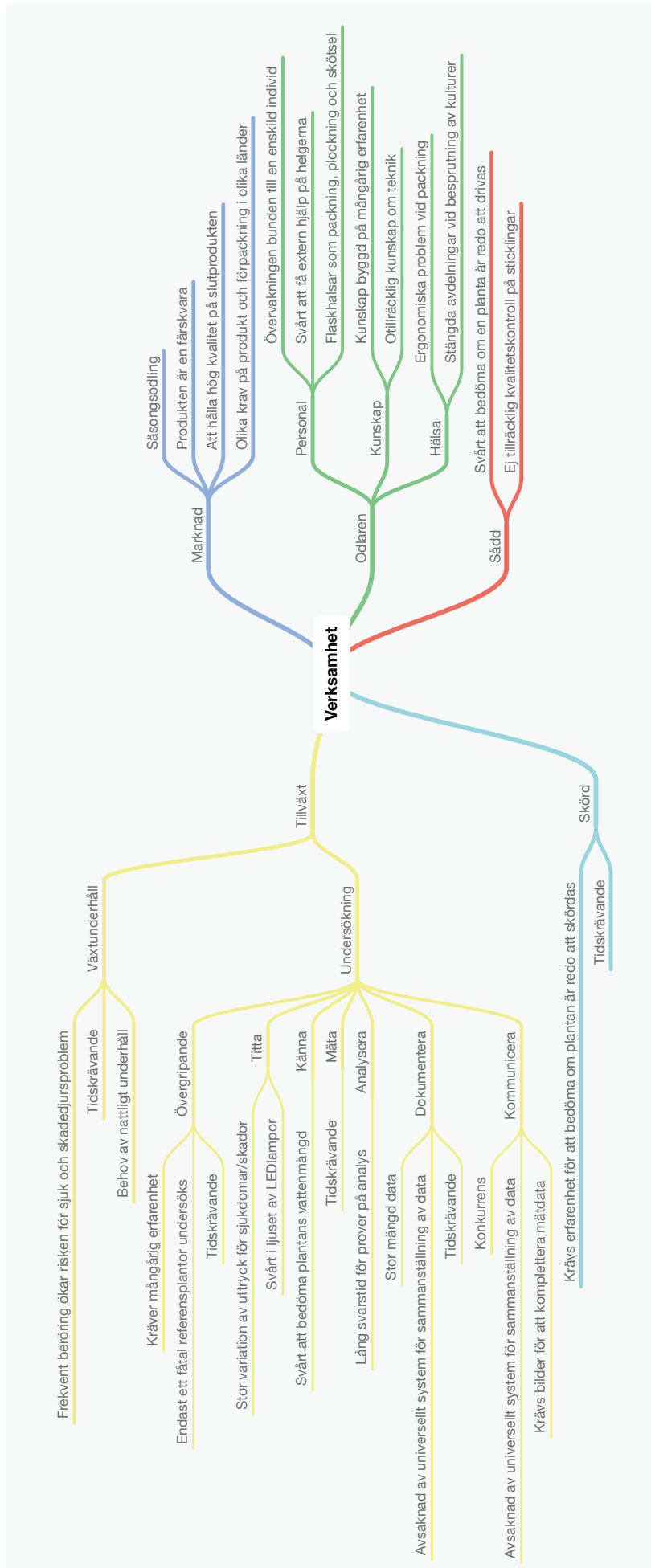


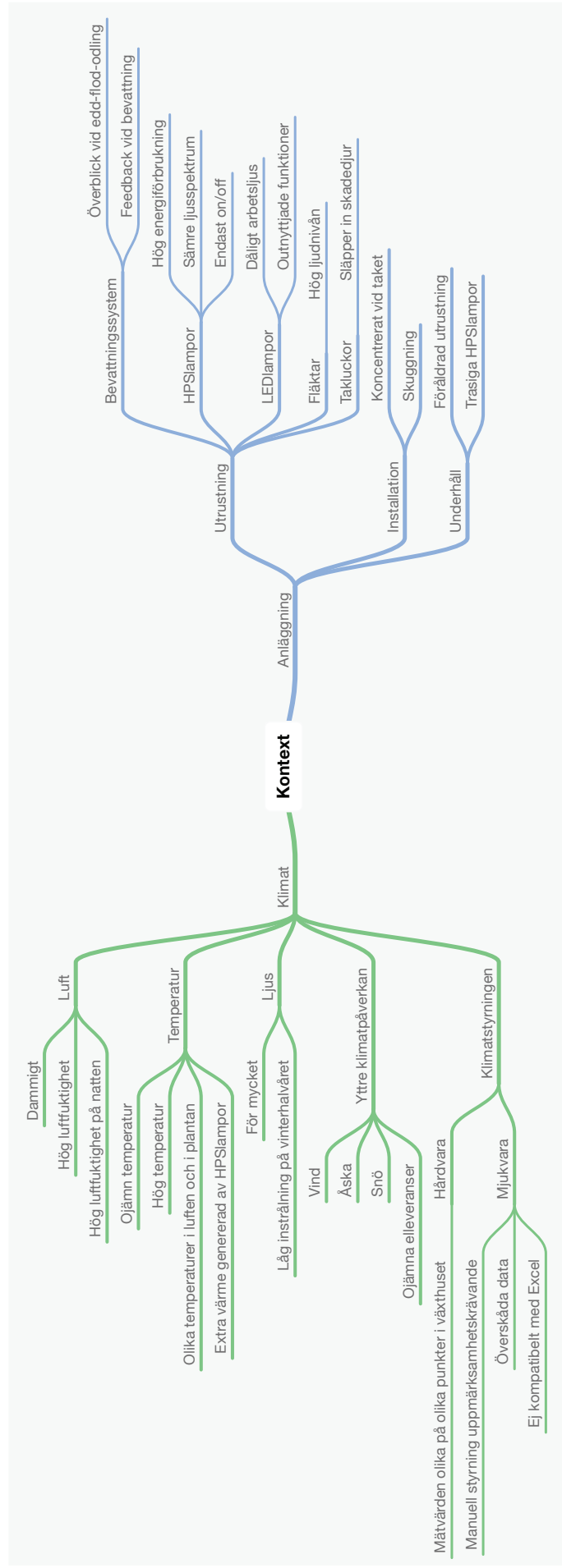




8. Träddiagram Problemområden







9. 502 Regulations

Lagkrav gällande kameraövervakning

(3) Surveillance system. At a minimum, a complete video surveillance with minimum camera resolution of 640x470 pixel and must be internet protocol (IP) compatible and recording system for controlled areas within the licensed premises and entire perimeter fencing and gates enclosing an outdoor grow operation, to ensure control of the area. The requirements include image acquisition, video recording, management and monitoring hardware and support systems. All recorded images must clearly and accurately display the time and date. Time is to be measured in accordance with the U.S. National Institute Standards and Technology standards.

(a) All controlled access areas, security rooms/areas and all points of ingress/egress to limited access areas, all points of ingress/egress to the exterior of the licensed premises, and all point-of-sale (POS) areas must have fixed camera coverage capable of identifying activity occurring within a minimum of twenty feet of all entry and exit points.

(b) Camera placement shall allow for the clear and certain identification of any individual on the licensed premises.

(c) All entrances and exits to the facility shall be recorded from both indoor and outdoor vantage points, and capable of clearly identifying any activities occurring within the facility or within the grow rooms in low light conditions. The surveillance system storage device must be secured on-site in a lock box, cabinet, closet, or secured in another manner to protect from employee tampering or criminal theft.

(d) All perimeter fencing and gates enclosing an outdoor grow operation must have full video surveillance capable of clearly identifying any activities occurring within twenty feet of the exterior of the perimeter. Any gate or other entry point that is part of the enclosure for an outdoor growing operation must have fixed camera coverage capable of identifying activity occurring within a minimum of twenty feet of the exterior, twenty-four hours a day. A motion detection lighting system may be employed to illuminate the gate area in low light conditions.

(e) Areas where marijuana is grown, cured or manufactured including destroying waste, shall have a camera placement in the room facing the primary entry door, and in adequate fixed positions, at a height which will provide a clear, unobstructed view of the regular activity without a sight blockage from lighting hoods, fixtures, or other equipment, allowing for the clear and certain identification of persons and activities at all times.

(f) All marijuana or marijuana-infused products that are intended to be removed or transported from marijuana producer to marijuana processor and/or marijuana processor to marijuana retailer shall be staged in an area known as the "quarantine" location for a minimum of twenty-four hours. Transport manifest with product information and weights must be affixed to the product. At no time during the quarantine period can the product be handled or moved under any circumstances and is subject to auditing by the liquor control board or designees.

(g) All camera recordings must be continuously recorded twenty-four hours a day. All surveillance recordings must be kept for a minimum of forty-five days on the licensee's recording device. All videos are subject to inspection by any liquor control board employee or law enforcement officer, and must be copied and provided to the board or law enforcement officer upon request.

Fullständiga lagkrav

<http://apps.leg.wa.gov/wac/default.aspx?cite=314-55&full=true#314-55-083>

10. Kravspecifikation

Kravgrupp	Namn	Krav	Beskrivning	Mätvärde	Typ	Källa	Viktning
Allmänna krav							
Allmänna krav	A1	Kompatibel för olika typer av inomhusodling	Ska kunna användas vid medicinsk odling, kommersiell odling samt vid odling i forskningssyfte	Odling på höjd, inuti skåp samt odling i "vanliga växthus"	Krav	Brukarstudie	1
	A2	Kompatibel för olika typer av växtarter	Ska kunna användas för odling av de vanliga typerna av arter som odlas inomhus	Krukväxter, snittblommor, grönsaker och kryddor	Krav	Brukarstudie	1
	A3	Kompatibel för olika växtfaser	Ska kunna användas oberoende vilken växtfas plantan befinner sig i, trots att plantan ändrar färg, storlek och form	Bamkammarfas, tillväxtfas och blomningsfas	Krav	Brukarstudie	2
	A4	Reducerad självkostnad	Ska vara inom en rimlig prisklass för målgruppen av odlare	Max 3 års återbetalningstid	Krav	Enkät	1
	A5	Kompatibel med Heliospectras övriga produkter	Ska ha liknande uttryck och rent fysiskt kunna integreras med Heliospectras övriga produkter	Heliospectras lampor L4A, LX60 och RX60	Krav	Förkunskap	1
Specifika krav för kamerapaket							
Installation & Upphängning	IU1	Kompatibel med Heliospectras armaturer	Kunna monteras i kombination med Heliospectras befintliga och kommande belysningsarmaturer utan att påverka armaturens funktioner	Heliospectras lampor L4A, LX60 och RX60	Krav	Brukarstudier & KEX2013	1
	IU2	Kompatibel med belysningsarmatur	Kunna monteras på olika typer av belysningsarmaturer utan att påverka armaturens funktioner	Fionis samt standards för HPS-armatur	Önskemål	Brukarstudier & KEX2013	3
	IU3	Underlätta monter/demontering	Kunna monteras/demonteras utan extern hjälp med verktyg som antas finnas till hands på en odling	Ensam brukare, verktyg	Krav	KEX2013	2
	IU4	Enkel installation	Mjukvara ska vara möjlig för odlaren att installera på egen hand med endast support som hjälpmedel	Ensam brukare samt support	Krav	Brukarstudie	2
	IU5	Enkel kabelanslutning	Kablage för anslutning av produkt ska vara anpassad till armaturens kablage sådant att de kan dras tillsammans.	Kablage ska komma ut i närheten och i samma riktning som armaturens kablage	Krav	Brukarstudie	2
	IU6	Nätverksanslutning	Produkten ska vara ansluten till det lokala nätverket på odlingen	Ansluten med kabel till närmaste delningspunkt eller via trådlös kommunikation	Krav	Brukarstudie	1
Underhåll	U1	Underlätta rengöring	Tillåta effektiv rengöring av produkt	Åtkomst till alla yttertor	Önskemål	KEX2013	3
	U2	Klara av rengöring	Yttertor som tål rengöringsmedel, desinficeringsmedel	Kommerciellt tillåtna rengöringsmedel	Krav	KEX2013	2
	U3	Medge komponentunderhåll	Enkelt byte av utsatta komponenter, möjliggöra uppgradering och reparation för utökade livscykler	Av användaren själv	Önskemål	KEX2013	5
	U4	Visa operativ status	Ge möjlighet att kontrollera status på avstånd	Från 4 meters håll	Önskemål	Brukarstudier & KEX2013	4
Klimat	K1	Tåla temperatursviftningar	Kunna operera vid olika temperaturer	Vid 0-40°C	Krav	Brukarstudie & KEX2013	1
	K2	Skyddad elektronik	Elektronik skyddad från hög luftfuktighet, vattendroppar, damm, kryp och spindelväv	Uppfyller IP66	Krav	KEX2013	1
	K3	Skyddade kontakter	Kontakter som tål hög luftfuktighet	Uppfyller IP66	Krav	KEX2013	1
	K4	Tåliga yttertor	Produktens ytor måste tåla solljus	Yttertors funktion 20 år, utseende 3 år	Krav	KEX2013	2
	K5	Tåla luftfuktighet	Produkthöjdet ska förebygga kondens sådant att produkten kan operera oavsett luftfuktighet	Luftfuktighet upp till 100%	Krav	Brukarstudie	1
Transport	T1	Anpassad för transport	Dimensionera produkt och förpackning med hänsyn till kommersiell transport	Passa EUR-pall 800x1200mm och standardhäck posten	Krav	KEX2013	2
	T2	Volymeffektiv förpackning	Sträva efter en volymeffektiv transport som ger ekonomiska och hållbarhetsmässiga fördelar	Max 20% outnyttjad volym	Önskemål	KEX2013	3
	T3	Tåla transporttemperaturer	Tåla både låga och höga temperaturer vid transport då den är avstängd	-30-70°C	Krav	KEX2013	1
	T4	Stöttålig	Klara mindre varsam hantering vid transport	Fall från 80cm	Krav	KEX2013	2
	T5	Minimera produktvolym	Minimera transportpåverkad miljöbelastning p.g.a. produktvolym	m3	Önskemål	Förkunskap & KEX2013	4
	T6	Minimera produktvikt	Minimera transportpåverkad miljöbelastning p.g.a. vikt	kg	Önskemål	Förkunskap & KEX2013	4
Konstruktion	KO1	Minimera antalet komponenter	Förenkla och effektivisera tillverkning och ihopmontering genom att minimera antalet komponenter	Minsta möjliga antalet komponenter	Önskemål	KEX2013	3
	KO2	Minimera kablage	Håll nere kostsamma kabelängder	Minsta möjliga längd för att uppnå önskad funktionalitet	Önskemål	KEX2013	4
	KO3	Kylning	Produkten ska produceras för att undvika överhettning av komponenter	Drivretsars temperatur får inte överskrida 70 grader Celsius	Krav	Litteraturstudier	1
Utformning	UT1	Minimera skuggor	Produkten ska inte skugga odlingsbådden mer än nödvändigt	Plantorna får inte påverkas	Önskemål	KEX2013	3
	UT2	Inte påverka ljusspridning	Produkten ska inte skymma utstrålningen av ljus från lampan	Produkten får inte skymma ljusspridningen som är 27 grader från lamppanelens kant	Krav	Förkunskap	1
Miljö & hållbarhet	M1	Miljöanpassat material	Använda återvunnet material eller material med lågt klimatavtryck och reducerad ekotoxicitet	Till så stor del som möjligt	Önskemål	Hållbarestref.	4
	M2	Återvinningsbart material	Skapa förutsättningar för sluten livscykel genom att produkten består av återvinningsbart material	Vikprocent	Krav	Hållbarestref.	1
	M3	Optimera komponenters livslängd	Komponenters livslängd ska matcha varandra och belysningsarmaturen	Maximalt kan komponenternas livslängd ha en skillnad på 3 år (Minst 50000h)	Önskemål	Hållbarestref.	3
	M4	Optimera produkts livslängd	Livslängden ska optimeras för att ge så mycket miljövinst som möjligt (undvik överdimensionering av livslängd)	Ska ha en livslängd till och med den tidpunkt då det inte längre är miljömässigt fördelaktigt att inte byta till nyare teknik	Önskemål	Hållbarestref.	3
	M5	Återvinningsbarhet	Möjliggöra att material kan användas för återvinning/återanvändning	Produkt ska kunna demonteras i komponenter av rena material	Önskemål	Hållbarestref.	3
	M6	Underlätta isämontering	Möjliggöra effektiv demontering vid återvinning/återanvändning	Kunna demonteras av en person med vanliga verktyg på en rimlig	Krav	Hållbarestref.	2
	M7	Material från rättvis tillverkning	Endast material och komponenter från garanterat "rena" miljöer utan hälsorisker för anställda	Produktion av material och komponenter ska följa lagstiftning men även rekommendationer från organisationer som verkar inom området	Önskemål	Hållbarestref.	4
	M8	Minimera kretsloppanvändning	Antal och storlek på kretskort i produkten ska minimeras	Minsta storleken men som ändå uppfyller önskad funktionalitet ska väljas	Önskemål	Hållbarestref.	3
	M9	Minimera materialåtgång	Minimera mängd använt material sådant att funktionalitet uppfylls men att inget överflödigt material används	Minsta möjliga volym av material ska användas med hänsyn till önskad funktionalitet	Önskemål	Hållbarestref.	3
Kameramodul	KA1	Optimal upplösning på sensor	Möjlighet att se små avvikelser som är ner till 1 mm stora	2000 x 2000 pixlar i upplösning	Krav	Brukarstudie	1
	KA2	Observera avsett område	Produkten ska kunna observera ett givet område av odlingsbådden	Samma yta som belysningsarmaturens ljus täcker, m2	Krav	Brukarstudie	1
	KA3	Färgkamera	Kameran ska ta bilder i färg	Färgbilder	Krav	Brukarstudie	1
	KA4	Kalibrerad färg	De bilder som tas av kameran ska ha kalibrerade färger	RGB/CMYK	Krav	Brukarstudie	2
	KA5	Styrenhet för sensor	Kamerasensorn ska kunna styras via automatiska och manuella kommando	Mikrokontroller i kameramodul	Krav	Brukarstudie	1

	KA6	Bildupptagning	Kameran ska ta bilder med tillräckligt små mellanrum	3 bilder/dag, max 18h/dag	Krav	Brukarstudie	1
Kamera, mjukvara	KM1	Kompatibel med Heliosystem	Produkten ska kunna skicka och ta emot information från Heliosystem	Skicka bildinformation och ta emot mätvärden från Heliosystem via nätverksanslutning	Krav	Brukarstudie	1
	KM2	Upptäckta färgavvikelser	Analysera tagna bilder för att hitta avvikelser i färg hos plantor	Procent upptäckta avvikelser	Krav	Brukarstudie	1
	KM3	Självlärande system	Systemet ska kunna spara information om olika sorters avvikelser och på så sätt successivt bygga upp en smart databas	Alla inlagda orsaker till larmet ska lagras och kopplas till den typen av larm	Önskemål	Brukarstudie	4
	KM4	Larma vid avvikelser	Avge larm om någon planta uppvisar någon avvikelse när det gäller färg, bladutseende, höjd, insekter	Bildbehandlingsanalys, visual recognition	Krav	Brukarstudie	2
Specifika krav för Heliosystem							
Systemkrav	S1	Kompatibel mjukvara	Systemet ska vara kompatibelt med befintliga klimatdatorsystem	DGT, Priva, Argus, Hoogendorn	Krav	Brukarstudier & KEX2013	1
	S2	Kommunikation med klimatdatorsystem	Systemet ska kunna hämta och skicka information från klimatdatorsystem	DGT, Priva, Argus, Hoogendorn	Önskemål	Brukarstudie	3
	S3	Kompatibel med insticksmoduler	Systemets funktionalitet ska kunna utökas med insticksmoduler från olika leverantörer	Kamerapaketer, sensorpaket och belysningspaket från olika leverantörer	Krav	Brukarstudie	1
	S4	Enkel datajustering	Erbjuda odlare möjligheten att reglera systemets funktioner och känslighet	Riktvärden och alarmregler ska kunna justeras	Krav	Brukarstudie	1
	S5	Erbjuda offsite-kontroll	Möjliggöra för odlare att via stationära och mobila enheter kunna ta del av systemets data via nätverk	Kompatibelt med OS X, Windows, Linux, iOS, Android, Windowsphone	Krav	Brukarstudie	2
	S6	Presentera lagrat bildmaterial	Momentant och lagrat bildmaterial från klimatövervakaren ska kunna presenteras för odlaren		Krav	Brukarstudie	1
	S7	Presentera klimatdata	Gränssnittet ska tydligt presentera relevant data från klimatövervakare	Parametrar som odlaren använder sig av (Larm, Temp, etc)	Krav	Brukarstudie	1
	S8	Ha åtkomst till lagrad klimatdata	Odlaren ska kunna nå momentan och lagrad insamlad information från klimatövervakare		Krav	Brukarstudie	2
	S9	Presentera klimatstyrardata	Gränssnittet ska tydligt presentera status på klimatstyrare	Visa klimatschema och status (tillfrån, gränsvärden)	Krav	Brukarstudie	2
	S10	Styra klimatstyrare	Odlaren ska kunna påverka systemet i den riktning denne vill på ett enkelt och lättförståeligt sätt	Dagliga och veckoliga åtgärder ska kunna utföras utan ansträngning eller fel	Krav	Brukarstudie	2
	S11	Kommunikation med externa intressenter	Odlaren ska på ett enkelt sätt kunna dela insamlad data i form av tabeller och bilder till andra odlare samt konsulter	Vara kompatibel med olika standarddelningsmetoder för data som mail, google drive, meddelande	Önskemål	Brukarstudie	4
	S12	Möjliggöra dokumentation	Odlaren ska kunna dokumentera klimatdata och bilder som samlas i tydlig mappstruktur	Ladda upp bilder av standardformat och registrera data	Önskemål	Brukarstudie	4

12. Skador Och Sjukdomar

Sjukdom/Skada	Trips
Utseende	-Långsmal med vingar då den är vuxen, 0,5-2 mm. -Brun-svart, ibland vit-gula -Aktiva på dagen -Gömmer sig i bladverken vid undanskymda ställen
Åverkan (hur den påverkar växt)	-Suger ur växtsafter och hålutrymmet fylls med luft -Lägger ägg utanpå eller inuti växten -Ger små grå/silver/vita strimlor/fläckar på bladytan -Larvernans avföring syns som svarta prickar på bladen -Missfärgning av blad
Möjlig detektion	Färgförändring, rörelsedetektion



Sjukdom/Skada	Spinn
Utseende	0,4mm, rött(viloform) eller gröngult(sommar) kvalster, sitter på undersida bladet
Åverkan (hur den påverkar växt)	- Suger ur växtsaft ur växtceller - små gula prickar på ovasida blad - svårt angrepp resulterar helt gula/bruna och vissna blad - Spinnväv mellan angripna växtdelar - Sprids via spinnväven
Möjlig detektion	- Upptäcka fläckar/färgförändring på blad - Upptäcka spinnväv



Sjukdom/Skada	För mycket vatten
Utseende	- Växten slokar - Gula blad eller bruna/svarta fläckar
Åverkan (hur den påverkar växt)	- Rötter kvävs och dör på grund av syrebrist - Växt kan inte ta upp vatten
Möjlig detektion	- Upptäcka slokande blad (minskad bladarea, mörkare färg) - Färgförändringar/fläckar



Bild a) För mycket vatten



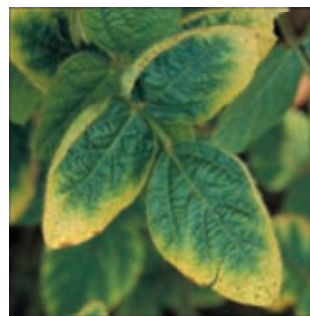
Bild b) För litet vatten

Sjukdom/Skada	För lite vatten
Utseende	- Växten slokar (första tecknet) - Efter det får växten gula blad som sedan torkar in
Åverkan (hur den påverkar växt)	-Rötterna kan torka in och ta skada -Bladen torkar bort
Möjlig detektion	- Bladarea, färgförändring

Sjukdom/Skada	För mycket ljus
Utseende	-Skarpt avgränsade fläckar på bladytan -Blad blir grå, bleka, matta och kan även blir rödaktiga och få spräckliga blad
Åverkan (hur den påverkar växt)	-Bladen blir förstörda
Möjlig detektion	-Färgförändring

Sjukdom/Skada	För litet ljus
Utseende	-Växten blir långsmal och ranglig med små blad -Blad gulnar, får intorkade bladkanter och söndertrasade blad
Åverkan (hur den påverkar växt)	-Dålig växtkvalitet, inte lika generativ -Växtblad är dåliga
Möjlig detektion	-Färgförändring

Sjukdom/Skada	Näringsbrist
Utseende	<ul style="list-style-type: none"> - Kväve resulterar i blek, tunn, gänglig - Fosfor resulterar i Stark grönfärgning, violetta partier - Kalium resulterar i Bruna bladspetsar
Åverkan (hur den påverkar växt)	- Försämrar tillväxten
Möjlig detektion	<ul style="list-style-type: none"> - Färgförändringar & Fläckar - Upptäcka avtagande tillväxt



Sjukdom/Skada	Vita flygare (mjöllöss)
Utseende	<ul style="list-style-type: none"> -Vita insekter som ser ut som flugor, 3mm långa -Lägger ägg, helst bland bladverket i topparna -Producerar en honungsdagg som kan ge näring åt den dåliga sotdagg (svamp) (mörk yta) -Kan ge missfärgningar ovanpå blad -Gillar bladundersidor -Skaka så svärmar de upp, nuvarande sätt att upptäcka dem på
Åverkan (hur den påverkar växt)	<ul style="list-style-type: none"> -Suger växtsaft -Lägger honungsdagg -Försent att hitta då bladet redan är dött
Möjlig detektion	-Färg, rörelsedetektion, infraröd



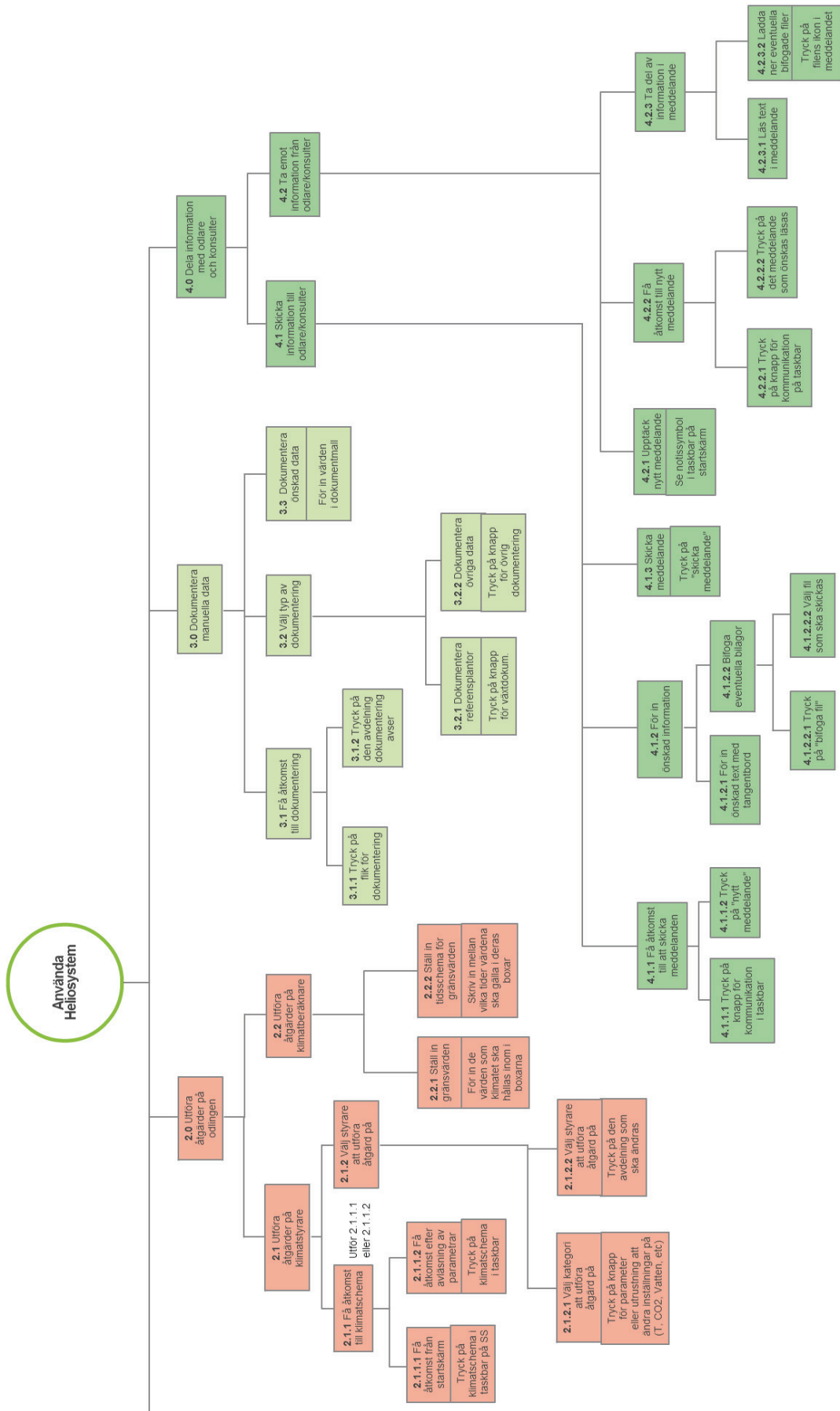
Sjukdom/Skada	Kålmal
Utseende	-Vit/svart fjäril från som lägger ägg vars larver är gröna och sedan blir brun/svart/gula -Blad blir silverskimrigt -Lägger svart/gula ägg under blad
Åverkan (hur den påverkar växt)	-Suger växtsafter -Äter upp blad
Möjlig detektion	-Rörelsedetektion, färg, infraröd



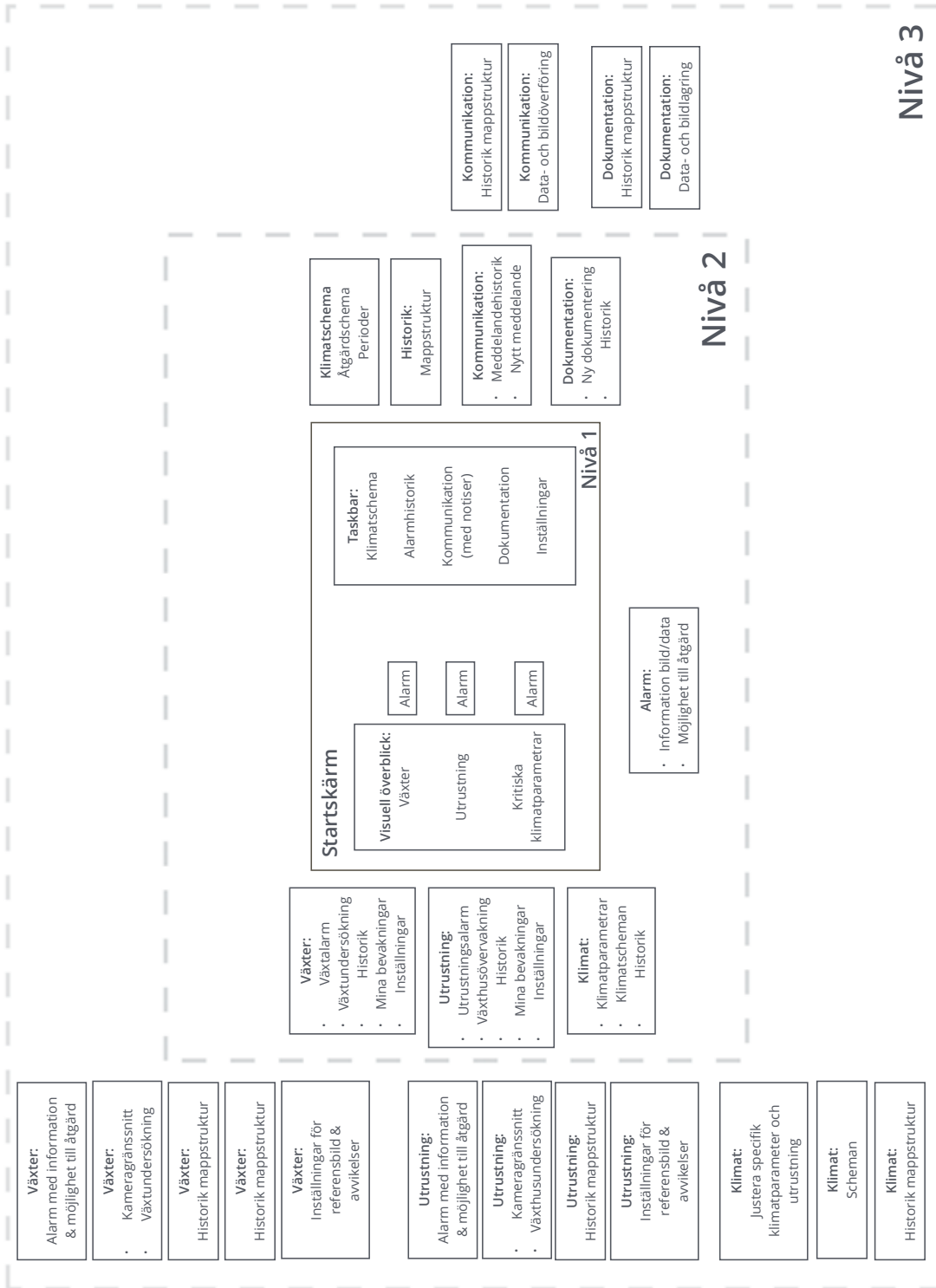
13. Systemmatris

Status	Systemområde	Ingående delar	Beskrivning	Huvudfunktion	Delfunktioner	Specifiering av funktioner	Odlarens behov
Opåverkbar	Klimat	- Planter - Växthus	- Innehåller: Bladarea, tillväxt, sjukdomar, skador - Innehåller - Klimatparametrar: Temperatur, luftfuktighet, juss, CO2, vatten, näring	Producera växtprodukter med önskade egenskaper	- Producera livsmedel - Tillhandahålla information för odlare - Tillhandahålla information för klimatövervakare	- Planter sänder ut biologiska signaler som kan upptäckas av antingen direkt av odlare eller via klimatövervakare	- Hög produktionsakt - Låg andel svinn - Tillgång till att påverka klimat - Tillgång till att undersöka klimat
Delvis påverkbar	Klimatövervakare	- Sensorer - Kameror	- Olika existerande sensorer: Klimatsensor (temperatur, luftfuktighet, CO2) ljussensorer - Möjliga framtida sensorer: Fluorescens, reflektans, näring i vatten och jord) - Kameror- Växövervakare, växthusövervakare	Undersöka odlingsklimatet	- Samla information om klimat - Förmedla information till odlare via Heliosystem - Förmedla information till klimatberäkningar	- Ta emot information om åtgärder från CPU via Wifi - Mikrokontroller överställer information till åtgärd på lampor - Ta bilder med jämna intervall över dagen - Spela in övervakningsvideo - Kommuniera information via Wifi till CPU	- Få ökat informationsunderlag för odlingsstatus
Delvis påverkbar	Klimatberäknare	- Databas - Beräknande mjukvara (bilda- och dataanalys) - Klimatscheman		Bearbeta och vidarebefordra data mellan Klimatstyrare, Klimatövervakare samt Heliosystem	- Utföra automatiska åtgärder på klimatstyrare - Utföra åtgärder på klimatstyrare på kommando från Heliosystem - Identifiera relevant information från klimatövervakare och klimatstyrare och förmedla denna till Heliosystem - Möjliggöra för odlaren att utföra åtgärd på klimatberäkningar via Heliosystem	- Beräkna avvikelse i bild eller data - Ge alarm vid avvikelse - Styra klimatstyrare genom att justera inställningar, schemalägga handlinger - Lagra bilder och data - Överföra valda bilder och data till Heliosystem	- Minskad mental belastning - Ökat beslutsunderlag
Opåverkbar	Klimatstyrare	- Lampor - Pump för CO2 - Fläkt - Motorer till takluckor - Värmesystem - Bevattningssystem - Närmingsblandare		Möjliggöra optimala odlingsförhållanden	- Samla in kommandon från Klimatberäkningar - Utföra åtgärder på klimatet - Förmedla information om status till Klimatberäkningar	- Ställa in belysning- våglängd, tid, intensitet - Pumpa in CO2 - Slå på och av fläkt - Öppna och stänga takluckor - Reglera temperatur - Reglera bevattning - Blanda näring	- Kontrollerat klimat - Driftsäkra produkter
Påverkbar	Heliosystem	- Gränssnitt - Kommunikationsplattform		Underlätta för odlaren att uppnå optimala odlingsförhållanden	- Förmedla information till odlare från klimatövervakare, klimatstyrare och klimatberäkningar - Möjliggöra för odlaren att lagra klimatdata - Möjliggöra för odlaren att utföra åtgärder på klimatövervakare, klimatstyrare och klimatberäkningar - Förmedla information/data mellan konsulerandena odlare	- Presentera data och larm i tydligt gränssnitt på stationära och mobila devices - Bilder (roliga och/eller stil) - Simitparametrar - Status på klimatstyrare - Tidlig mappstruktur för dokumentation - Bildöverlagring till andra enheter - Möjligt att "läsa upp" andra inställningar och presentera information från klimatberäkning - Hjälp och presentera information från klimatparametrar efter önskemål via signaler till och från klimatberäknare	- Kontrollera, undersöka och justera klimat - Upplocka avvikelser asap - Identifiera problem och fel - Åkoms till data of/on base - Data presenterat på ett enkelt, tydligt och effektivt sätt - Odlare drunknar i data, kan inte alla funktioner - Konsultation från odlare och konsulter
	Heliosystem - Insticksmoduler	- Insticksmjukvara till Heliosystem	Mjukvara för: - Växövervakningspaket - Växthusövervakningspaket - Sensorpaket för fluorescens, reflektans, DLI - Belysningspaket	Underlätta för odlaren att uppnå optimala odlingsförhållanden	- Förmedla information om plantors hälsa - Fysiska status - Underlätta okuliärbesiktning av såväl växter som odling - Styra tillgången till ljus för planter, både intensitet och våglängd	- Exempel på funktioner som kan läsas upp: - Mjukvara med gränssnitt för lampor med information, möjlighet till åtgärd (ställa in våglängd och ljusintensitet), presentera historik, schema och prenumerera på ljusrecept - Mjukvara med gränssnitt för växövervakningskameror med information, möjlighet till åtgärd (kalibrera känslighet), larm, presentera historik med bilder och larm. - Mjukvara med gränssnitt för växthusövervakningskameror med information, möjlighet till åtgärd (kalibrera känslighet), larm, presentera historik med bilder och larm. Kommunera med övervakningsystem för att ta åtkomst till bildmaterial - Mjukvara med gränssnitt för olika sensorer med information, möjlighet till åtgärd (ställa in känslighet), larm.	

14. Hierarkisk uppgifts analys



15. Gränssnitt



16. Produktpaket

Heliosystem fås med vid det första köpet och kan därför ingå i alla produktpaket.

Heliosystem är en mjukvara med:

- Gränssnitt för att presentera data från klimatberäknare och utföra åtgärder på klimatstyrare
- Kommunikationsplattform
- Möjlighet till dokumentation och databas

Påföljande köp fungerar som insticksmoduler till Heliosystem.

1.

Hårdvara

Odlingsbelysning (Klimatstyrare)

Mjukvara

- Gränssnitt för belysning (Heliosystem)
 - Ger användaren möjlighet att utföra åtgärder
 - Presenterar information för användaren
 - Insticksmodul till Heliosystem
- Styrenhet för belysning (Klimatberäknare)
 - Våglängd och ljusintensitet kan justeras

Tjänst

- Installation
- Support
- Ljusrecept
 - Möjlighet att prenumerera

2.

Hårdvara

Växtövervakningskameror (klimatövervakare)

Mjukvara

- Gränssnitt för kameror (Heliosystem)
 - Ger användaren möjlighet att utföra åtgärder
 - Presenterar information för användaren
 - Insticksmodul till Heliosystem
- Beräknande program (Klimatberäknare)
 - Utför bildanalys
 - Larmar vid avvikelser
 - Lagrar bilder och larmstatistik i databas

Tjänst

- Installation
- Support

3.

Hårdvara

- Växthusövervakningskameror (Klimatövervakare)
 - Kan köpas in via tredje part

Mjukvara

- Gränssnitt för kameror (Heliosystem)
 - Ger användaren möjlighet att utföra åtgärder
 - Presenterar information för användaren
 - Insticksmodul till Heliosystem
- Beräknande program (Klimatberäknare)
 - Hämtar bilder från video
 - Utför bildanalys
 - Larmar vid avvikelse
 - Lagrar bilder och larmstatistik i databas

Tjänst

- Installation
 - Utförs i samarbete med tredje part
- Support
 - Utförs i samarbete med tredje part

4.

Hårdvara

Klimatsensorer (Klimatövervakare)

Mjukvara

- Gränssnitt för sensorer (Heliosystem)
 - Ger användaren möjlighet att utföra åtgärder
 - Presenterar information för användaren
 - Insticksmodul till Heliosystem
- Beräknande program (Klimatberäknare)
 - Klimatscheman
 - Beräknar avvikelser
 - Larmar vid avvikelser
 - Lagrar statistik i databas
 - Justerar klimatstyrare automatiskt

Tjänst

- Installation
- Support

5.

Hårdvara

Fluorescenssensorer (Klimatövervakare)

Mjukvara

- Gränssnitt för sensor (Heliosystem)
 - Ger användaren möjlighet att utföra åtgärder
 - Presenterar information för användaren
 - Insticksmodul till Heliosystem
- Automatisk styrenhet (Klimatberäknare)
 - Beräknar avvikelser
 - Larmar vid avvikelser
 - Lagrar statistik i databas
 - Justerar klimatstyrare automatiskt

Tjänst

- Installation
- Support

6.

Hårdvara

Reflektanssensorer (Klimatövervakare)

Mjukvara:

- Gränssnitt för sensor (Heliosystem)
 - Ger användaren möjlighet att utföra åtgärder
 - Presenterar information för användaren
 - Insticksmodul till Heliosystem
- Automatisk styrenhet (Klimatberäknare)
 - Beräknar avvikelser
 - Larmar vid avvikelser
 - Lagrar statistik i databas
 - Justerar klimatstyrare automatiskt

Tjänst

- Installation
- Support

17. Marknadsföring

Monetära försäljningsargument

Heliosystem..

...hittar avvikelser hos växter och utrustning, innan det gått för långt.

Hittar avvikelser genom att utföra bildanalys

Är speciellt bra för en stor odling

...genomför effektiv felsökning och hjälper odlaren att identifiera fel.

Presenterar överskådlig sammanfattning av alarm

Ger möjlighet till backtracking till problemets uppkomst med bild- och datahistorik

..gör att mindre personal krävs på helger, med lägre kompetens.

...ger feedback på åtgärder.

Kan öka odlarens kunskap om att kunna optimera klimatet bättre

...gör att minskad datahantering krävs.

Dokumentation av växtdata smidigt kan föras in i systemet

Data presenteras på ett tydligare sätt

...gör att minskad växtundersökning krävs.

Emotionella försäljningsargument

Heliosystem...

...är en helhetslösning

Presenterar all data på ett visuellt, tydligt och enkelt sätt.

Presenterar bara relevant data.

Kan ge tillgång till mer klimatdata, men på ett mer sammanfattande sätt.

...gör att oron för växter och felande utrustning minskar

...ger visuell bekräftelse på att allt är okej, när odlaren inte är på plats.

...medför att dokumentation av växtdata smidigt kan föras in i systemet

...är något man kan investera i på sikt

Produkter med insticksmoduler kan köpas till

...är en gemensam plattform för effektiv kommunikation

Bild och valda data kan delas och kommuniceras smidigt

Finns möjlighet att söka efter information i meddelande historiken

...är innovativt och nytänkande

18. Helioview kravutvärdering

Kravgrupp	Namn	Krav	Beskrivning	Krav uppfyllda
Allmänna krav				
Allmänna krav	A1	Kompatibel för olika typer av inomhusodling	Ska kunna användas vid medicinsk odling, kommersiell odling samt vid odling i forskningssyfte	Ja
	A2	Kompatibel för olika typer av växtarter	Ska kunna användas för odling av de vanliga typerna av arter som odlas inomhus	Ja
	A3	Kompatibel för olika växtfaser	Ska kunna användas oberoende vilken växtfas plantan befinner sig i, trots att plantan ändrar färg, storlek och form	Ja
	A4	Reducerad självkostnad	Ska vara inom en rimlig prisklass för målgruppen av odlare	N/A
	A5	Kompatibel med Heliospectras övriga produkter	Ska ha liknande uttryck och rent fysiskt kunna integreras med Heliospectras övriga produkter	Ja
Specifika krav för kamerapaket				
Installation & Upphängning	IU1	Kompatibel med Heliospectras armaturer	Kunna monteras i kombination med Heliospectras befintliga och kommande belysningsarmaturer utan att påverka armaturens funktioner	Ja
	IU2	Kompatibel med belysningsarmatur	Kunna monteras på olika typer av belysningsarmaturer utan att påverka armaturens funktioner	Nej
	IU3	Underlätta montering/demontering	Kunna monteras/demonteras utan extern hjälp med verktyg som antas finnas till hands på en odling	Ja
	IU4	Enkel installation	Mjukvara ska vara möjlig för odlaren att installera på egen hand med endast support som hjälpmedel	Ja
	IU5	Enkel kabelanslutning	Kablage för anslutning av produkt ska vara anpassad till armaturens kablage sådant att de kan dras tillsammans.	Ja
	IU6	Nätverksanslutning	Produkten ska vara ansluten till det lokala nätverket på odlingen	Ja
Underhåll	U1	Underlätta rengöring	Tillåta effektiv rengöring av produkt	Ja
	U2	Klara av rengöring	Yttertor som tål rengöringsmedel, desinficeringsmedel	Ja
	U3	Medge komponentunderhåll	Enkelt byte av utsatta komponenter, möjliggöra uppgradering och reparation för utökade livscykler	Ja
	U4	Visa operativ status	Ge möjlighet att kontrollera status på avstånd	Ja
Klimat	K1	Tåla temperaturskiftningar	Kunna operera vid olika temperaturer	Ja
	K2	Skyddad elektronik	Elektronik skyddad från hög luftfuktighet, vattendroppar, damm, kryp och spindelväv	Ja
	K3	Skyddade kontakter	Kontakter som tål hög luftfuktighet	Ja
	K4	Tåliga yttertor	Produktens ytor måste tåla solljus	Ja
	K5	Tåla luftfuktighet	Produkt höjdet ska förebygga kondens sådant att produkten kan operera oavsett luftfuktighet	Ja
Transport	T1	Anpassad för transport	Dimensionera produkt och förpackning med hänsyn till kommersiell transport	N/A
	T2	Volymseffektiv förpackning	Sträva efter en volymseffektiv transport som ger ekonomiska och hållbarhetsmässiga fördelar	N/A
	T3	Tåla transporttemperaturer	Tåla både låga och höga temperaturer vid transport då den är avstängd	N/A
	T4	Stöttålig	Klara mindre varsam hantering vid transport	N/A
	T5	Minimera produktvolym	Minimera transportpåverkad miljöbelastning p.g.a. produktvolym	N/A
	T6	Minimera produktvikt	Minimera transportpåverkad miljöbelastning p.g.a. vikt	N/A
Konstruktion	KO1	Minimera antalet komponenter	Förenkla och effektivisera tillverkning och ihopmontering genom att minimera antalet komponenter	Ja
	KO2	Minimera kablage	Håll nere kostsamma kabellängder	Ja
	KO3	Kylning	Produkten ska produceras för att undvika överhettning av komponenter	N/A
Utformning	UT1	Minimera skuggor	Produkten ska inte skugga odlingsbädden mer än nödvändigt	Ja
	UT2	Inte påverka ljusspridning	Produkten ska inte skymma utstrålningen av ljus från lampan	Ja
Miljö & hållbarhet	M1	Miljöanpassat material	Använda återvunnet material eller material med lågt klimatavtryck och reducerad ekototoxicitet	Ja
	M2	Återvinningsbart material	Skapa förutsättningar för sluten livscykel genom att produkten består av återvinningsbart material	Ja
	M3	Optimera komponenters livslängd	Komponenters livslängd ska matcha varandra och belysningsarmaturen	Nej
	M4	Optimera produkts livslängd	Livslängden ska optimeras för att ge så mycket miljövinst som möjligt (undvik överdimensionering av livslängd)	Nej
	M5	Återvinningsbarhet	Möjliggöra att material kan användas för återvinning/återanvändning	Ja
	M6	Underlätta isärmontering	Möjliggöra effektiv demontering vid återvinning/återanvändning	Ja
	M7	Material från rättvis tillverkning	Endast material och komponenter från garanterat "rena" miljöer utan hälsofaror för anställda	N/A
	M8	Minimera kretskortsanvändning	Antal och storlek på kretskort i produkten ska minimeras	N/A
	M9	Minimera materialåtgång	Minimera mängd använt material sådant att funktionalitet uppfylls men att inget överflödigt material används	Nej
Kameramodul	KA1	Optimal upplösning på sensor	Möjlighet att se små avvikelser som är ner till 1 mm stora	N/A
	KA2	Observera avsett område	Produkten ska kunna observera ett givet område av odlingsbädden	N/A
	KA3	Färgkamera	Kameran ska ta bilder i färg	N/A
	KA4	Kalibrerad färg	De bilder som tas av kameran ska ha kalibrerade färger	N/A
	KA5	Styrenhet för sensor	Kamerasensorn ska kunna styras via automatiska och manuella kommando	N/A
	KA6	Bildupptagning	Kameran ska ta bilder med tillräckligt små mellanrum	N/A

19. Matlabkod

kex1_C2I

The algorithm reads two images, calculates how much green pixels can be found in the first image, then calculate how many of those green pixels have turned yellow in the next image

clc

```
imgA=imread('planta.png');           %reading the previous image
imgB=imread('planta99gulptel.png');   %reading the next image
```

```
[height,width,hsv]=size(imgA); %determining its size
```

```
%transforms images from rgb-oriented to hsv-oriented
```

```
imgA_hsv=rgb2hsv(imgA);
```

```
imgB_hsv=rgb2hsv(imgB);
```

```
A=[0 0 0];
```

```
B=[0 0 0];
```

```
imgA_M_coordinates=[0 0];
```

```
imgB_M_coordinates=[0 0];
```

```
for i=1:height
```

```
    for j=1:width
```

```
        for k=1:hsv
```

```
            A(k)=imgA_hsv(i,j,k);
```

```
            B(k)=imgB_hsv(i,j,k);
```

```
        end
```

```
        if( A(1)*360>=81 && A(1)*360<=140 ) %green intervall
```

```
            coordinates=[j i];
```

```
            %if green pixel, add its coordinates to matrix
```

```
            imgA_M_coordinates=[imgA_M_coordinates; coordinates];
```

```
        end
```

```
        if( B(1)*360>=81 && B(1)*360<=140 ) %green intervall
```

```
            coordinates=[j i];
```

```
            %if green pixel, add its coordinates to matrix
```

```
            imgB_M_coordinates=[imgB_M_coordinates; coordinates];
```

```
        end
```

```
    end
```

```
end
```

```
%determining the size of the matrixes
```

```
[imgA_size,n1]=size(imgA_M_coordinates);
```

```

[imgB_size,n2]=size(imgB_M_coordinates);

%if the pixel was green in imgA and
%is now yellow/orange-ish in imgB

counter=0;

for i=2:imgA_size
    if( imgB_hsv(imgA_M_coordinates(i,1),imgA_M_coordinates(i,2),1)*360>=51 &&
imgB_hsv(imgA_M_coordinates(i,1),imgA_M_coordinates(i,2),1)*360<=80 ) %yellow
intervall
        % number of pixels that was green and are now yellow/orange-ish
        counter=counter+1;
    end
end

imgB_size=(imgB_size-1); %offset for the first zero
c=counter/imgB_size;

if( c>=0.025 )
    fprintf('ALARM');
else
    fprintf('EJ ALARM');
end
kex2_KmeanCYwG
The algorithm reads an image, separate the vegetation, calculates how much of the
vegetation is in green intervall and how much is in the yellow/orange-ish intervall

clc
I=imread('plantasjuk.png');
%IMG_6922.JPG
%plantasjuk.png

cform = makecform('srgb2lab');
lab_I = applycform(I,cform); %transform image from RGB to l*a*b*

%reshaping and transforming the image parameters
ab = double(lab_I(:,2:3));
nrows = size(ab,1);
ncols = size(ab,2);
ab = reshape(ab,nrows*ncols,2);

nColors = 2;
% execute the k-mean clustering

```



```

% repeat the clustering 3 times to avoid local minima
[cluster_idx, cluster_center] = kmeans(ab,nColors,'distance','sqEuclidean','Replicates',
3);
pixel_labels = reshape(cluster_idx,nrows,ncols);

imshow(pixel_labels,[]); % just to check that everything looks alright
segmented_images = cell(1,3);
rgb_label = repmat(pixel_labels,[1 1 3]);
% calculates what can be seen in the different clusterings
% the rest of the image sets black
for k = 1:nColors
    color = I;
    color(rgb_label ~= k) = 0;
    segmented_images{k} = color;
end

%just to check that everything looks alright
I=(segmented_images{1});
J=(segmented_images{2});
subplot(1,2,1);
imshow(I);
subplot(1,2,2);
imshow(J);
[height,width,color]=size(I); %determining the image's size
M=[0,0];

for i=1:height
    for j=1:width
        if( I(i,j)~=0 )
            coordinates=[j i];
            M=[M ; coordinates];
        end
    end
end

I_hsv = rgb2hsv(I); %transform image from RGB to HSV
[nrow,ncol]=size(M);
green_counter=0;
Ngreen_counter=0;

for i=2:nrow
    if( I_hsv(M(i,1),M(i,2),1)>=(81/360) && I_hsv(M(i,1),M(i,2),1)<=(140/360) )
%green intervall
        %if pixel is in green spectrum, add green_counter by 1

```

```

        green_counter=green_counter+1;
    end
    if( I_hsv(M(i,1),M(i,2),1)>=(51/360) && I_hsv(M(i,1),M(i,2),1)<=(80/360) )
%yellow/orange-ish intervall
        %if pixel is in yellowish spectrum, add Ngreen_counter by 1
        Ngreen_counter=Ngreen_counter+1;
    end
end

c=Ngreen_counter/green_counter;

if(c>=0.035)
    fprintf('ALARM');
else
    fprintf('EJ ALARM');
end

```

Published with MATLAB® R2014a

