



## **Kan man ersätta 55 hektar frilandsodling med 1 hektar inomhusodling?**

**-Och hur skulle en sådan framtida odlingshubb implementeras?**

---

*Is it possible to replace 55 hectares of open field cultivation with 1 hectare of indoor cultivation? -And how would such a future cultivation hub be implemented?*

Charlotte Samuelsson & Pauline Wengelin

Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

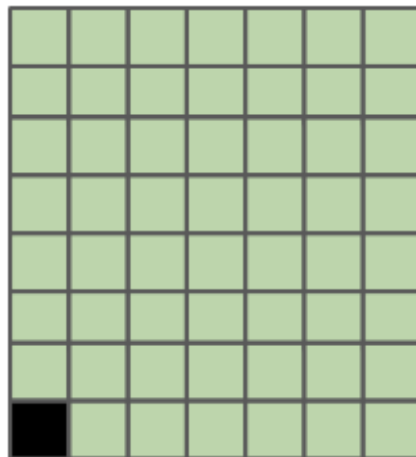
Fakulteten för landskapsarkitektur,

trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Alnarp 2021





# **Kan man ersätta 55 hektar frilandsodling med 1 hektar inomhus odling?**

**-Och hur skulle en sådan framtida odlingshubb implementeras?**

*Is it possible to replace 55 hectares of open field cultivation with 1 hectare of indoor cultivation?*

*-And how would such a future cultivation hub be implemented?*

Charlotte Samuelsson & Pauline Wengelin

**Handledare:** Marie-Claude Dubois, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi, LTH

**Bitr. handledare:** Håkan Asp, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

**Bitr. handledare:** Johan Larsson, Skanska Sverige AB

**Bitr. handledare:** Karin Hedström, Skanska Sverige AB

**Examinator:** Karl-Johan Bergstrand, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i Trädgårdsvetenskap

**Kurskod:** EX0844

**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för Biosystem och teknologi

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2021

**Omslagsbild:** Pauline Wengelin

**Serietitel:**

**Delnummer i serien:**

**ISSN:**

**Nyckelord:** vertikal odling, takväxthus, odlingsbarhet, skördad energimängd, CEA, klimatpositiv stadsdel, storskalig vertikal odling, inomhus odling

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för landskapsarkitektur,

trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## **Sammanfattning**

Bygg- och projektutvecklingsföretaget Skanska utvecklar en ny stadsdel i nordöstra Helsingborg, Ljusekulla, där bostäder, skola, butiker och andra samhällsnyttiga byggnader planeras byggas. Visionen är att skapa en klimatpositiv stadsdel som är hållbar både socialt och miljömässigt och där odlingsbarheten bibehålls. Detta arbete syftar till att utforska om odlingsbarheten kan vara densamma före och efter exploatering samt hur detta skulle kunna implementeras i en odlingshubb med så liten yta som möjligt. Arbetet ger förslag på mått för hur odlingsbarheten kan jämföras före och efter bebyggelse samt undersöker vilka odlingsystem och tekniska lösningar inom storskalig vertikal inomhusodling som finns på marknaden. Dessutom undersöks även vilka funktioner som kan vara lämpliga att implementera i odlingshubben utifrån en definierad vision. Dessa funktioner inkluderar t ex integrerat takväxthus, facilitet för utbildning och forskning, restaurang, direktförsäljning m m.

*Nyckelord:* storskalig vertikal inomhusodling, vertikal odling, takväxthus, odlingsbarhet, odlingshubb, odlingsystem, klimatpositiv stadsdel, CEA

## **Abstract**

The building och project development company Skanska, is developing a new town district in northeastern Helsingborg, Ljusekulla, where residential buildings, schools, shops and other socially beneficial buildings are planned to be built. The vision of the company is to create a climate positive district which is both socially and environmentally sustainable and where the cultivability is maintained. The purpose of this thesis is to explore if the cultivability can be the same before and after settlement of the area and how this could be implemented in a cultivation hub with as minimal footprint as possible. This paper gives a proposal of how measurement of cultivability can be compared as well as investigating which cultivation systems and technical solutions for large-scale vertical indoor farming that exist. Furthermore it is investigated which other functions, besides vertical farming, that could be suitable for the cultivation hub based on a defined vision for the cultivation hub. These functions include for example integrated rooftop greenhouse, facility for education and research, restaurant, direct sales of vegetables etc.

*Keywords:* large-scale vertical indoor farming, vertical farming, rooftop greenhouse, cultivability, cultivation hub, green hub, cultivation system, climate positive town district, CEA

## **Förord**

Först och främst vill vi tacka våra handledare på SLU Marie-Claude Dubois och Håkan Asp för bra och konstruktiv feedback under arbetets gång. Vi vill också tacka våra handledare på Skanska Sverige AB, Karin Hedström och Johan Larsson, för möjligheten att sätta tänderna i detta fantastiska ämne samt arkitekt Thomas Holtenäs för visualisering av förslag på en framtida odlingshubb. Stort tack även till de företag, institutioner och personer som hjälpsamt delat med sig av information och kunskap. Slutligen vill vi tacka varandra för ett bra samarbete och möjligheten att arbeta ihop kring ett ämne som vi båda brinner för.

Stockholm och Lund 2021-05-25

Pauline Wengelin och Charlotte Samuelsson

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. Inledning</b>	9
<b>2. Syfte och frågeställningar</b>	10
<b>3. Metod, material, avgränsningar</b>	11
3.1 Odlingsbarhet	11
3.2 Odlingshubb som ersättare av odlingsbarhet	14
3.2.1 Odlingssystem	14
3.2.2 Odlingsföretag	16
3.3 Odlingshubbens övriga värden	18
<b>4. Resultat</b>	20
4.1 Odlingsbarhet	20
4.2 Odlingshubben som ersättare av odlingsbarhet	20
4.2.1 Vad är vertikal inomhusodling	20
4.2.1.1 Odlingssystem i vertikal inomhusodling	21
4.2.1.2 Vatten och näring i vertikal inomhusodling	22
4.2.1.3 Ljus i vertikal inomhusodling	23
4.2.1.4 Hur används CEA i vertikal inomhusodling?	23
4.2.1.5 Energiåtgång i vertikal inomhusodling	25
4.2.1.6 Fördelar och nackdelar med vertikala odlingar inomhus	27
4.2.2 Odlingsföretag	28
4.2.2.1 Företagsfakta	28
4.2.2.2 Odlingssystem	30
4.2.2.3 Teknologi	32
4.2.2.4 Odlingsparametrar	35
4.3 Resultat - odlingshubbens övriga värden	39
4.3.1 Takväxthus	42
4.3.1.1 Takväxthus - odlingen	43
4.3.1.2 Takväxthus - krav på byggnaden	44
4.3.2 Förädling	46
4.3.3 Odling till interna och externa restauranger och café	46
4.3.3.1 Restaurang med hållbar profil	46
4.3.3.2 Trädgårscafé	47
4.3.3.3 Odling till externa restauranger	48
4.3.4 Direktförsäljning till slutkund	49
4.3.4.1 Direktförsäljning - Andelsjordbruk, CSA	50
4.3.4.2 Direktförsäljning - gårdsförsäljning	50
4.3.4.3 Direktförsäljning - on-line	50
4.3.5 Forskning, utveckling och utbildning	51
4.3.5.1 Forskning och utveckling	51
4.3.5.2 Utbildning	52
4.3.6 Social samlingsplats	53

4.3.6.1 Aktiviteter	53
4.3.6.2 Odlingslotter	53
4.3.6.3 Inkluderande arbetsplats	54
<b>5. Diskussion</b>	<b>55</b>
<b>6. Slutsats</b>	<b>62</b>
<b>7. Referenser</b>	<b>63</b>
<b>8. Figurförteckning</b>	<b>70</b>
<b>9. Tabellförteckning</b>	<b>71</b>
<b>10. Diagramförteckning</b>	<b>72</b>



# 1. Inledning

Enligt SCB:s publikation Sveriges framtida befolkning 2020-2030 beräknas befolkningen öka till drygt 11 miljoner år 2030 (SCB, 2020). Idag bor det lite över 10 miljoner människor i Sverige (SCB, 2021), varav den stora majoriteten av befolkningen väljer att bosätta sig i tätorter. År 2018 bodde omkring 87 procent av befolkningen i en av Sveriges ca 2000 tätorter, där Helsingborg var den nionde största tätorten (SCB, 2018). Med den ökade befolkningsmängden och det höga antalet människor som väljer att bosätta sig inom en tätort, behöver det byggas fler bostäder i dessa områden. Idag är bostadsbristen ett vanligt problem i stora delar av landet. Enligt Boverkets bostadsmarknadsenkät från 2020, anger 212 av 286 kommuner ett underskott av bostäder i sin kommun, där Helsingborg är en av dessa kommuner (Boverket, 2020).

Bygg- och projektutvecklingsföretaget Skanska utvecklar en ny stadsdel i nordöstra Helsingborg, Ljusekulla, där bostäder, skola, butiker och andra samhällsnyttiga byggnader planeras byggas. Området Ljusekulla ligger öster om Helsingborg längs väg 111 vilket visas med röd markering i figur 1. Visionen är att skapa en klimatpositiv stadsdel som är hållbar både socialt och miljömässigt och där odlingsbarheten bibehålls. Odlingsbarhet är ett begrepp som är skapat av Skanska för att beskriva att storleken på odlingen före och efter exploatering skall vara densamma. Dock har företaget inte definierat vilket mått som skall jämföras.

Ett koncept för den nya stadsdelen ska vara klart och presenteras vid Helsingborgs stadsmässa H22, som äger rum 2022, för att ligga till grund för beslut om en eventuell detaljplan. Arbetet med detta koncept är i sin linda och man kommer att arbeta i olika former för att få in i idéer och uppslag att arbeta vidare med där examensarbeten är en sådan form. Den potentiella lösning som kristalliserats ut under examensarbetet är att ersätta en del av eller hela odlingen med hjälp av en odlingshubb som upptar så liten yta som möjligt. I denna uppsats är odlingshubb definierad som en byggnad där odling främst bedrivs för att ersätta dagens odling men som även kan bidra med andra värden till området. De odlingsformer som kan komma i fråga i denna byggnad är växthusodling, containerodling och vertikal odling inomhus. I detta arbete undersöks också vilka ytterligare funktioner/värden en odlingshubb i ett bostadsområde kan bidra med förutom att ersätta odlingsbarheten.

Platsen som Skanska planerar att ta i anspråk för den nya stadsdelen är idag ett område på ca 70-80 ha, varav 55 ha åkermark (det blå området i figur 1), där det idag odlas vete, raps, vårkorn, havre och ärtor. I dagsläget är det vanligt förekommande att exploatera jordbruksmark för byggande av bostäder, vägar och andra byggnader. I Jordbruksverkets rapport Exploatering av jordbruksmark från 2017, visas det att under perioden 2011-2015 exploaterades 2916 hektar jordbruksmark i Sverige (Jordbruksverket, 2017). Den främsta orsaken till exploatering var bostadsbyggande, vilket utgjorde 68 % av den totala arealen. Väg och järnväg stod för 21 % och de resterande 11 % övrig bebyggelse. Rapporten från Jordbruksverket visade även att den största arealen exploaterad jordbruksmark skedde i Skåne med 672 hektar. Bland kommunerna med störst areal exploaterad jordbruksmark 2011-2015 låg Helsingborgs kommun, med 73 hektar åkermark.

Det ligger därför i byggbranschens intresse att undersöka om och i så fall hur den åkermark och odling som måste tas i anspråk av bostäder kan ersättas på ett bra och yteffektivt sätt. System för inomhusodling är även intressanta ur många andra aktuella aspekter som t ex ökad lokal självförsörjning både ur ett landsperspektiv och ett områdesperspektiv. Ett antal händelser de senaste åren som t ex aktualisering av klimatförändringar, bränderna i Sverige sommaren 2018 och Corona pandemin har bidragit till att intresset för lokal livsmedelsproduktion ökat.



Figur 1 Helsingborg och Ljusekulla området. Källa: Lantmäteriet (2021).

## 2. Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete är att undersöka om odlingsbarheten i Ljusekulla kan vara densamma före och efter exploatering samt hur detta skulle kunna implementeras. De specifika frågeställningarna som adresserats är:

1. Hur kan man konkretisera och mäta att odlingsbarheten i Ljusekulla-området är ekvivalent före och efter utbyggnad. Förslag på mått tas fram.
2. Kan odlingsbarheten ersättas med hjälp av en odlingshubb med så liten basyta som möjligt? Syftet är att få fram ett antal beprövade och effektiva system för odling inomhus i stor skala. Hur ser befintliga odlingsföretag ut? Vilka odlingsystem och tekniska lösningar används och vilken yta och volym krävs för att få ekvivalent storlek på skörden?
3. Ska odlingshubben även ha andra funktioner eller värden än att ersätta odlingsbarheten? Och i så fall vilka? Ta fram en vision tillsammans med Skanska och därefter utforma ett förslag.

### 3. Metod, material, avgränsningar

För att göra arbetsgången i uppsatsen tydlig beskrivs arbetsflödet i figur 2. Varje steg i arbetsflödet är sedan markerat i texten för att göra det klart var i processen uppsatsen är.



Figur 2 Arbetsflöde. Källa: Pauline Wengelin

#### 3.1 Odlingsbarhet 1 2




Det första steget i arbetet var att ta fram ett mått och en metod för att mäta odlingsbarheten i Ljusekulla idag och efter en eventuell exploatering av området. För att få fram olika sätt att mäta odlingsbarhet gjordes litteratursökningar och sökningar i databaser för att se hur detta eventuellt gjorts tidigare. Med andra ord vilka mått kan användas för att jämföra olika grödor i olika odlingssystem. Det genomfördes också intervjuer med arrendatorn som odlar marken idag angående grödor, skördar, odlade arealer m.m.

Litteraturstudier och databassökningar visade ett antal olika mått som använts i tidigare studier som vikt, total energi, skördad energi, ätlig energi och värde (Andersson et al 2015;Leonardson red 2020). Definitionen på total energi är energin för all odlad biomassa inklusive skörderester, skördad energi är all energi utom skörderesterna och ätbar energi är energin i den del av skörden som används till mänsklig föda. Värde används på lite olika sätt; ibland marknadsvärde och andra gånger odlarens försäljningspris. Ytterligare ett mått som används i vissa jämförelser för att jämföra grödor är vilken effekt odlingen har på växthusgasutsläpp (Peter et al, 2017). Men en sådan jämförelse kräver kartläggning av hela livscykeln för jämförelse och skulle kräva ett separat examensarbete. En annan viktig aspekt är att grödorna som odlas i växtföljden idag (höstvetete, raps, vårkorn, havre och ärtor) skiljer sig mycket i hektarskörd från varandra. För en rättvis jämförelse behöver ett genomsnittligt mått för växtföljden också kunna tas fram.

Syftet är att ersätta dagens frilandsodling med en alternativ odling där så lite markyta som möjligt används inom det aktuella området. Detta gör att ersättningsodlingen troligen sker med helt andra typer av grödor vilka enkelt behöver kunna jämföras med dagens grödor på friland. De mått som utvärderades var total energi, skördad energi, ätbar energi, vikt och värde (se tabell 1). För att kunna jämföra olika grödor så enkelt som möjligt bedömdes därför att det mått

som enklast och effektivast skulle möjliggöra detta var att jämföra skördad energi (se tabell 1). Detta beslut blev den första avgränsningen.

**Tabell 1** Jämförelsemått odlingsbarhet.

Jämförelsemått	Fördelar	Nackdelar	Lämpligt (1-5)
Total energi <sup>1</sup> 	-Beaktar hela biomassans fixering av CO <sub>2</sub> -Lätt att jämföra	-Svårt att bedöma mängden skörderester	2
Skördad energi <sup>2</sup> 	-Lätt att mäta -Mycket statistik tillgänglig -Lätt att jämföra	-Skörderester räknas inte med. -Den energi som skördas men inte används räknas med.	5
Ätbar energi <sup>3</sup> 	-Lätt att jämföra -Är en definierad nytta som är enhetlig.	-Djurfoder och annan användning räknas inte med. -Svårt att mäta.	4
Vikt (kg)	-Lätt att mäta -Lätt att jämföra -Mycket statistik tillgänglig.	-Svårt att jämföra olika grödor och dra någon slutsats.	3
Värde (kronor)	-Lätt att jämföra/universellt. -Mycket statistik tillgängligt.	-Ger inte svar på några miljömässiga frågor. -Skulle ge fokus på dyra grödor vilket försvårar ersättning av odlingsbarhet	1

<sup>1</sup>Inklusive skörderester

<sup>2</sup>Exklusive skörderester -specifik för varje gröda

<sup>3</sup>Livsmedel - specifik för varje gröda

Denna avgränsning innebär att de skörderester som lämnas på fältet, t ex halm, inte ingår i jämförelsen av vad som ska ersättas. Hur stora skörderesterna är i det framtida systemet har därmed inte heller analyserats och ingår inte i arbetet. Detta kan resultera i att andelen skörderester kan vara olika för dagens odling jämfört med framtidens d v s hela biomassan jämförs inte.

För att göra energiberäkningar på grödor från dagens odling intervjuades arrendatorn (Nilmarkson, 2021) och Skanska (2021) angående odlad areal. Arrendatorn gav också uppgifter om avkastning per hektar för de olika grödorna vilka jämfördes med statistik från Jordbruksverket för Skåne och Sverige (Leonardson red, 2020). Dessutom jämfördes uppgifterna även med EU statistik över åkerarealens användning i Sverige och med avkastningen vid ekologisk odling av dessa grödor vilket visas i tabell 2.

**Tabell 2** Odlingsareal och hektarskörd för dagens grödor på Ljusekulla.

	Höstvete	Havre	Raps	Vårkorn	Ärtor
<b>Odling 2019 ( ha)</b>					
Skåne	105 985	8 903	43 355	67 077	4 021
Sverige	423 434	147 884	99 646	279 325	39 390
Åkerareal EU statistik 2017	472 000	151 000	Ingen uppgift	309 000	Ingen uppgift
Ekologisk odling	33 340	35 750	6 970	630	4 270
<b>Hektarskörd 2019 ( kg/ha)</b>					
Skåne	8 820	5 340	4 350	6 610	3 350
Sverige	7 730	4 760	3 740	5 180	3 380
Ljusekulla	8-9000	5-6000	3-4000	5-6000	3-6000
Ekologisk odling	4 910	3 340	1 990	4380 (höstkorn)	2 880

Källa: Leonardsson red, 2020 samt Nilmarkson, 2021.

Dagens odling på Ljusekulla omfattar 55 ha som är uppdelade i tre skiften (Nilmarkson 2021; Skanska 2021). Växtföljden som används innehåller höstvet, havre, raps och vårkorn i två omgångar d v s 8 år och däremellan ett år med ärtodling (se tabell 2). Eftersom målet är att få fram ett snitt av skördad energi under den nioåriga växtföljden har beräkningarna gjorts utifrån att hela odlingsmarken har samma gröda. Detta är inte fallet i verkligheten men har ingen inverkan på beräkningen över nio år. Det totala energiinnehållet för skörden varje år visas i tabell 3 där även medelenergin per år framgår (Leonardsson red 2020; Andersson et al 2015). För samtliga grödor har siffror för konventionell odling i Skåne använts och det bör noteras att dessa är avsevärt högre än för övriga Sverige eller för ekologisk odling. Siffrorna för energiinnehållet motsvarar torrs substans (förutom för ärtor) och skörden motsvarar friskvikt (våtsubstans) (Andersson et al 2015; Leonardson red 2020).

**Tabell 3** Totalskörd (ton) och energiinnehåll (MJ) för aktuella grödor i Ljusekulla och snitt över 9 år.

År	Gröda	Areal	Ha-skörd (kg/ha) - konventionell odling. Jordbruksverket tab 4.3 och 4.8.	Total skörd - konventionell odling (kg) (friskvikt)	Energiinnehåll (MJ/kg) (torrs substans)	Totalt energiinnehåll (MJ)
1	Höstvete	55	8820	485 100	14	6 791 400
2	Havre	55	5340	293 700	15,5	4 552 350
3	Raps	55	4350	239 250	20	4 785 000
4	Vårkorn	55	6610	418 550	14,5	6 068 975
5	Höstvete	55	8820	485 100	14	6 791 400
6	Havre	55	5340	293 700	15,5	4 552 350
7	Raps	55	4350	239 250	20	4 785 000
8	Vårkorn	55	6610	418 550	14,5	6 068 975
9	Ärtor	55	3350	184 250	2,9 (friskvikt)	534 325
	Medel	55	NA	NA	NA	4 992 197

Källa: Jordbruksverkets statistik 2020 samt Andersson et al, 2015.

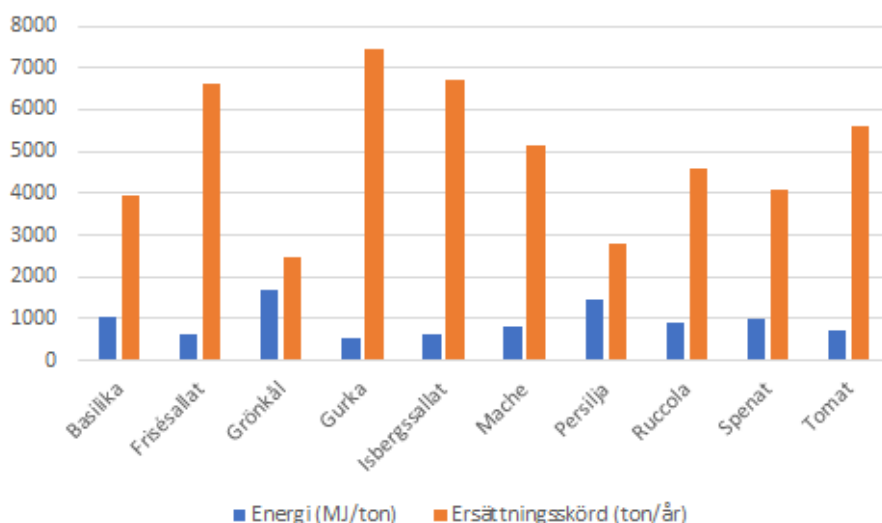
Detta innebär att odlingen i hubben ska motsvara 4992 GJ/år utan korrigering för vattenmängden i skörden. Eftersom energiinnehållet är angivet i torrs substans behöver skörden

kompenstras för vattenmängden 15% för de grödor som har energiinnehållet angivet för torrs substans (Leonardson red 2020; Andersson et al 2015) så att den korrekt motsvarar energiinnehållet. Den energimängd som ska ersättas per år blir då ca 4100 GJ.

## 3.2 Odlingshubb som ersättare av odlingsbarhet

### 3.2.1 Odlingsystem 3

För att undersöka och få en uppfattning om hur mycket som skulle behöva odlas av olika grödor för att uppnå ekvivalent skördad energimängd per år hämtades data från Livsmedelsverkets hemsida och sammanställdes i en tabell. Som exempelgrödor valdes ett antal arter som lämpar sig väl för de tre olika odlingsformerna växthus, container och vertikal odling inomhus (se diagram 1). Utifrån denna data räknades sedan ut hur mycket av respektive gröda som behöver odlas och skördas för att ersätta dagens odling på Ljusekulla i skördad energimängd - 4100 GJ/år.



**Diagram 1** Energiinnehåll i MJ/ton för olika grödor (Livsmedelsverket, 2021) och ersättningskörd i ton /år.

Om odlingsbarheten i skördad energi ska ersättas av en odlingshubb hur stor behöver då en sådan byggnad vara till yta och volym? För att jämföra de tre olika odlingsystemen undersöktes ett antal odlingsföretag inom vertikal inomhusodling och containerodling. Kriterierna för de vertikala inomhusodlingarna var att de producerade mer än 100.000 kg per år samt att de varit i drift åtminstone sedan 2019. Tanken med att undersöka containerodling var att använda container som minsta modul och sedan skala upp för att skapa en odlingshubb. Uppgifter om skörde storlek, odlingsvolym och byggnadsvolym undersöktes. Dessutom undersöktes avkastning och ytbehov för konventionell växthusodling för olika grödor i Sverige.

Skördeuppgifterna för de olika odlingsföretagen med vertikal inomhusodling och containerodling visas i tabell 4. Skördesiffrorna gäller för bladgrönt och odlingsmängden är utslagen på hela byggnadens volym inklusive logistiktor respektive endast odlingsytans volym. Med odlingsyta menas här den del av byggnaden där plantorna drivs från stickling till skörd.

**Tabell 4** Skörd per byggnadsvolym för olika vertikala odlingsfabriker och containerodling.

Företag	Odling	Volym <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> )	Volym <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )	Skörd (kg/år)	Skörd/volym <sup>1</sup> (kg/m <sup>3</sup> /år)	Skörd/volym <sup>2</sup> (kg/m <sup>3</sup> /år)
Squareroots	Container (40ft)	77	77	1 180	15	15
Spread Kameoka	Vertikal odlingsfabrik	45 888	28 800	777 000	17	27
Spread Technofarm	Vertikal odlingsfabrik	45 888	28 800	1 678 000	37	58
Nordic Harvest	Vertikal odlingsfabrik	70 000	Ingen uppgift	1 100 000	16	Ingen uppgift
JonesFood Company	Vertikal odlingsfabrik	60 000	Ingen uppgift	420 000	7	Ingen uppgift
and-ever	Vertikal odlingsfabrik	10 000	3 400	200 000	20	59
Intelligent Growthsystem	Vertikal odlingsfabrik	9 684	3 684	138 000	14	37

<sup>1</sup>Byggnadens totala volym inklusive logistiktyor för hantering av hela processen från inleverans av frö till utleverans av paketerad gröda.

<sup>2</sup>Odlingsdelens volym

Skördesiffrorna för konventionell växthusodling för tomater, gurka och kryddor från Jordbruksverket visas i tabell 5 (Håkansson et al, 2015).

**Tabell 5** Skörd vid konventionell växthusodling av olika grödor i Sverige.

Växthustyp/storlek	Läge	Kultur	Kulturtid	Skörd	Ersättningsyta (m <sup>2</sup> )
50.000 m <sup>2</sup> Venlo	S Götaland	Tomat, runda 100 g/st	v 4-45	55 kg/m <sup>2</sup>	88 000 (8,8 ha)
10.000 m <sup>2</sup> Venlo	S Götaland	Tomat, runda 100 g/st	v 4-45	55 kg/m <sup>2</sup>	88 000 (8,8 ha)
10.000 m <sup>2</sup> Venlo ekol	S Götaland	Tomat, runda 100 g/st	v. 4-45	42 kg/m <sup>2</sup>	130 000 (13 ha)
10.000 m <sup>2</sup> Venlo	S Götaland	Gurka 300-400 g	v. 4-44 3 omg	75 kg/m <sup>2</sup>	73 000 (7,3 ha)
10.000 m <sup>2</sup> Venlo Ekologisk odling	S Götaland	Gurka 300-400g	v.4-44 2 omg	39 kg/m <sup>2</sup>	140 000 (14 ha)
300 m <sup>2</sup> sadeltak Ekologisk odling	Mellansv	Krydda i kruka 11,5	v4-52	267 st/m <sup>2</sup> (8 kg/m <sup>2</sup> )	260 000 (20 ha)

Källa: Håkansson et al, 2015, Jordbruksverket.

Med hjälp av tabell 4 kan konstateras att om containerodling väljs som alternativ för att odla motsvarande mängd energi som dagens odlingar med olika sorters bladgrönt så skulle detta kräva ca 6.600 containers om t ex frisé sallad används som gröda. En 40ft-container har basytan 29 m<sup>2</sup> vilket skulle innebära att en yta på ca 19 ha skulle behöva utnyttjas för containerodling. I detta fall är ingen hänsyn heller tagen till att varje container behöver logistikytor runt om för att kunna hantera in och utleveranser och eventuellt även vissa andra moment i odlingsprocessen. Enligt Freight Farms (2021), som säljer odlingscontainrar, kan man stapla två eller tre containrar ovanpå varandra men att lösningen då bygger på att kunderna själva bygger trappor för att nå de övre nivåerna för att kunna transportera grönsaker ut och förnödenheter in. Med andra ord är staplade containrar endast en lösning när det gäller att stapla ett fåtal. Att ha 6.600 containrar i staplar om två eller tre är inget som lösningen är förberedd att användas för. Därmed anses containerlösning vara ett orimligt alternativ.

Enligt tabell 3 krävs en ersättningsodling av 5615 ton tomater för att kompensera odlingsbarheten mätt i skördad energi alternativt 7455 ton gurka eller 2800 ton persilja. I tabell 5 har denna ersättningsmängd använts för att räkna ut vilken yta med växthus som behövs vid odling av respektive gröda för att åstadkomma samma energimängd. Som representant för kryddor har persilja använts och en kruka antas ge 30 g persilja (Livsmedelsverket, 2021).

Ytorna som krävs för att åstadkomma ekvivalent odling med hjälp av containerodling eller konventionell växthusodling varierar i de beskrivna fallen mellan 7 och 20 ha vilket få anses orimligt för en odlingshubb. Vertikal inomhusodling är det i särklass mest yt- och volymeffektiva systemet vilket även finns stöd för i litteraturen (Kozai, 2019). Därför avgränsades undersökningen till system för vertikal odling i fabrik.

### 3.2.2 Odlingsföretag

För att hitta information om företag som bedriver vertikal odling inomhus i stor skala gjordes litteratursökningar i olika databaser som WebOfScience, Google Scholar och Scopus samt m h a Google. Eftersom vetenskapsområdet inom vertikal odling är relativt nytt och då framför allt när det gäller högeffektiva och automatiserade odlingssystem skedde mycket av datainsamlandet från odlings- och utrustningsföretagens hemsidor, branschorganisationers hemsidor, artiklar inom finans och genom att ställa frågor till de olika företagen. I stycket om odlingsföretag ges inga referenser i den löpande texten utan samtliga webbsidor där material hämtats finns som länkar under rubriken företagsfakta under Referenser. Målet var att få fram ett antal relativt beprövade och effektiva system för odling i stor skala. Hur ser företagen ut, vilka odlingssystem och tekniska lösningar används och vilken yta och volym krävs för att få ekvivalent storlek på skörden.

Det första steget var att hitta ett antal större kommersiella odlingsföretag som bedriver vertikal odling i stor skala, är yteffektiva och affärsmässigt försvarbara för att kunna göra en bedömning om det är rimligt att ersätta odlingsbarheten med en odlingshubb. Därefter definierades ett antal



parametrar som undersöktes för vart och ett av företagen. Dessa parametrar valdes i fyra kategorier; företaget, odlingsystemet, teknologin och odlingen (se tabell 6).

**Kategori 1**, företagsfakta, syftade till att förstå om det finns företag som kan försörja sig på odling i vertikala fabriker, hur de finansieras, hur stora de är och vilka förhoppningar de har på framtiden.

**Kategori 2**, odlingsystem, valdes för att förstå om det finns gemensamma faktorer i de olika odlingsföretagen vad gäller odlingsystem.

**Kategori 3**, teknologi, hade som mål att försöka hitta de företag som driver utvecklingen idag och förstå vad som kan anses state of the art inom området.

**Kategori 4**, odlingsparametrar, syftade slutligen till att hitta data för odlingar som kunde ge en uppfattning om vilken yta och volym på byggnad som skulle krävas för att ersätta odlingsbarheten samt vilka grödor som odlas.

Efter denna sökning beslutades också att undersöka två företag som endast levererar utrustning men inte själva bedriver odling för att få en så komplett bild som möjligt. För varje kategori definierades åtta parametrar för datainsamling enligt tabell 6.

**Tabell 6** Kategorier och frågor för kartläggning av odlingsföretag inom vertikal odling.

Företagsfakta	Odlingssystem	Teknologi	Odlingsparametrar
1. Finansiering/investerare	1. Ny/befintlig byggnad	1. Mekanisk konstruktion	1. Skörd i kg/år
2. Omsättning 2019	2. Odlingssystem	2. Reglermjukvara/AI	2. Byggnadsyta
3. Antal anställda	3. Vatten	3. Unik teknologi/patent	3. Odlingssyta
4. Produkter (vad säljs)	4. Näring	4. Belysning	4. Aktiv odlingssyta
5. Försäljningskanaler	5. Medium/substrat	5. Energiförsörjning	5. Antal odlingsvåningar
6. Affärssystem (ERP)	6. Bekämpningsmedel	6. Energiåtgång	6. Byggnadshöjd
7. Expansionsplaner 2021	7. Sorter (vad kan odlas)	7. Börvärden	7. Grödor i skörden.
8. Antal odlingar/var	8. Tid sådd-skörd	8. Försäljning utrustning	8. Minsta modul

Insamlandet av data resulterade i ett antal slutsatser och företagsinformation som presenteras under Resultat. Den avgränsning som gjordes i arbetet var att information endast söktes för företag med en årlig skörd i specificerade odlingar om 100.000 kg/år utifrån de siffror som tagits fram för odlingsbarheten. Undantaget är Grönska Stadsodling som tagits med för att det är ett svenskt företag inom vertikal inomhusodling. En annan avgränsning som gjordes var att utesluta aquaponik som odlingsystem eftersom det adderar ytterligare en parameter till odlingsystemet som inte är rimlig att hantera inom uppdraget.

### 3.3 Odlingshubbens övriga värden

7

8

Nästa steg var att se om odlingshubben även ska få andra värden/funktioner än att enbart ersätta odlingsbarheten och vilka dessa värden/funktioner kan vara? För att undersöka detta gjordes litteratursökningar i olika databaser som WebOfScience, Google Scholar och Scopus samt med hjälp av Google. Information som hittas under tidigare sökningar under arbetet kring odlingsföretagen som bedriver vertikal odling kunde även användas för att se hur liknande företag skapat fler värden i sina företag.

För att lättare kunna föreslå ytterligare värden och funktioner med ett helhetsperspektiv föreslog vi en vision för odlingshubben som förankrades med Skanska enligt följande:

“Odlingshubben ska vara ett landmärke för den klimatpositiva stadsdelen Ljusekulla. Den ska fungera som ett nav i området för såväl klimatmässig som social hållbarhet. Odlingshubben ska både bidra till att ersätta odlingarna i området, såväl som att ha potential att bli en social samlingspunkt. Den ska också vara en inspirationskälla till hållbarhet och matglädje samt dra nytta av sin geografiska placering i Sveriges frukt- och grönsakscentrum i Långeberga. Odlingshubben ska drivas som ett företag, vara ekonomiskt hållbar och ge arbetstillfällen.“

Med utgångspunkt i denna vision har inspiration och förslag till värden tagits fram genom sökningar och analys av olika företag och organisationer i branschen. Dessa värden har sedan beskrivits övergripande. Efter avstämning mot visionen har ett förslag på vilka värden och funktioner som kan ingå diskuterats under rubriken Diskussion. De förslag på värden/funktioner som har bedömts intressanta för odlingshubben att utvärdera visas i tabell 7 nedan. För varje funktion har värdet av funktionen bedömts (x=har värde) för nio olika värdekategorier.

**Tabell 7** Vilken påverkan på värdena har de tillagda funktionerna

VÄRDEN	Uökad sortiment	Odling	Ökade intäkter	Image/Reklam	Minskning växthusgaser	Resursminskning	Samlingspunkt/Gemenskap	Arbete
<b>FUNKTION</b>								
Takväxthus	x	x	x	x	x?	x?	x	x
Förädling	x		x	x				x
Restaurang	x		x	x			x	x
Trädgårdscafe	x		x	x			x	x
Direktförsäljning CSA	x		x	x	x		x	x
Direktförsäljning hubben/gården	x		x	x	x?		x	x
Direktförsäljning on-line	x		x	x				x
Forskning och utveckling	x	x	x	x	x			x
Utbildning			x	x			x	x

Aktiviteter/event			x	x			x	x
Odlingslotter		x		x			x	
Inkluderande arbetsplats				x			x	x

För att få inspiration och fakta har några takväxthusföretag undersökts vad gäller ett antal parametrar. Variabler för företaget som odlingsyta, investerare, läge och byggnad, vilka värden de bidrar med och hur försäljning sker har inventerats. Dessutom har fakta om odlingen och olika parametrar i odlingen som är betydelsefulla för miljön undersökts, som t ex vilka grödor som odlas, hur pollinering och bekämpning sker samt vilka typer av odlingssystem, medium och näring som används. Slutligen har uppgifter om vilka synergier med byggnaden som nyttjas vad gäller värme, vatten, CO<sub>2</sub> och el. En sammanställning av parametrarna visas i tabell 8.

**Tabell 8** Undersökta parametrar för takväxthusföretag

	Företagsfrågor	Odlingsfrågor
1	Yta takväxthus	Grödor
2	Investerare	Synergier med byggnad (värme, el, H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> )
3	Läge & Byggnad	Pollinering/bekämpningsmedel
4	Förmedlade värden	Odlingssystem, medium, näring
5	Försäljning	

För att få fram lite fakta om takväxthusens krav och påverkan på byggnaden kontaktades också de företag som levererat växthus till Lufa Farms och Gotham Greens vilka har störst växthusarea av de företag som undersökts. Företaget som levererat åtminstone två av Lufa Farms växthus är ett holländskt företag som heter Kubo och har levererat takväxthusen till odlingarna Laval (3994 m<sup>2</sup>, 2013) och Anjou (5720 m<sup>2</sup>, 2017) vilka är Lufa Farms andra och tredje växthus (Kubo, 2021). Nexus är ett amerikanskt företag som levererat åtminstone fem takväxthus till Gotham Greens (Nexus, 2021). Dessutom kontaktades Inagro, ett belgiskt bolag som projektlett och delvis varit ansvariga för byggnationen av Agroptopia i Belgien (6000 m<sup>2</sup>, 2021). I samtliga projekt har man utgått från befintliga byggnader och det har varit svårt att hitta exempel på nybyggnation där kommersiella takväxthus av större storlek tagits med från början.

Förutom företag med takväxthusodling har ett fåtal andra odlingsföretag inom vertikal odling med specifika affärsidéer analyserats. Dessa företag är exempelvis Farm.One i New York, som har specialiserat sig på odling av mer unika och intressanta grödor som de säljer till restauranger runt om i New York. GOOD BANK i Berlin som är världens första vertikala odlingsrestaurang och Vertical Harvest som bedriver vertikal odling i växthus och har en stark social profil som en inkluderande arbetsgivare för människor med funktionsvariationer.

Dessutom har restauranger och caféer med mindre odlingar tagits med som exempel för att beskriva olika värden och funktioner.

## 4. Resultat

### 4.1 Odlingsbarhet 1 2

För att ta fram ett mått på odlingsbarheten utvärderades ett antal storheter som tidigare använts för att jämföra olika grödor med varandra. Resultatet visade att ett enkelt och effektivt jämförelse mått är mängden skördad energi vilket innebär att energimängden hos den skördade grödan beräknas.

Den skördade energin från dagens odling räknades ut som ett snitt över en växtföljd på nio år med grödorna vete, havre, vårkorn, raps och ärtor. Resultatet av uträkningarna gav att den skördade energimängd som behöver ersättas för att vara ekvivalent med dagens energimängd är ca 4 100 GJ/år.

### 4.2 Odlingshubben som ersättare av odlingsbarhet 3

Det odlingssystem som möjligen kan ersätta dagens frilandsodling på en yta och volym rimlig för en byggnad i Ljusekulla området är vertikal inomhusodling i fabrik. För att skapa en gemensam bakgrund till vad detta innebär beskrivs först vad vertikal inomhusodling är och vilka system som finns. Vidare beskrivs tillförsel av näring, ljus och vad begreppet CEA (controlled environment agriculture) betyder innan uppsatsen fortsätter med analys av befintliga system.

#### 4.2.1 Vad är vertikal inomhusodling

Vertikal odling innebär att odla grödor vertikalt, antingen i flera staplade lager, i vertikalt lutande ytor och/ eller integrerade i andra strukturer (AFVF, 2021). De vertikala inomhusodlingarna kan variera i storlek och form och har oftast lokaliserats på platser som äldre industrilokaler, nybyggda fabriker och i utrymmen under marknivå (Chole et al, 2021). Det koncept av vertikal odling som främst kommer beröras i detta arbete, är att odla grödor inomhus i en fabrik med odling i flera lager, där moderna odlingssystem, artificiell belysning och Controlled Environment Agriculture (CEA) tillämpas (Benke & Tomkins, 2017). CEA innebär att man kan styra alla miljöfaktorer som ljus, näring, temperatur, luftfuktighet och CO<sub>2</sub> för att optimera planttillväxten (AFVF, 2021). Med hjälp av bildbehandling, sensorer, simuleringsmodeller och artificiell intelligens kan denna kontroll bli fullt automatiserad (SharathKumar et al, 2020). Ett annat namn för den här typen av odling är Plant Factory with Artificial lighting (PFAL), men detta begrepp används främst i Asien (Kozai et al, 2019).



**Figur 3** Nordic Harvest ritning, nybyggd vertikal odling i Köpenhamn. Källa: Nordic Harvest presskit.

#### 4.2.1.1 Odlingssystem i vertikal inomhusodling

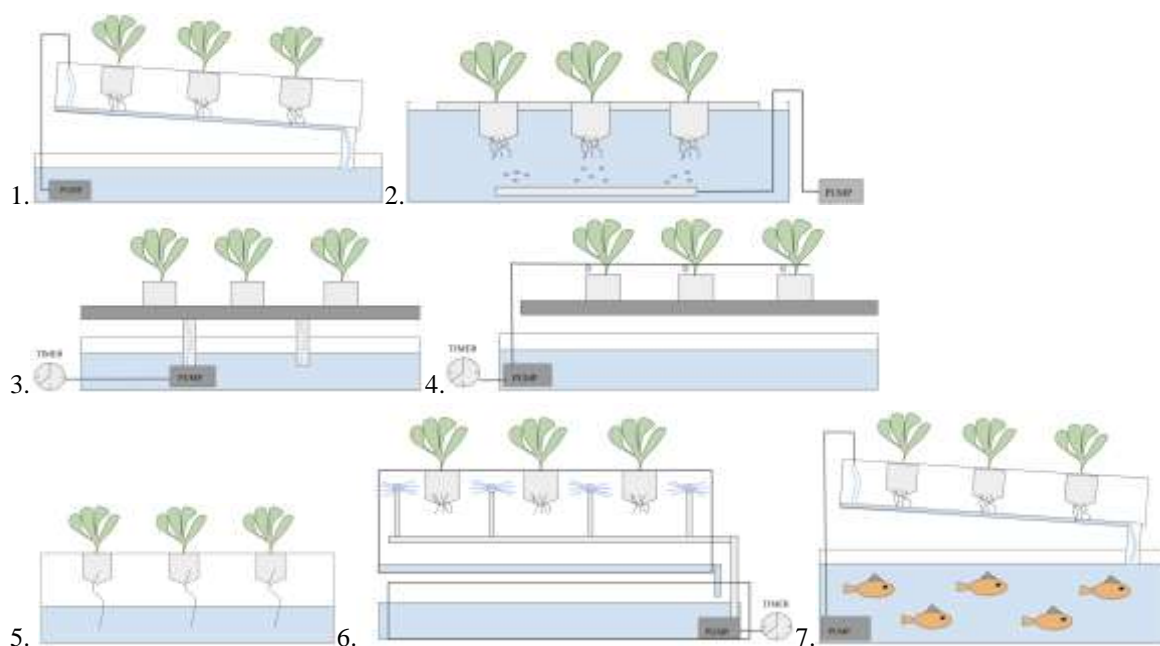
Inom vertikal odling används framförallt jordfria system, som hydroponik, aeroponik och aquaponik vilka illustreras i figur 4 (Chole et al, 2021). Hydroponik innebär att man odlar planter i en näringslösning utan jord (AFVF, 2021). Plantorna växer med rötterna direkt i näringslösningen och ofta också stöds upp av ett substrat. Det finns flera typer av hydroponiska system vilka är utformade på olika sätt som, Nutrient Film Technique (NFT), Deep Water Culture (DWC), Ebb and flow, Wick och Drip hydroponik (Modu et al, 2020).

Nutrient Film Technique (NFT) innebär att näringslösningen rinner i en tunn film längs en kanal, där växterna är placerade i hål på kanalens ovansida (Raviv, 2019). Kanalen har en lutning vilket gör att näringslösningen kan rinna från den ena sidan till den andra och förse växternas rötter med näringslösning. I slutet av kanalen fångas näringslösningen upp och återcirkuleras. En annan variant av NFT är Deep Flow Technique (DFT) där näringslösningen i kanalen har ett djup på 5-15 cm istället för en tunn film. Deep Water Culture (DWC) innebär att växterna är placerade i hål på paneler av exempelvis polystyren. Panelerna flyter i ett kärl med näringslösning som är syresatt med en syrepump och rötterna hänger direkt ner i kärlet med näringslösning. I ett Ebb-och-flod system står växterna i krukor eller annan behållare på en bricka eller ett golv. Via en pump strömmar näringslösningen in på brickan eller golvet så att basen på växterna blir dränkt i näringslösningen och efter en anpassad tid dräneras brickan eller golvet från näringslösningen. Wick-system är ett enkelt och passivt system, där växten placeras i en behållare ovanför en reservoar med näringslösning (Honeydew, 2016). En veke är placerad mellan reservoaren och odlingsmediet och via kapillärkraften dras näringslösningen upp till växten och förser den med näringslösning. I Dropp-hydroponik förses växten med näringslösning via ett dropp system, där näringslösning pumpas ut från reservoaren och vidare ut i droppsystemet till växterna.

Aeroponiska system liknar hydroponiska system, men här hänger rötterna fritt i luften och näringslösningen sprutas istället i en dimma till växternas rötter (University of Nevada, 2021).

Aquaponik är en blandning av hydroponik och fiskodling, där fiskarna avfall används för näringsrik gödning till växterna (Chole et al, 2021). Samtidigt bidrar växterna med att rena vattnet som återcirkuleras till fiskodlingen.

De jordfria systemen kan även delas in i slutna och öppna system (Goddek et al, 2019). I ett slutet system samlas den näringslösning som inte tas upp av växterna in och går tillbaka ut i systemet men i det öppna systemet återvinns inte näringslösningen. Det återcirkulerande systemet bidrar till en minskning av vatten och näringsförbrukning och möjliggör även att man kan mäta hur mycket näring och vatten som växterna tar upp (Kozai et al, 2019).



**Figur 4** .Hydroponiska system. 1. NFT, 2. DWC, 3.Ebb and flow, 4. Drip Hydroponik, 5. Wick hydroponik, 6 Aeroponik, 7. Aquaponik. Källa: Pauline Wengelin

#### 4.2.1.2 Vatten och näring i vertikal inomhusodling

Den mängd vatten som minimalt behöver tillföras odlingar på Ljusekulla idag genom regn eller bevattning är, enligt arrendatorn (Nilmarksson, 2021) 150 mm/år. Eftersom ytan som undersöks är 55 ha innebär detta att nödvändig årlig vattenmängd på 82500 m<sup>3</sup>. Endast 2-5 % av det vatten som tas upp av växten stannar i växten och resten avdunstar, transpireras (Andersson et al, 2015) vilket gör att det krävs ett stort genomflöde av vatten. Teoretiskt när ett ton vete eller korn torrsvikt odlas förbrukas 400 m<sup>3</sup> (Andersson et al, 2015) och enligt tabell 3 skulle veteodling på alla 55 ha ge en skörd på ca 485 ton friskvikt vilket motsvarar 412 ton torrsvikt. Detta innebär en vattenförbrukning på ca 165 000 m<sup>3</sup>/år vilket är dubbelt så mycket som angivits av arrendatorn. En förklaring till detta skulle kunna vara att den aktuella jordens vattenhållande förmåga är god.

De företag som med vertikal inomhusodling som undersökts hävdar att de använder 1-10 % av det vatten som behövs motsvarande frilandsodling. Det finns ett antal rapporter om jämförelse av water use efficiency (WUE) mätt i g färskvikt/l H<sub>2</sub>O mellan friland och vertikal inomhusodling. Vissa hävdar att WUE ligger mellan 45-80 g för vertikal inomhusodling medan det ligger på 3-20 g för frilandsodling för sallad (Orsini(a) et al, 2020; Orsini(b) et al, 2020). Detta skulle innebära att frilandsodling av sallad som mest förbrukar ca 27 gånger mer vatten än odling av sallad i vertikal inomhus odling. Andra hävdar att vattenbesparingen är betydligt större än så och visar siffror på 210 l/kg färskvikt för frilandsodling jämfört med 1 l/kg färskvikt för vertikal inomhusodling presenteras (O'Sullivan, 2019). Dessa siffror påverkas av en mängd olika faktorer som t ex mängden vatten som återvinns från transpiration i den vertikala odlingen, hur lufttät den vertikala odlingen är, vad som odlas och om odlingsystemet är hydroponiskt eller aeroponiskt där aeroponiska system förbrukar minst vatten (Kozai et al, 2019). Dessutom påverkar t ex väder- och markförhållanden vid frilandsodlingen.

Vid vertikal hydroponisk odling tillsätts all näring genom vattnet och anpassas efter t ex vad som odlas, vilket tillväxtstadium grödan är i, vilket substrat som används och vilka kvaliteter som ska uppnås i grödan (Kozai et al, 2019). Näringslösningen ska innehålla alla ämnen som är väsentliga för grödan och ska finnas i jonform i rätt koncentration. Lösningen ska inte innehålla några patogener och pH-värdet bör ligga på 5,5-6,5. Både jonkoncentrationen och pH-värdet bör inte variera mycket under odlingstiden och näringslösningen ska innehålla tillräckligt med syre och ha lämplig temperatur för att rötterna ska kunna ta upp vatten och näring.

#### **4.2.1.3 Ljus i vertikal inomhusodling**

Odling inomhus utan tillgång till naturligt ljus, innebär att ljus behöver appliceras artificiellt (Urrestarazu et al, 2018). I vertikala odlingar där flera lager staplas på varandra, behöver ljus även tillsättas i varje lager. En ljuskälla som avger mindre värme är därför att föredra i dessa odlingar, då värme kan innebära höga kostnader för nedkylning. För mycket strålningsvärme på nära håll kan också orsaka skador på grödorna som t ex tipburn på sallad (Kozai et al, 2019). Eftersom LED belysning är mer energieffektiva än andra jämförbara växtbelysningar avger de mindre värme (Urrestarazu et al, 2018). Genom att använda LED belysning kan även ljusspektrat för varje gröda skraddarsys. Detta har även tidigare gått att göra med annan ljus teknik som lysrör och High Pressure Sodium Light (HPS), men valet av variationer i ljusspektra har där varit begränsad. Med LED belysning kan man optimera ljusspektrat för varje gröda och därmed dels få en lägre energikostnad men även förbättra grödans kvalité och produktivitet. Ett optimerat ljusspektrum gör även att ljusintensiteten kan sänkas vilket bidrar till att mindre värme avges från belysningen.

#### **4.2.1.4 Hur används CEA i vertikal inomhusodling?**

CEA innebär att odling sker i en kontrollerad miljö där tillväxtförhållandena för de olika grödorna optimeras med olika tekniska lösningar (Shamshiri et al, 2018). Odlingen bedrivs i ett slutet system där resursanvändningen som t ex vatten, energi och näring styrs och regleras utifrån växternas behov. En av de miljöer där CEA fungerar bra är i vertikala inomhusodlingar

eftersom många resurser kan optimeras och styras. Det finns även system som försöker öka möjligheten till kontroll genom att undvika öppna volymer mellan de vertikala systemen med grödor genom att ha separata, helt slutna, klimatmoduler enbart runt grödorna (Vertical Farm Systems, 2021). Dessa system kan göras betydligt tätare än om en byggnad används som skal runt hela odlingen inklusive hanteringsytor. Även energiförbrukningen minskar eftersom luftvolymen vars temperatur ska styras är betydligt mindre. Nackdelen är att investeringskostnaden ökar. Även andra odlingssystem kan omfattas av CEA men vid vertikal odling kan t ex även ljus styras väldigt detaljerat vilket är svårt i ett växthus eller en tunnel (Shamshiri et al, 2018). Målet med att kontrollera och styra de olika resurserna noggrant är att optimera skörden på olika sätt t ex vad gäller kvantitet, kvalitet, smak och utseende samt skapa en växtproduktion som är stabil över tiden (O'Sullivan et al, 2019).

Många parametrar kan avläsas kontinuerligt för att kunna optimera mikroklimatet i odlingen t ex temperaturen på olika ställen i odlingen som i luften, i näringslösningen, på bladen eller rotzonen (Shamshiri et al, 2018). Andra reglerbara variabler är luftflöde, relativ fuktigheten, CO<sub>2</sub>, näringskoncentration med avseende på olika ämnen och näringslösningens pH. Slutligen är en av de viktigaste parametrarna ljuset som kan styras och varieras vad gäller t ex intensitet, spektrum och tid. De odlingar som tillämpar CEA kan göra detta till 100% i slutet system med digital styrning av allt från ljus till vatten och ventilation eller på en lägre nivå där endast vissa parametrar styrs digitalt. Vilka beslut som fattas om vad som är lämpligt att styra i en kommersiell odling och på vilken nivå avgörs slutändan av vad som blir mest ekonomiskt gynnsamt (O'Sullivan et al, 2019). De tre viktigaste utmaningar för CEA, enligt Shamshiri et al, är till vilken nivå energihushållningen kan automatiseras, hur miljöpåverkan kan minskas och hur användningen av naturresurserna kan effektiviseras.

Det finns en hel del forskning vad gäller automatisering av processerna i en inomhusodling , växtkulturers behov och vad som är viktigt i den omgivande miljöns mikroklimat samt även för kombinationer av dessa tre (Shamshiri et al, 2018). Men ju mer indata det finns och ju fler interaktioner som är kartlagda desto bättre blir beslutsunderlaget och desto viktigare blir det att sofistikerade system för beslut (Shamshiri et al 2018; Ouammi et al 202). De system som alltmer används för att mäta och styra är molnbaserade Internet-of-Things (IoT) system vilket har medfört att möjligheten att kommunicera och centralisera information och mätdata har ökat markant. IoT har också ökat möjligheten fastställa växternas tillstånd att förstöra dem. Det har även medfört att det går att analysera mycket stora mängder data från olika växthus och för olika grödor för att skapa kunskap och adaptivt justera algoritmer. Stegen för automatiserat dataflöde i en modern vertikal odling kan se ut som i tabell 9 (Shamshiri et al, 2018).



**Tabell 9.** Beskrivning av exempel på dataflöde i en modern vertikal inomhusodling.

Aktivitet	Beskrivning
Datainsamling	Via sensorer som kan men inte behöver vara trådlösa
Dataöverföring till moln	Molnet är en del i IoT plattformens nätverk
Överföring till central CPU	Insamling av data från hela vertikala odlingen eller flera odlingar
Databehandling	Data behandlas och omvandlas t ex vad gäller enheter.
Beslut	Styralgoritmer som enligt strategier reglerar vilka parametrar som ändras utifrån mätta parametrars värde och kombinationer och utifrån t ex vilken gröda det är och vilken tillväxtfas den är i.
Regleråtgärd	Ändra de parametrar som påverkar miljön på det sätt som önskas.

Källa: Shamshiri et al, 2018

Den explosiva utvecklingen inom bildbehandling och artificiell intelligens (AI) som drivits t ex genom utvecklingen mot självstyrande bilar har skapat förutsättningar för att använda liknande teknik även inom andra branscher som t ex odling och medicin (Bong-Hyun & Joon-Ho). Utvecklingen har gått snabbt framåt t ex vad gäller bildbehandling och tolkning av bilder genom olika modeller för maskininläring vilket även möjliggör utveckling inom odling. Den förbättrade bildbehandlingen och maskininläringen gör det möjligt att avläsa växternas tillstånd med hjälp av kameror och justera omgivningen utifrån dessa. Övervakning av många olika parametrar i växtmiljö har underlättats av IoT plattformarna. AI gör det teoretiskt möjligt för systemen att lära sig utifrån de stora mängder mätdata som och skapa adaptiva algoritmer för (Shamshiri, 2018). Möjligheterna att utveckla och förbättra odlingen vad gäller avkastning, smak, kvalitet med hjälp av den här typen av verktyg är teoretiskt sett oändlig men hur mycket det kan förbättra utfallet av t ex skörd är fortfarande svårt att säga men utvecklingen av konceptet pågår.

De parametrar man använder för att praktiskt reglera det optimala mikroklimatet på en viss plats i odlingen är passiv och aktiv ventilation, kylning och avfuktning, uppvärmning, bevattning samt anpassning av ljus (Shamshiri et al, 2018). I traditionella växthus görs det sistnämnda oftast med skuggväv men i vertikal odling kan detta göras med mycket högre precision p g a LED-lamporna som nu kan styras mer individuellt och automatiskt.

#### 4.2.1.5 Energiåtgång i vertikal inomhusodling

Energiåtgången i en vertikal inomhusodling är en mycket viktig parameter för att avgöra hur hållbart och ekonomiskt ett sådant odlingssystem är. Den största energikonsumtionen står belysningen för, ca 80%, och därefter kommer värme, ventilation och kylning, ca 16% (Kozai et al, 2019). Hur stor åtgången är bestäms av ett antal olika parametrar som t ex vad som odlas, vilken typ av LED-belysningen som används, hur belysningen styrs, hur tät byggnaden är, hur mycket energi som kan återvinnas ur byggnaden och vilken utomhustemperatur som råder. Exempel från försök gjorda i Stockholm i oktober 2020 visar att energiåtgången är 19 kWh/kg sallad där 71 % härrör från belysning, 16% från värme/kyla och 7 % från ventilation samt 6 %

övrigt (Malik, 2020). Stora odlings- och utrustningsföretag som Saanan Sino-Science hävdar att deras system förbrukar 8 kWh/kg färsk sallad medan övriga företag som undersökts i detta arbete inte nämner några siffror alls. Detta kan jämföras med t ex förbrukningen för svenska växthusodlade tomater som förbrukar 7,8 kWh/kg tomat (Möller-Nielsen, 2008). Ytterligare ett faktum som kan vara intressant att notera är att svensk växthusodling till 68% är försörjd med förnyelsebar energi.

För att få en indikation på hur detta påverkar lönsamheten kontrollerades nuvarande priser för fjärrvärme och el för företag i södra Sverige på E.o.N:s hemsida. Tabell 10 visar en grov uppskattning av fjärrvärmekostnad och elkostnad exklusive moms. Det är svårt att få fram exakta siffror eftersom varje företagskund ofta har ett unikt avtal (E.o.N Fjärrvärme, 2021; E.o.N El, 2021; Elskling, 2021). Tillämpas priserna för Q4 och Q1 på exempelodlingen i Stockholm (Malik, 2020) blir fjärrvärme respektive elkostnaden grundat på 19 kWh/kg sallad 14,36 kr respektive 3,04 per kg bladgrönt (se tabell 10). Totala energikostnaden för detta skulle i så fall bli 17,4 kr/kg bladgrönt exklusive moms. Tittar man på exemplet från Sanaan Sino-Science på 8 kWh/kg bladgrönt och använder samma fördelning värme/el blir den totala energikostnaden 7,33 kr/kg exklusive moms. Detta enkla räkneexempel tar inte hänsyn till att det också utgår en fast elavgift per månad.

**Tabell 10** Avgifter fjärrvärme och el södra Sverige i SEK/kWh exklusive moms. Fast elavgift 1590 kr/mån.

Kostnad	Fjärrvärme Q4/Q1	Fjärrvärme Q2/Q3	El
Handelsavgift/kWh	0:44	0:15	0:37
Elnät (63 A)	-	-	0,17
Energiskatt	0:36	0:36	0:36
Totalt kostnad/kWh	1:00	0:51	0:90
Kostnad/kg bladgrönt	Fjärrvärme (kr/kg)	Fjärrvärme (kr/kg)	El (kr/kg)
Exempel Stockholm MSc - 19 kWh/kg	3:04	1:55	14:36
Exempel Sanaan Sino-Science - 8kWh/kg	1:28	0:65	6:05

Källa: E.o.N, 2021 och Elskling, 2021.

Framräknad kostnad ska då jämföras med kiloprisk exklusive moms på t ex mache och ruccola som betingar ett pris i plastförpackning på 159:60 kr/kg respektive 199:60 kr/kg exklusive moms (Coop, 2021).

Att analysera skillnad i klimatpåverkan av vertikal odling jämfört med konventionell frilandsodling t ex i utsläpp av koldioxidekvivalenter är ett komplicerat arbete som förmodligen kräver livscykelanalyser (LCA) (SLU, 2016). Detsamma gäller jämförelse med växthus och takväxthus. Detta är ett svårt och stort område med komplicerade avgränsningar och många parametrar som spelar in. För livscykelanalyser för byggnader finns metodik framtagen av Svenska Miljöinstitutet på uppdrag av Boverket och Naturvårdsverket (IVL, 2020). För en jämförelse enligt den metodiken skulle LCA-metoden för byggnader, som

inbegriper både material, byggskede, drift och slutskede, behöva kompletteras med bidraget från odlingarna på något sätt. En sådan analys är i princip ett nytt examensarbete som skulle kunna göras när en eventuell konstruktion är gjord. Med andra ord kommer inte någon analys eller kommentar i dessa frågor att göras i denna uppsats även om den är väldigt intressant och viktig.

#### **4.2.1.6 Fördelar och nackdelar med vertikala odlingar inomhus**

När man flyttar odlingar inomhus till en vertikal odling innebär det att saker som ljus, vatten, CO<sub>2</sub> och utrymme som finns naturligt utomhus istället blir en kostnad inomhus (Banerjee & Adenaeuer, 2014). Investeringskostnader för exempelvis strukturer, odlingssystem, automatisering men också för personal och energi till artificiellt ljus och klimat kontroll bidrar med kostnader. Odlingar utomhus är däremot direkt påverkade av miljön den befinner sig i, där väderförhållanden kan påverka grödornas kvalitet och storlek på skörden, vilket kan resultera i varierande leveranser (Kozai et al, 2019). Genom att flytta odlingen inomhus möjliggör man odling året runt och påverkas inte heller av miljön utomhus (Banerjee & Adenaeuer 2014; Birkby 2016). Odlingen kan på så sätt skyddas från olika väderförhållanden, skadedjur eller sjukdomar som finns utomhus. Inomhus kan man istället ge grödorna optimala odlingsförhållanden som ökar skörden och användningen av bekämpningsmedel kan reduceras eller elimineras helt. Användningen av traktorer och maskiner som vanligtvis används vid odling utomhus kan även minskas eller elimineras då man flyttar odlingen inomhus, vilket i sin tur minskar förbränningen av fossila bränslen.

Eftersom de vertikala inomhus odlingarna varken kräver solljus eller jord kan de placeras nästan varsohelst, detta öppnar upp möjligheten att placera odlingen i eller nära urbana områden (Kozai et al, 2019). Genom att placera odlingen i eller nära urbana områden, kan transportsträckorna kortas ner vilket i sin tur leder till reducerad bränsleåtgång för transport och nedkylning, minskade koldioxidutsläpp och mindre matsvinn av färska produkter. Hur stor andel av koldioxidutsläppen som transportererna utgör är väldigt varierande och beror t ex på hur odlingarna värms upp, hur elenergin produceras och hur mycket gödning som används (Högberg, 2010). Konsumenten får tillgång till färska produkter och mellanhänder kan reduceras eller tas bort vilket förenklar försörjningskedjan. De vertikala odlingarna skapar även nya arbetstillfällen inom städerna för flera olika yrkesgrupper som teknik, konstruktion, underhåll, biokemi, bioteknik, programvaruutveckling, forskning och utveckling (Benke & Tomkins, 2017).

Den vertikala odlingen ger även en högre produktivitet per m<sup>2</sup> genom att använda utrymmen uppåt som exempelvis placera flera lager på varandra vilket är en stor fördel jämfört med traditionellt jordbruk, där endast den horisontella ytan används (Banerjee & Adenaeuer, 2014). Detta gör att arealen på odlingsytan ökar utan att ta mer mark i anspråk. Däremot är kostnaden för mark eller lokaler i urbana områden höga, för att minska kostnaden kan odlingen placeras i exempelvis övergivna industrilokaler eller mindre attraktiva områden (Birkby, 2016).

De grödor som främst odlas i vertikala inomhusodlingar idag är bladgrönt, sallat, örter och mikrogrönt (Urrestarazu et al, 2018). För en kommersiell vertikal odling är dessa grödor mer lönsamma då de är snabbväxande och ger en hög avkastning (Chole et al, 2021). Grödor som däremot inte är lika lämpliga för kommersiell odling i dagsläget är exempelvis basgrödor som ris, vete, majs och potatis, träd och energigrödor som raps. Detta för att de bland annat kräver stora arealer och har en längre tillväxtcykel (Kozai et al, 2019). Grödor som kräver pollinering kan även bidra med en extra kostnad i dessa odlingar då insekter stängs ute, vilket leder till att pollinering behöver ske för hand (Birkby, 2016). Däremot finns stora möjligheter att odla fler typer av grödor kommersiellt i framtiden med hjälp av forskning. Förutom rotsaker, frukt, bär och fruktbärande grönsaker pågår även forskning där man undersöker möjligheten att odla spannmål, t ex vete, som ett alternativ för vertikal odling (Asseng et al, 2020).

En stor fördel med vertikal inomhusodlingar jämfört med friland är den minskade förbrukningen av vatten och näring. Detta uppnås genom användning av de återcirkulerande jordfria systemen som hydroponik, aeroponik eller aquaponik (Benke & Tomkins, 2017). En nackdel med dessa system är däremot att växter som odlas i jordfria system idag inte kan marknadsföra sig som ekologiska enligt EU:s regler, då produktionen måste ske i naturlig jord (Europeiska kommissionen, 2021).

## 4.2.2 Odlingsföretag 4

För att förstå vilken typ av system som kan användas för att kunna ersätta odlingsbarheten och i vilken omfattning detta görs på andra ställen idag har en sammanställning av odlingsföretag som bedriver vertikal odling inomhus tagits fram. De parametrar som undersökts är de som angetts under metod och material. Företagen och de data som tagits fram för respektive företag presenteras i tabell 1-4 nedan; företagsfakta (1), odlingssystem (2), teknologi (3) och odling (4). Sammanfattningen innehåller tolv odlingsföretag som har minst en facilitet där de bedriver vertikal odling i stor skala i en tekniskt avancerad kontext. Dessutom har två företag som inte bedriver egen odling men levererar system för storskalig odling inkluderats men för dessa har endast parametrar om odlingssystem och odlingen inhämtats. Stor skala har i detta fall definierats som mer än 100.000 kg/år. Källorna som använts för företagssammanställningen anges i referenser under rubriken företagsdata.

Ett antal av de parametrar som undersöktes enligt metod och material har tagits bort från sammanställningen för att kunna göra den mer överskådlig och tydlig. Detta har gjorts i de fall där parametrarna antingen inte har gått att ta reda på eller där svaret är detsamma för samtliga företag. I dessa fall omnämns resultatet i den löpande texten.

### 4.2.2.1 Företagsfakta

En sammanställning över företagsfakta för de olika företagen visas i tabell 11. De parametrar som presenteras är investerare, antal anställda, odlingsprodukter och försäljningskanaler. Förutom dessa undersöktes även antal odlingar, affärssystem, omsättning och expansionsplaner. Antal odlingar har tagits bort eftersom denna information i många fall visat sig vara osäker och att en del företag angav produktionsenheter som inte kunde bekräftas. Även

parametern affärssystem har tagits bort då det visade sig svårt att få tag i information om vilka system som användes. Syftet med denna parameter var att få en indikation på hur utvecklat och ekonomiskt starkt konceptet och företaget är och hur väl logistik och ekonomiprocesser fungerar. Ett undantag finns och det är det tyska företaget and-ever, som använder sig av ERP-systemet (Enterprise Resource Planning) SAP som är en av de mest kända och största globala ERP-leverantörerna. De båda företagen samarbetar kring utvecklingen av and-evers produktionsenheter och båda parter gör reklam för samarbetet. Uppgifter om omsättning har också varit i princip omöjliga att få tag på då samtliga företag vi undersökt är privatägda och onoterade. Undantaget är Aerofarms som börsnoterades på Nasdaq i april, 2021.

**Tabell 11.** Företagsfakta om odlingsföretag och leverantörer av odlingsystem

FÖRETAGSFAKTA - ODLINGSFÖRETAG				
Företag/Land/Startår	Investerare	Anställda	Odlingsprodukter	Försäljningskanaler
<b>AeroFarms</b> USA, 2014	Totalt: \$238 milj USD Privatägt -WHEATHSHEAF, - MissionPointCapital -IKEA -Goldman Sachs m fl	150+	-Bladgrönt -Mikrogrönt -Sallat -Örter	-Livsmedelsbutiker under eget varumärke, <i>Dream greens</i> . -Restauranger
<b>and-ever GmbH</b> Tyskland, 2018	Ingen uppgift	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Mikrogrönt -Örter	-Butiker -Restauranger, Kuwait.
<b>Bowery Farming</b> USA, 2015	Totalt: \$172,5 milj USD Privatägt -Temasek -GV (fd Google Ventures) -General Catalyst m fl	224	-Bladgrönt -Sallat -Örter	-Butiker 650+ -Ansvarar för hela logistiken in till butikens hyllor.
<b>ElevateFarms</b> Canada, 2018	Totalt: \$11,8 milj USD -North Star Agriculture -Brightspark Ventures	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Sallat -Örter	-Pick-up -Privatpersoner
<b>Grönska Stadsodling AB</b> Sverige, 2014	-GLD invest \$ 0,6 milj USD -Vinnova \$ 0,24 milj USD -Bidrag från Naturvårdsverket och Jordbruksverket \$ 0,3 milj USD	13	-Bladgrönt -Örter	-Butiker
<b>Jones Food Company</b> Storbritannien, 2016	-Ocado \$23,9 milj USD (70%)	11 + 6 (för att köra odlingen)	-Bladgrönt -Örter -Fruktbärande	-On-line butik livsmedel, Ocado.
<b>PlantLab</b> Nederländerna, 2005	-De Hoge Dennen Capital \$ 24,29 milj USD 2020	-60 (NL) -30-70 (Odling USA)	-Bladgrönt -Sallat -Örter -Tomater -Gurka	-USA i butiker under egna varumärket Uplift.
<b>Plenty</b> USA, 2018	Totalt: \$548 milj USD Varav Softbank och Driscoll \$140 milj USD	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Örter -Ätbara blommor	-Butiker 400+ -Restauranger

	2020.		-Jordgubbar -Tomater	
<b>Sanaan Sino-Science Photobiotech</b> Kina, 2015	Ingen uppgift	130+ vid R&D (4 platser)	-Bladgrönt -Fruktbärande -Medicinalväxter	-Butiker -Restauranger
<b>Spread</b> Japan, 2007	Ingår i Earthside corporation.	150+	-Sallat (3 sorter)	-Butiker under märket Vegetus.
<b>YesHealthGroup</b> Taiwan, 2013	Totalt: \$15 milj USD	150+	-Bladgrönt -Sallat -Örter -Groddar	-Butiker -Restauranger
<b>80 Acres farms</b> USA, 2015	Totalt: \$40 milj USD -Orange Wings Capital -Virgo Investment Gr -QuietStar Capital JV med Priva/Ocado i Infinite Acres	170	-Bladgrönt -Mikrogrönt -Sallat -Örter -Fruktbärande	-Butiker -Restauranger -Pick-up

#### 4.2.2.2 Odlingssystem

När det gäller tabell 12, företagens odlingssystem, innehåller tabellen uppgifter om vilken typ av odlingssystem företagen har, om det är modulärt, skalbart och helt automatiserad från frö till och med skörd samt vilket medium och vilken näring som används. De flesta företagen odlar i hydroponiska system och ett fåtal i aeroponiska eller i hybridsystem. En fördel med aeroponiska system jämfört med hydroponiska ur byggnadssynpunkt är att de aeroponiska behöver mindre mängd vatten vilket kan påverka systemets vikt radikalt (Raviv et al, 2019). Många av systemen bygger på självständiga skalbara moduler vilket är en fördel vid uppbyggnad i etapper. När det gäller medium är det många som inte anger någon uppgift förutom de som har någon form av patenterat medium som t ex Aerofarms eller återanvändbart medium som t ex Plenty. Ett annat unikt exempel är YesHealthGroup som använder ett komposterbart substrat av organiskt material som är ätligt och löser upp sig i slutet av cykeln. Troligen är det så att många inte riktigt har någon bra, hållbar lösning här vilket gör att man inte marknadsför mediumet. Detsamma gäller näring där endast ett fåtal företag anger att de arbetar med egentillverkad eller återvunnen näring från antingen den egna anläggningen som t ex YesHealthGroup eller med indirekt återvunna matrester via behandling i biogasanläggning som Grönska Stadsodling AB.

De parametrar som tagits bort ur sammanställningen är bekämpningsmedel, antal sorter som kan odlas, vatten och tid sådd-skörd. Samtliga företag anger att de inte använder bekämpningsmedel. Samtliga säger också att de har återcirkulerande system för vatten men specificerar oftast inte hur de behandlar rening av vattnet i det återcirkulerande systemet. Även detta kan tolkas som att det inte finns några unika lösningar inom områdena.

Tiden från sådd till skörd togs bort då det inte alltid var tydligt vilken typ av gröda företagen angav detta för. Detta gör en sådan jämförelse irrelevant. Antal sorter som kan odlas bedömdes inte som intressant eftersom många företag hade stort antal grödor som inte odlades i stor skala

vilket var det primära intresset för arbetet. Däremot kan det noteras att många företag bedriver seriösa, långsiktiga försök med både rotsaker, frukter, bär och frukt bärande grönsaker. Dock har det inte belagts att detta odlas i produktion i samma stora skala som bladgrönt, kryddor och andra gröna grödor. Det finns exempel på företag, t ex 80 acres, som t ex säljer gurka, tomat och liknande men det har inte varit möjligt att avgöra skalan på försäljningen av dessa grödor. Många företag betonar att de kan, har och kommer att odla och sälja från ett bredare sortiment i framtiden. Ett exempel på detta är AeroFarms som säger sig kunna odla 400 olika sorter men utifrån den data som är tillgänglig så är antalet parallella grödor i systemet i storleksordningen ca 3-20 för de flesta företag inklusive AeroFarms och då är huvuddelen av dessa grödor bladgrönsaker och kryddor.



**Figur 5** Plentys odling Tigris med ZipGrowsystem. Källa: Plentys presskit Fotograf: Spencer Lowell

**Tabell 12** Fakta om företagens odlingssystem

<b>ODLINGSSYSTEM - ODLINGSFÖRETAG</b>				
<b>Företag</b>	<b>Odlingssystem</b>	<b>Konstruktion</b>	<b>Medium</b>	<b>Näring</b>
<b>AeroFarms</b> USA, 2014	-Aeroponik	Modulsystem som kan skalas.	Patenterat tygmedium tillverkat av PET. Återanvändbart.	Ingen uppgift
<b>and-ever GmbH</b> Tyskland, 2018	-Aeroponik -Hydroponik	Modulsystem som kan skalas.	Patenterat hydromembran (Dryponics). Återanvändbart.	Ingen uppgift (60% av näringen jämfört med friland)
<b>Bowery Farming</b> USA, 2015	-Hydroponik	Ingen uppgift	Torv	Ingen uppgift
<b>ElevateFarms</b> Canada, 2018	-Hydroponik	Skalbar modul	Ingen uppgift	Ingen uppgift
<b>Grönnska</b>	-Hydroponik	Vertikala, enkla racks	Kokosfiber	Återvinning av matsvinn

Sverige, 2014		av lagertyp.		i biogasanläggning
<b>Jones Food Comp.</b> Storbritannien, 2016	-Hydroponik (ebb och flod)	Modulsystem som kan skalas upp.	Ingen uppgift	Ingen uppgift
<b>PlantLab</b> Nederländerna, 2015	-Hydroponik	Modulsystem PPU (plant production unit) som kan skalas upp.	Ingen uppgift	Ingen uppgift
<b>Plenty</b> USA, 2018	Hybrid Aeroponik/Hydroponik (NFT)	Hängande paneler från tak. Kan förlängas och läggas till.	Återanvändbart medium i panelerna (93% luft) för att hålla pluggplantorna på plats i Zipgrow.	Ingen uppgift
<b>Sanaan Sino-Science</b> Kina, 2015	-Hydroponik - (NFT/DWC)	Radix - mindre moduler Uplift - moduler för helautomatisk drift.	Bilder visar trådigt, luftigt vitt material i pluggarna.	Egen lösning på näring enligt hemsidan.
<b>Spread</b> Japan, 2007	-Hydroponik	Modulsystem som kan skalas upp.	Ingen uppgift	Ingen uppgift
<b>YesHealthGroup</b> Taiwan, 2013	-Hydroponik	Modulsystem som kan skalas upp	Komposterbart substrat av organiskt material som är älligt och löser upp sig själv i slutet cykeln.	Eget gödningsmedel tillverkat delvis från rötterna i odlingen. Använder även flytande mikrobiell näring av sojamjolk och ostronskal.
<b>80 Acres farms</b> USA, 2015	-Hydroponik	Fullt automatiserad moduler, grow zones, som kan skalas upp.	Hydrocubes - kokosfiber och torv.	Satsar på att i framtiden skapa ett eget naturligt gödselmedel.

#### 4.2.2.3 Teknologi

Den tredje kategorin är vilken teknologi företagen använder och de parametrar som finns med i tabell 13 är kontrollmjukvara (för automatisk styrning av odlingsförutsättningar), artificiell intelligens (för datahantering, inlärning och framtagning av börvärden), energiförsörjning/energiåtgång och om hela processen från sådd till skörd är automatiserad. Den sista parametern lades till eftersom företagen definierade automatiserad process väldigt olika. För att dessutom få klarhet i vilka företag som även kan tänkas sälja sina system och koncept för ett eventuellt framtida projekt har parametern försäljning av utrustning tagits med. Denna försäljning kan ske enligt olika affärsmodeller som nyckelfärdig fabrik, nyckelfärdig odlingsenhet, konsultverksamhet till egen projektering och ibland även inkludera driftstöd.





**Figur 6** Plentys anläggning Tigris automatiserad anläggning i Kalifornien. Källa: Plentys presskit.  
Fotograf: Spencer Lowell.

Kontrollmjukvaran är oftast helt egenutvecklad förutom för and-ever som tagit fram sin i samarbete med SAP precis som för affärssystemet. Samtliga företag anger att de arbetar med AI men vad detta innebär i de specifika fallen är relativt oklart. Många av företagen har sökt eller fått godkänt på patentansökningar och anser sig ha unik teknologi inom framför allt LED (t ex and-ever, Spread och JFC) men även inom odlingsmedium (AeroFarms, and-ever och Plenty). Plenty har dessutom ett vertikalt system som inte består av horisontella hyllplan utan av hängande enheter från tak till golv. Energiförsörjning och energiåtgång, som borde vara väldigt intressanta för att profilera företaget som miljövänligt, har varit väldigt svårt att hitta fakta om. Undantagen är Nordic Harvest, 80 acres och Plenty som alla säger sig endast använda förnybar energi. Uppgift om energiåtgång har bara hittats för ett företag, Sanaan-Sino-Science, som uppger att 1 kg bladgrönt förbrukar 8 kWh.

Den parameter under kategorin teknologi som tagits bort i tabellen är belysning eftersom alla odlingar utom en anger att de använder LED (undantaget är Spreads anläggning från 2007). Företagen har dock specialiserat sig och trycker på olika delar av LED-teknologin. Vissa arbetar i samarbete med stora LED-företag som Signify, Heliospectra, Phillips och Current by GE och andra använder standard LED. De som specifikt arbetar med utveckling av belysningskonceptet trycker på olika tekniska delar av utvecklingsarbetet som minimerad energiåtgång, minimerad investeringskostnad och möjlighet till optimerade ljusrecept för olika grödor.

**Tabell 13** Fakta om om odlingsföretagens teknologi.

TEKNOLOGI - ODLINGSFÖRETAG					
Företag	Control SW/AI	Unik teknologi /Patent	Energiförsörjning /Energiåtgång	Försäljning av utrustning	Automatiserat sådd - skörd
AeroFarms USA, 2014	Egenutvecklat	-Patent "Apparatus and method for growing"	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift

		inkl odlingsväven.			
<b>and-ever GmbH</b> Tyskland, 2018	SAP/Hana cloud	-Odlingsväv- "Dryponics" -LED-samarbete med Signify	Ingen uppgift	Ja	Ja
<b>Bowery Farming</b> USA, 2015	Bowery OS	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift
<b>ElevateFarms</b> Canada, 2018	Egenutvecklat med Intravision Group	-GravityFlow system	Ingen uppgift	Ja - komplett modul/byggnad	Ja.
<b>Grönska Stadsodling AB</b> Sverige, 2014	Butikssystemet GrowOff säljs styrning	-Odlingsbricka patenterad -Förvärv BonBio - näring från matsvinn	Ingen uppgift	Nej	Nej
<b>Jones Food Company</b> Storbritannien, 2016	Egenutvecklat	-36 pat. ansökningar - LED utvecklade med Current by GE (Arize)	Mål att använda förnybara källor.	Ingen uppgift	Ingen uppgift
<b>PlantLab</b> Englewood, Indiana, 2020	Egenutvecklat	-Reglering av temperatur i rötter och substrat. - Reglering av evaporation och temperatur i grödans blad. -Egenutvecklad LED -74 godkända patent.	Ingen uppgift	Ja via licens.	Ingen uppgift.
<b>Plenty</b> Tigris, Kalifornien, 2018	Egenutvecklat	-Zipgrow	Endast förnybar	Nej. Kanske i framtiden.	Ja
<b>Sanaan Sino-Science</b> Kina, 2015	PlantKeeper för styrning av odlingsklimat.	-LED-lösning -Vattencirkulationen i hörnprofilerna -Närings -Odlingsbrickorna 86 patent godkända	8 kWh/kg bladgrönt	Ja. Systemet för stordrift, Uplift, säljs i storlek 5-20000 m2.	Uplift är helt automatiserat och obemannat.
<b>Spread</b> Keihanna TechnoFarm, Japan, 2018	In-house	-Egenutvecklad LED med låg energiförbrukning	Ingen uppgift	Ja. Tre olika affärsmodeller.	Ja
<b>YesHealthGrowth</b> Nordic Harvest, Köpenhamn, 2020.	In-house	-Nanobubbel teknik -Naturligt gödningsmedel	Vindkraft	Ja	Ja
<b>80 Acres farms</b> USA, 2015	In-house	-Fullt automatiserade grow zones.	Vattenkraft	Ja. Via JV Infinite Acres.	Ja



**Figur 7** And-overs helautomatiserade anläggning i Kuwait. Odling sker i slutna klimatmoduler och även hantering utanför klimatmodulen är automatiserade. Källa: &-evers presskit.



**Figur 8** Transporter i Nordic Harvest anläggning i Köpenhamn med AGV (automated guided vehicles för interna transporter). Källa: Nordic Harvest presskit.

#### 4.2.2.4 Odlingsparametrar

Slutligen har fakta om odlingarna tagits fram, som storleken på skörd, byggyta, odlingsyta, antal odlingsnivåer i enheten, se tabell 14. Detta för att kunna dra slutsatser om vad som kan anses vara en rimlig skörd per kvadratmeter och kubikmeter. Siffrorna härrör från företagssiffror för specifika odlingsenheter och inte för företaget som helhet eftersom parametrarna varierar med produktionsenhet. För de jämförda skördarna odlas nästan enbart gröna grödor i form av bladgrönt, mikrogrönt, sallad och örter. Parametern minsta modul som fanns med från början har tagits bort eftersom företagets definition på modul var olika. I kategorin odlingsparametrar har fokus varit att försöka få fram så trovärdiga siffror som möjligt på vilken skörd som kan uppnås i en odlingshubb för att kunna ersätta dagens odling.

**Tabell 14** Fakta om företagens odlingsparametrar

ODLINGSPARAMETERAR - ODLINGSFÖRETAGEN							
Företag/site	Skörd (kg/år)	Byggyta (m <sup>2</sup> )	Odlingsyta (m <sup>2</sup> )	Eff odl.yta (m <sup>2</sup> )	Antal nivåer	Höjd Byggnad	Grödor
<b>AeroFarms</b> USA, 2014	900.000	6500	Ingen uppgift	Ingen uppgift	14	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Mikrogrönt -Sallat -Örter
<b>and-ever GmbH</b> Kuwait, 2019	200.000	1000	340	3000	9	10	-Bladgrönt -Mikrogrönt -Sallat -Örter
<b>Bowery Farming</b> USA, 2015	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Örter -Sallad
<b>ElevateFarms</b> Welland, Ontario, Canada	450.000	1860	450	Ingen uppgift	13 (kan ha 18)	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Sallat -Örter
<b>Grönska Stadsodling AB</b> Sverige, 2014	80.000 krukor/mån	900	Ingen uppgift	Ingen uppgift	5	Ingen uppgift	-Sallat -Örter -Mikrogrönt
<b>Jones Food Company</b> Scunthorpe, UK, 2018	420.000	5000	Ingen uppgift	Ingen uppgift	17	12	-Bladgrönt -Örter
<b>PlantLab</b> Englewood, USA, 2020	450.000	5000	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	-Sallat -Örter
<b>Plenty,</b> Tigris, USA, 2018	Ingen uppgift	8000	Ingen uppgift	Ingen uppgift	N/A	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Grönkål -Örter -Ätliga blommor
<b>Sanaan Sino-Science</b> Las Vegas, USA, 2018	2.500.000	5000	Ingen uppgift	Ingen uppgift	20	14	-Bladgrönt
<b>Spread</b> Kameoka, Japan, 2007	770.000 (300 sallatshuvud à 100 g/kvm/år)	2868	1800	25.000	12 resp 16	16	-Sallat
<b>Spread</b> Keihanna, Japan, 2018	1.100.000 (648 sallatshuvud à 100 g/kvm/år)	3950 (2 vån)	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	-Sallat
<b>YesHealth Group</b> Nordic Harvest 2021	200.000 (Q1) 1.100.000 (Q4)	7000	Ingen uppgift	Ingen uppgift	16	15	-Bladgrönt -Örter

<b>80 Acres farms</b> USA, 2015	Ingen uppgift	6500	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	-Bladgrönt -Sallat -Mikrogrönt -Örter -Fruktbärande (gurka, tomat)
<b>ODLINGSPARAMETRAR - ODLINGSSYSTEMSLEVERANTÖRER</b>							
<b>Intelligent Growth Solutions</b> Skottland, 2013	Två storlekar på system undersökts 4 odlingtorn - 138.240 20 odl.torn -691.200	4 torn-807 20 torn-1844	4 torn - 307 20 torn - 1244	Ingen uppgift	10	9	-Bladgrönt -Sallat
<b>Urban Crop Solutions</b> Belgien, 2014	- 5616 kg/år -359424 kg/år	Ingen uppgift	-En modul 86 m <sup>2</sup> -64 moduler 5504 m <sup>2</sup>	Ingen uppgift	4		-Sallat

#### 4.2.2.5 Odlingens ytbehov

5

6

Utifrån uppgifterna i tabell 14 för skörd och total byggnadsyta inklusive logistikytor är det tre odlingsföretag; and-ever, ElevateFarms och Spread, och ett utrustningsföretag, Intelligent Growth Solutions, där uppgifter finns om både total byggnadsyta inklusive logistik och hanteringsytor och odlingsyta. Detta innebär att byggytan innehåller samtliga processteg från inleverans av råvaror i form av frön till förpackad och packad grönsak. Sammanställning av dessa uppgifter syns i tabell 15 nedan. För ytterligare jämförelse har övriga företag lagts till för att få fler exempel på skörd/byggnadsyta då övriga företag endast lämnar uppgift om detta. Dessa syns i nedre delen av tabell 15. De företag där det inte finns uppgift om skörd och byggyta eller som inte tydligt i huvudsak odlar bladgrönt och sallat har inte tagits med. Dessutom har energiåtgången per kg undersökts och uppgifter om detta har hos Sanaan Sino Science angetts till 8 kWh/kg vilket är det enda företag av de undersökta som ger någon siffra på detta.

**Tabell 15** Skörd av bladgrönt i förhållande till byggyta och odlingsyta.

Företag	Byggyta (m <sup>2</sup> )	Odlingsyta (m <sup>2</sup> )	Antal nivåer/höjd	Skörd (kg/år)	Odlingsyta (%)	Skörd/byggyta (kg/m <sup>2</sup> /år)	Skörd/odlingsyta (kg/m <sup>2</sup> /år)	Uppskattad byggyta Ljusekulla (m <sup>2</sup> )
<b>Företag där uppgift finns om både byggyta och odlingsyta</b>								
and-ever	1000	340	9/10	200 000	34	200	588	25 500 (2,6 ha)
Elevate Farms	1860	450	13/7	450 000	24	241	1000	21 162 (2,1 ha)
Spread, Kameoka	2868	1800	14/14 <sup>1</sup>	770 000	63	268	428	19 029 (1,9 ha)
Spread, Technofarm	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Ingen uppgift	1 166 000 (uträknad)	Ingen uppgift	407 (uträknad)	648 (uträknad)	12 530 (1,2 ha) (uträknad)

Intelligent Growth Solutions (4 torns moduler)	807	307	10/9	138 240	38	171	450	29 825 (2,9 ha)
Intelligent Growth Solutions (20 torns moduler)	1844	1244	20/14	691 200	67	375	555	13 600 (1,4 ha)
<b>Företag som endast lämnat uppgift om byggyta</b>								
Aerofarms	6500	NA	NA	900.000	ca 50%	138	277	36 957 (3,7 ha)
Saanan Sino Science	5000	Ingen uppgift	20/12 <sup>2</sup>	2.500.000	Ingen uppgift	500	Ingen uppgift	10 200 (1,0 ha)
YesHealth Group Nordic Harvest	7000	Ingen uppgift	16/15	1.000.000	Ingen uppgift	143	Ingen uppgift	35 664 (3,6 ha)

<sup>1</sup>Antal nivåer och höjd är ett medel för de två odlingsmoduler som finns i denna vertikala inomhus odling.

<sup>2</sup>Höjden är beräknad utifrån uppgift om avståndet mellan två odlingsplan (Kozai, 2019). Beräkning grundad på att ett odlingsplan upptar 0,5 m inklusive hyllplanet och att tankar med näringslösning med 1,5 m står i golvnivå under odlingen.

Det man kan utläsa från denna sammanställning är att skörd/byggnadsyta för bladgrönt varierar mellan ca 140 kg/m<sup>2</sup>/år till ca 500 kg/m<sup>2</sup>/år beroende på odlingsystem och layout d v s en stor spridning mellan ett antal system som alla säger sig köra med senaste tekniken. Skörden per byggyta för en anläggning, Spread Technofarm, är uträknad eftersom företaget uttrycker skörden i denna modernare odling endast i skörd/m<sup>2</sup>/år. Enligt företaget levererar odlingen som startade 2007, 428 kg/m<sup>2</sup>/år (odlingsyta) medan den nya, Technofarm, levererar 648 kg/m<sup>2</sup>/år. Skördesiffrorna från den äldre odlingen har därför skalats upp med 648/428 för att få en indikation på skörden i den nya anläggningen. Byggnaden för den nya anläggningen är dock större men detta har inte tagits i beaktande eftersom den även innehåller ytor för utveckling m m.

Resultatet av detta blir att om bladgrönt med medelhögt energiinnehåll (800 kJ/kg=800MJ/ton), t ex mache, väljs som ersättare av dagens odling krävs (4.100.000 MJ)/(800 MJ/ton)= 5 100 ton bladgrönt vilket skulle ge en uppskattad byggyta för en odlingshubb enligt sista kolumnen i tabell 15 inklusive alla logistik- och serviceytor. Denna siffra har räknats ut genom att dela 5 100 ton med skörd/byggyta för varje anläggning, t ex för and-ever har 5 100 ton delats med 200 kg/m<sup>2</sup>/år vilket ger en byggnadsyta på 25 500 m<sup>2</sup> d v s 2,6 ha. Att dessa ytor skiljer sig åt syns i att odlingsytans del av byggnadsytan utgör allt från 24-67%. De mest yteffektiva odlingarna sett till hela byggytan i undersökningen har Saanan Sino Science, Spread Technofarm och Intelligent Growth Solutions.

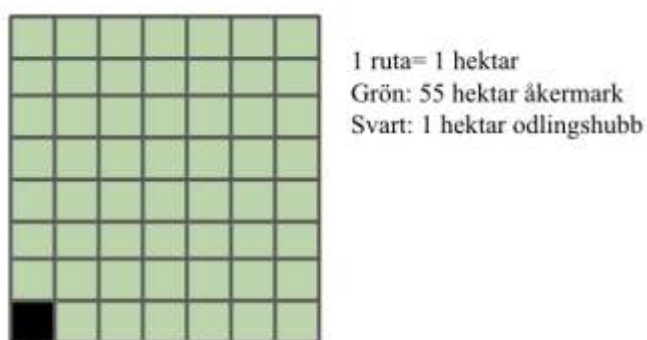
Den byggnadsvolym som krävs för de tre mest yteffektiva systemen visas i tabell 16. En översikt över vilken yta och volym som behövs för att odla 5.100 kg mache för dessa tre system och med vilken takhöjd visas i tabell 16.

**Tabell 16.** Takhöjd, volym och yta för de yteffektivaste odlingssystemen.

System	Innertak (m)	Yttertak (m)	Yta (m <sup>2</sup> )	Volym (m <sup>3</sup> )
Sanaan Sino Science - Hög modul (Kina)	12	14	10 200 (1 ha)	142 800
Intelligent Growth Solutions - 20 torns moduler (Storbritannien - Skottland)	12	14	13 600 (1,4 ha)	190 400
Spread - Keihanna Technofarm (Japan)	12	14	12 530 (1,25 ha)	175 420

Resultatet visar att det mest yteffektiva systemet är det högre systemet från Sanaan Sino Science vilket i tabellen ovan är designat med 20 våningar d v s en höjd till innertaket på 12 m. Höjden är uträknad utifrån antalet våningar, avstånd mellan våningar i det specifika systemet (Kozai, 2019) samt plats för tankar under hyllplanen. Systemet är uppbyggt som ett höglager med smala gångar och helt automatiserade transporter inom lagret. Enligt uppgift från Skanska bygger taket på byggnaden ca 2 m på höjden vilket tagits med i tabell 16. Den totala volymen för de olika systemen för att odla 5.100 ton bladgrönt/år (i detta fall mache) syns i tabell 16. Vårt förslag till Skanska är att gå vidare med dessa tre leverantörer för att ta fram detaljerade offerter för att utökad information. Det går att specialbeställa exakt de höjder man vill ha men detta kräver mer detaljerat arbete med offerter. För att få en grov indikation på vilken yta som behövs för olika höjder kan takets bygghöjd på 2 m räknas bort och byggytan bedömas proportionellt mot höjden 12 m delat i önskad höjd.

Används det mest yteffektiva systemet enligt ovan så kan 55 ha odling ersättas i skördad energi med 1 ha vertikal inomhusodling (se figur 9).



**Figur 9** Ytjämförelse frilandsodling och vertikal inomhusodling i Ljusekulla.

### 4.3 Odlingshubbens övriga värden 7 8

Resultat av faktasammanställningen kring takväxthusen visas i tabell 17 och 18. Tabell 17 innehåller företagsdata som takodlingens yta, kapital och i vissa fall vem som investerat, läget i form av vilken typ av byggnad odlingen ligger på samt vilka värden takväxthusen bidrar med och hur de säljer sina produkter. Det som kan konstateras är att de större kommersiella företagen ligger i Nordamerika medan takväxtodlingarna i Europa har koppling till kunskapsinstitutioner och i några fall är delvis finansierade av EU. GROOF är t ex ett EU-

finansierat initiativ för att undersöka odling på tak som ett sätt att minska CO<sub>2</sub> utsläpp och inom detta projekt testas många olika koncept för odling på tak. Två anläggningar är rena kunskapsanläggningar, Agrotopia i Belgien, vars mål är att bli ett kunskapscenter för urban odling samt ICTA-ICP i Spanien som testar koncept för att minimera byggnadens resursanvändning.

**Tabell 17** Takväxthusföretag - företagsfakta

Företag	Yta växthus	Investerare	Läge	Värden	Försäljning
<b>Agrotopia</b> Belgien 2021	6000+3500 m <sup>2</sup>	-Inagro -ProvinsVästflandern -Flamländsk regering -REO Veiling -EU Crop-on-Top (\$ 1 milj USD)	Ovanpå auktionshall för frukt och grönt.	-Utbildning/forskning/kunskapscenter -Utställning och demonstration för teknikföretag, slutanvändare, leverantörer, kunskapsinstitutioner och regeringar -Tvärvetenskaplighet skall bidra till forskning inom högteknologiskt glas och Urban Agriculture	I auktionshall i samma byggnad.
<b>BIGH</b> Ferme Abattoir Belgien	2000 m <sup>2</sup>	\$1 milj USD	Ovanpå Foodmet market hall	- Kombinerad odling ovanför en marknadshall med takväxthus, utomhus odling och fiskodling. - Förädlar produkter som blir över till t ex pesto, salsa, chutney. - Rundvandring, utbildningsvandring, matlagningskurser och andra event.	Matbutiker, restauranger
<b>Ecco-jäger</b> Bad Ragaz, Schweiz	1000 m <sup>2</sup>	\$17,84 milj USD	Ovanpå egen byggnad med lager och kyl	-Aquaponic, fiskodling och odling -Rundvandring/demonstrator	Matbutiker, restauranger
<b>Gotham Greens</b> USA	1.Brooklyn, NY 1394 m <sup>2</sup> 2.Brooklyn, NY 1858 m <sup>2</sup> 3.Queens, NY 5574 m <sup>2</sup> 4.Chicago, IL 6968 m <sup>2</sup>	\$125 milj USD	Ovanpå Whole foods market och fabriker	-Förädlar produkter som pesto och dressing. -Samarbetar med skolor, samhällsledare och ideella organisationer i miljö-, utbildnings- och samhällsinitiativ.	Matbutiker, restauranger
<b>Groof</b> Projekt med 11 länder involverade. 2017-2021	Fyra piloter: 1.Paris: 360m <sup>2</sup> 2.Belgien: 198m <sup>2</sup> 3.Tyskland:? 4.Luxemburg: 360 m <sup>2</sup> Coachar 10 projekt med takväxthus 150-800 m <sup>2</sup> .	Totalt \$ 6 milj USD EU \$3,57 milj USD	Piloterna och projekten ligger på helt olika platser;  -nybyggda bost -fd snickeri, -befintliga höghus, -kulturbyggnad -universitet	- Social inklusion - Sammanbindade/gemensam funktion i bostadsområde - Demonstrator Urban Agriculture - Testning av teknikkoncept - Utbildningsanläggningar - Kombination med lokal matbutik, matförädling/restaurang/centrum lokal matproduktion. - Testprojekt för integrerade flöden med byggnaden av värme, vatten och CO <sub>2</sub> .	-Boende. -Restauranger. -Butik -Bortskänkes -Torgförsälj.
<b>Lufa farms</b> Montreal Kanada	Ahuntsic: 2880 m <sup>2</sup> Laval: 3995 m <sup>2</sup> Anjou: 5853 m <sup>2</sup> Ville Saint-Laurent: 15218 m <sup>2</sup>	\$ 11,3 milj USD	Ovanpå industribyggnader	-Komplett lokal online livsmedelsbutik genom samarbete med lokala jordbrukare och producenter av livsmedel för att förse sina kunder med fler produkter. -Visningar -Integration med byggnaden	-Marknadsplats online. -Korgar med varor levereras till pick-up point eller hem.



<b>ICTA-ICP</b> Spanien 2015	122,8 m <sup>2</sup> takväxthus	Finansierat av EU och spanska regeringen.	Tak byggnad designad för integrerat flöde	- Utvärdering och demonstrator av integrerade flöden.	Ingen uppgift
------------------------------------	------------------------------------	---	---	--	---------------

De värden som de olika takväxthusföretagen återspeglar är oftast antingen rent kommersiella eller test av olika tekniska koncept, framför allt vad gäller integrerade flöden och energibesparing. Försäljning, i det fall det är aktuellt, sker oftast till butiker och restauranger eller via on-line matbutiker direkt till kunderna.

**Tabell 18** Takväxthusföretagens odlingar

Företag	Grödor	Synergier med byggnaden för värme, CO <sub>2</sub> , vatten, el	Pollinering, bekämpningsmedel	Odlingssystem Medium, Näring
<b>Agrotopia</b> Belgien 2021	Bladgrönt, Fruktbärande	-Endast värme från auktionshallen REO samt avfallsförbränningsföretaget MIROM. -Återvinning av regnvatten -Diffusionsglas i huvudväxthuset	Ingen uppgift	13 sektioner, Ebb-och flod, DFT och NFT.
<b>BIGH</b> Ferre Abattoir Belgien	Örter Tomater Aubergine Chili Microgreens	-Odlingens värmepump fångar upp värme från byggnaden samtidigt som den ger kyla till marknadens kylrum. -Återvinning av CO <sub>2</sub> . -Uppsamling av filtrerat regnvatten som kompletteras med kranvatten. -Elförbrukningen kompenseras delvis av solpaneler på taket	Inga bekämpningsmedel  Biologisk bekämpning och biologisk pollinering (humlor)	-Aquaponik, hydroponik. -Growbags används till tomater. -Örterna odlas i kruka på tidvattenbord -Näring från fiskodlingen
<b>Ecco-jäger</b> Bad Ragaz, Schweiz	Bladgrönt Örter	-Tar till vara på restvärmen från byggnadens frysrum/kylanläggning till att värma upp växthuset/fiskodlingen. -Vattnet från fiskodlingen används till näring till växterna. -Tar tillvara på CO <sub>2</sub> från fiskodlingen.	Inga bekämpningsmedel	Aquaponik, hydroponik återcirkulerande Näring från fiskodlingen
<b>Gotham Greens</b>	Bladgrönt Sallad Örter	-El från är solceller och vindkraft.	Inga bekämpningsmedel Biologisk bekämpning	Hydroponik, återcirkulerande NFT
<b>Groof</b> Projekt med 11 länder involverade. 2017-2021	Bladgrönt Tomater Gurka Aubergine Chili Paprika Spirulina Örter	GROOF- "Greenhouses to reduce CO <sub>2</sub> on roofs." Flera koncept testas. -Test av integrerade flöden av CO <sub>2</sub> , vatten och värme. - Solceller monterade på insidan av Växthuset. - Värmeöverskott från växthuset värmer upp vatten till bostäderna i huset.	Inga bekämpningsmedel	Alla system finns representerade men hydroponik absolut vanligast.
<b>Lufa farms</b>	Bladgrönt Sallad Örter Microgreens Tomater Gurka Aubergine Paprika Vårlök	-Fångar upp regnvatten och smältvatten för att komplettera bevattningen. -Internt komposteringssystem för skörderester där överskottet från komposten säljs till kunder.	Inga bekämpningsmedel Biologisk bekämpning	Hydroponik, Återcirkulerande  Medium: kokosfiber

ICTA-ICP Spanien 2014	Tomater	-Byggnad i sex våningar där värme från kontor återanvänds i för växterna. -Byggnaden är certifierad att dra upp till 62% mindre energi än motsvarande konventionella byggnad. -Återanvänder vitt, grått och svart vatten vilket minskar vattenavgången med 90%.	Inga bekämpningsmedel	Grow bags med perlite. Hydroponik. (pluggplantor i torv)
-----------------------------	---------	---	-----------------------	--

Takväxtföretagen odlar mycket fruktbarande grönsaker men även bladgrönt och kryddor. Samtliga använder hydroponiska, återcirkulerande system av något slag och substraten som används varierar från mellan allt från perlit, kokosfibrer och torv. I det fall näring nämns är det för att betona att näring från fiskodlingen används. Samtliga beskriver någon form av interaktion med byggnaden, allt från återvinning av regnvatten, solceller till total integrering med byggnaden som i forskningsprojektet ICTA-ICP i Spanien.

### 4.3.1 Takväxthus

Takväxthus eller Rooftop Greenhouses (RTGs) innebär att man placerar ett växthus på taket av en byggnad för att producera mat inom staden och samtidigt ta tillvara på ytan på byggnadens tak (Sanyé-Mengual et al, 2015). Kommersiella takväxthus finns idag främst i USA och Kanada, där man använder sig av högteknologiska metoder som jordfria system och CEA. Takväxthusen kan även integreras med byggnaden under, där energi, vatten och gasflöden som CO<sub>2</sub> kan utbytas mellan växthuset och byggnaden och optimera resursbehovet (Ceron-Palma et al, 2012).



**Figur 10** Lufa farms anläggningar fyra takväxthus (från vänster uppe till höger nere) i Monteral; Ahuntsic (2880 m<sup>2</sup>), Anjou (3995m<sup>2</sup>), de Laval (5853 m<sup>2</sup>) och Vincent Saint-Laurent (15218 m<sup>2</sup>). Källa: Lufa farms presskit.

#### 4.3.1.1 Takväxthus - odlingen

Genom att tillföra ett takväxthus på odlingshubben kan grödor som kräver en högre ljusintensitet, större vertikal tillväxt och pollinering odlas som exempelvis tomat och gurka (Kozai et al 2019). Dessa kan även förkultiveras i den vertikala odlingen innan de planteras i takväxthuset. Att utnyttja taket på byggnaden bidrar även till ett extra värde då utrymmet utnyttjas istället för att stå tomt och mer mark behöver inte tas i anspråk (Ceron-Palma et al, 2012). Det är också så att platta mörka tak bidrar till urban heat island-effekt vilket elimineras med takväxthus. De takväxthus som byggs idag är vanligtvis högteknologiska växthus i venlostil och kostnaderna för att bygga dessa är oftast dyrare och även svårare att bygga än vanliga högteknologiska växthus på mark (Goddek et al 2019). Detta främst på grund av bygg- och konstruktionsregler och krav på arkitekturen. Som exempelvis att taket och byggnaden som man bygger takväxthuset på måste klara av de belastningskrav som krävs för att kunna bygga på ett takväxthus (Freisinger et al 2015). När ett takväxthus placeras på en ny byggnad istället för en befintlig kan man anpassa byggnaden till att klara av de krav som behövs för sådan påbyggnad redan från start.

En vision vad gäller takväxthus som funnits ganska länge i branschen är att åstadkomma ett totalt integrerat flöde med byggnaden för att få en så hållbar lösning som möjligt för takväxthus (Pons, 2015; Munoz-Liesa, 2020). Om detta är möjligt och lämpligt får bedömas från fall till fall om takväxthuset skall byggas på en befintlig byggnad (Ceron-Palma et al 2012). Den övergripande tanken är att ta tillvara värme från byggnaden för att värma växthuset, samla upp regnvatten, återanvända grått och eventuellt svart vatten samt återvinna CO<sub>2</sub> från byggnaden till fotosyntesen i växthuset.

Mycket forskning som gjorts vad gäller integration med byggnaden har utförts på ICTA-ICP, en test-facilitet som tillhör Universidad Autonom de Barcelona, och som byggdes 2014 (ICTA-ICP, 2021). Byggnaden är en av de första som uppförts för att testa flöden mellan integrerade takväxthus och en byggnad. Byggnaden har sex våningar med parkeringsgarage, kontor och laborationslokaler. Husets genomskinliga skal utgörs av polykarbonat som stöds av en stålkonstruktion och bildar en dubbelfasad som utgör en temperaturbuffert och som skall bidra till den naturliga ventilationen. Kontor och laboratorium värms aktivt med hjälp en jordvärmepump medan takväxthuset och gemensamma ytor värms passivt genom integration av byggnadens HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) system med växthuset. Strategierna för att övervaka, samla in data och styra det aktiva och passiva systemet är implementerade i ett intelligent system för övervakning och styrning av processer, SCADA (Supervisory control and data Acquisition).

Vid en nyligen gjord studie över odling på urbana tak både i växthus och på friland i världen kom man fram till att den största förekomsten av takodlingar finns i New York och Toronto (Appolloni, 2021) och generellt är det norra halvklotet vanligast för etablering. Vidare konstaterades att en så liten del som 10-15 % av de 185 studerade takodlingarna är kommersiella odlingar och att 29 av dem var takväxthus. Huvuddelen av takväxthusen med kommersiell inriktning låg i Nordamerika medan det i Europa är vanligast med takväxthus i

forskningsssyfte. När det gäller att integrera takväxthusen med byggnadens flöde var uppsamling av regnvatten det i särklass vanligast. Tillvaratagande av restvärme från byggnaden gjordes bara i 10 % av fallen och återanvändning av grått vatten och CO<sub>2</sub> endast i 4 respektive 5% av fallen. Detta trots att forskning vid ICTA-ICP visat att så mycket som 98 kWh/m<sup>2</sup> kan återvinnas från byggnaden per år. Adderas också takväxthusets isolerande förmåga kan ytterligare 35 kWh/m<sup>2</sup> per år sparas för byggnaden vilket innebär totalt 128 kWh/m<sup>2</sup> och år. Slutligen utvärderades även årlig återvinning av CO<sub>2</sub> till 46,5 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>.

#### 4.3.1.2 Takväxthus - krav på byggnaden

Detaljerade svar angående växthuskonstruktionen har endast erhållits av Inagro för Agrotopia. Projektet för Agrotopia har varit ett tvärfunktionellt arbete där byggansvaret delats mellan Inagro och ägaren av en auktionshall för frukt och grönt, Reo Veiling, i staden Roeselare i Belgien (Inagro (b), 2021). Området är ett centrum för jordbruk och kallas allmänt för "The Green Hub". Projektet är delvis finansierat av EU och av provinsen Västflandern och i projektgruppen har både arkitektfirmor, konstruktionsfirmor, byggansvariga, utbildningsinstitutioner och odlings- och växthusföretag ingått (Inagro (b), 2021). En rapport finns framtagen som beskriver projekteringsfasen och en stor del av de tekniska kraven finns publicerad på Inagros hemsida. Projekteringsfasen, med preliminär och slutlig designfas samt anbudsfas, pågick i 15 månader och Agrotopia är tänkt att öppna i mitten av 2021, ca ett år senare än planerat.

I projektet har tre delar av byggnationen behandlats separat; takväxthus för forskning och utbildning om 6000 m<sup>2</sup>, utrymme för utbildning samt ett fasadväxthus med vertikal odling med en basyta på 340 m<sup>2</sup> och en höjd på 12 m. Den befintliga auktionshallen hade en höjd på 8,4 m och delen med fasadväxthusen når en maximal höjd på 20 m medan delen med takväxthus kommer upp i ca 14 m.



**Figur 11** Agrotopias takväxthus - översikt. Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architetuurbureau.

Byggnaden har också en stor entré där takväxthuset skjuter ut ovanför och vilar mot betongkolonner (se figur 12). Målen för vilka värden byggnaden skulle uppnå har dels varit att

skapa en hållbar, cirkulär och jordlös växthusodling, dels att integrera trädgårdsodling i byggnaden på en synlig plats som är tillgänglig för både odlare och allmänheten. Det har också varit ett mål att åstadkomma och förverkliga en innovativ arkitektur och konstruktion för takträdgårdsodling.

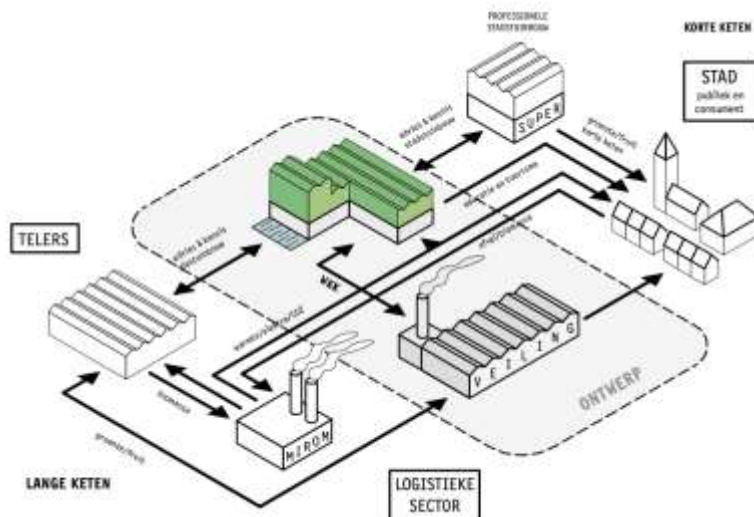


**Figur 12** Agrotopias fasadväxthus från två olika håll. Betongsilosarna innehåller näringsbevattningen.

Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architetuurbureau.

Konstruktionen för takväxthusen är av typen Venlo och indelad i tre klimatzoner, ett för bladgrönt (ca 15 °C), ett för fruktbarande grönsaker (ca 20 °C) och ett utrymme för personal och besökare. Där finns en horisontell rutt runt för besökare så de kan röra sig säkert utan att störa driften och som ska användas i utbildnings- och eventsyfte. Vattenlagring sker i markplanet i betongpelare som bär upp fasadväxthuset. Glaset i växthuset är 4 mm tjockt, härdat enkelglas och den tillåtna belastningen i byggnaden är 7,2 kN/m<sup>2</sup> i takväxthuset, 10 kN/m<sup>2</sup> i entren och 20 kN/m<sup>2</sup> för fasadväxthuset. Båda de sistnämnda är tillbyggda och har därmed kunnat dimensioneras annorlunda. Tillåten belastning för takväxthuset är 2,2 kN/m<sup>2</sup> permanent belastning och 5 kN/m<sup>2</sup> variabel belastning. Taket i auktionshallen har förstärkts med ett strukturellt trycklager på 50 mm och med stödbjälkar var 12:e m. Enligt mailkonversation med Inagro har de i första hand utgått från vad befintlig byggnad klarar av och försökt minimera ingrepp i befintlig byggnad (Inagro (a), 2021). Enligt Lufa Farms, som har fyra takväxthus på industribyggnader i Montreal, krävs i med dagens byggteknik en betongkonstruktion för att ett takväxthus ska kunna placeras på taket (Lufa Farms, 2021).

Uppvärmning av takbyggnaden görs med hjälp av två källor för restvärme, auktionshallen REO Veiling i den underliggande byggnaden och MIROM, ett närliggande värmekraftverk som drivs av avfall, som båda levererar varmvatten med en temperatur på 90 °C och vardera ger en effekt på ca 1 MW. Elförsörjning sker via solceller och anslutning till nätet.



**Figur 13** Flöden mellan Agrotopia och MIROM. Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architektuurbureau.

Återvinning av CO<sub>2</sub> från industriell verksamhet (MIROM) har utretts men ger för höga investeringskostnader för gasrenare vilket lett till ett beslut att köpa in ren CO<sub>2</sub> för att täcka behovet på 1000 m<sup>3</sup>/h. Vattenförsörjningen löses genom en kombination av insamling av regnvatten och kommunalt vatten och behovet för takväxthuset beräknas till 2 175 000 l/år.

### 4.3.2 Förädling

Några av de takväxthus företag som vi undersökt i arbetet förädlar även sina grödor till produkter som pesto, dressingar och salsa. Detta gör att de dels kan erbjuda fler produkter till försäljning men att de även minimerar sitt svinn. Takväxthusföretaget BIGH gör exempelvis egengjord pesto och salsa på de basilika plantor och tomater som blir över i odlingarna och Gotham greens erbjuder tre olika sorters pesto, fyra olika dressingar och chimichurri som de framställer från sin egenodlade basilika (BIGH, 2021; Gotham Greens, 2021).

### 4.3.3 Odling till interna och externa restauranger och café

#### 4.3.3.1 Restaurang med hållbar profil

Idag finns flera exempel på verksamheter som kombinerar sin odling med en restaurang där de kan servera sina egenodlade grödor, sprida kunskap och skapa en social träffpunkt i anslutning till odlingen. Exempel på detta är takodlingen Østergro i Köpenhamn med sin restaurang Gro Spiseri, där besökare till restaurangen kan njuta av de egenodlade råvarorna i ett växthus uppe på taket vid odlingen (Østergro, 2021; Gro Spiseri, 2021). Restaurangen, baren och hotellet The Culpeper i London odlar även de några av sina egna råvaror på taket till deras olika verksamheter (The Culpeper, 2021). The Green House i Utrecht är en byggnad med restaurang, odling och möteslokaler, grödorna odlas här vertikalt i en separat del av byggnaden och används sedan till servering i restaurangen (The Green House, 2021). År 2017 öppnade även GOOD BANK i Berlin som är världens första vertikala farm-to-table restaurang. Här odlas

bladgrönt i restaurangen framför besökarna som sedan serveras med andra säsongsbetonade grödor från regionala odlare. Genom detta kan de erbjuda färska grödor men även visa besökarna hur deras mat odlas.



**Figur 14** Takodlingen Østergro och restaurangen Gro Spiseri i Köpenhamn. Källa: Gro Spiseri presskit.



**Figur 15** Den vertikala odlingen och restaurangen GOOD BANK i Berlin. Källa: GOOD BANK presskit.

#### 4.3.3.2 Trädgårdscafé

Ett trädgårdscafé är egentligen bara en förlängning av restaurangkonceptet men utomhus. De relativt stora kommersiella odlingar som undersökts har inget sådant i anslutning till sina odlingar men det finns ett antal mindre odlingar där konceptet ofta är en blandning av odling, växtförsäljning, förädling, grönsaksförsäljning, uteservering, utbildning m.m.

Lokala exempel på detta i Skåne är Malmö slottsträdgård, Tirups örtagård och Tomatens Hus där odling och servering utomhus eller i växthus går hand i hand vilket skapar en omedelbar kontakt mellan odling och kund. Trädgårdscaféet i Malmö slottsträdgård ( se figur 16) drivs av en arrendant och caféet har en egen odlingslott i trädgården där man odlar till caféet (Malmö slottsträdgård, 2021). Tirups örtagård i Staffanstorp (se figur 17) har servering i sin egen örtagård där man omgiven av växter kan avnjuta sin lunch eller fika (Tirups örtagård, 2021). Slutligen Tomatens Hus var från början en tomatodling som levererade enstaka sorter till grossister som ändrade inriktning 2004 och utökade sortimentet, startade restaurang och café och har kompletterat verksamheten med förädling och bageri (Tomatens Hus, 2021). Även här kan man sitta i en lummig trädgård eller ett växthus och njuta av sin förtäring och omgivande växtlighet och odling.



**Figur 16** Trädgårdscafeet i Malmö slottsträdgård. Fotograf: C Samuelsson



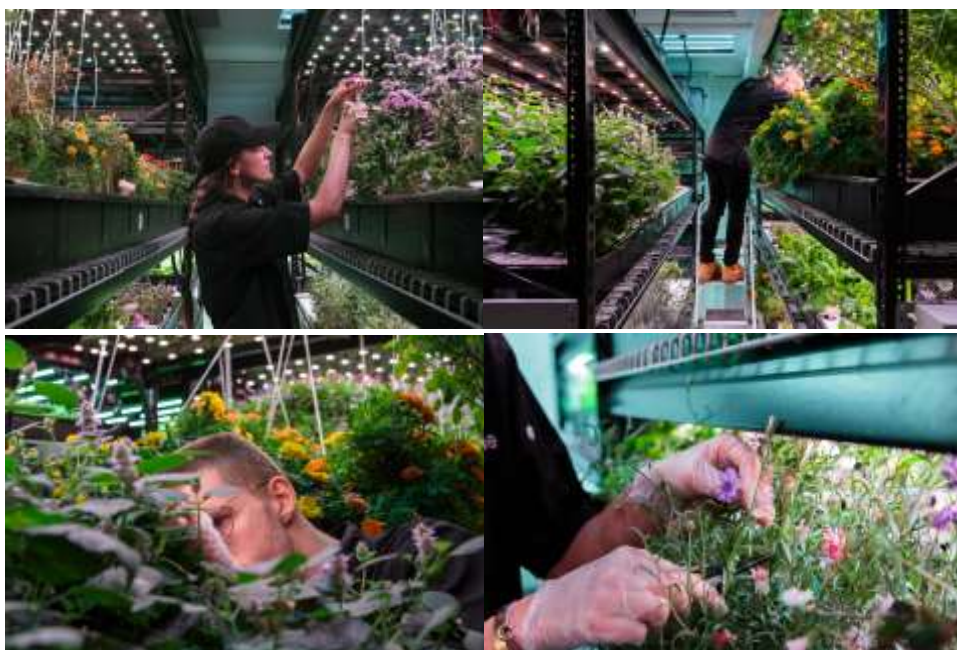
**Figur 17** Tirups Örtagård i Staffanstorp. Fotograf: C Samuelsson

#### 4.3.3.3 Odling till externa restauranger

Av de vertikala odlingsföretag som har undersökts i detta arbete säljer de flesta sina grödor främst till butik men även till restaurang och privatpersoner. Ett företag som har specialiserat sig på just odling till restaurang är det vertikala odlingsföretaget Farm.One i New York (Farm.One, 2021). Deras vision är att odla sällsynta, intressanta och ovanliga grödor som är färska, lokalt odlade och kan skapa njutning men även överraska den som äter av deras grödor. Odlingar är placerade i källarutrymmen under restauranger eller andra byggnader och de säljer idag sina grödor till 40+ restauranger i New York, varav flera är högt rankade med en eller flera Michelin stjärnor.

Bland grödorna som odlas av Farm.One finns flera hundra olika sorter av främst bladgrönt, blommor, örter och mikrogrönt. Här hittar man bland annat Parakrasse vars blad och blomknopparna ger en liten stickande, kylande och bedövande känsla i munnen. Nepitella som kan beskrivas som en blandning av mynta, oregano och basilika i smaken och med vackra rosa blommor. Japansk sodaört med sina långa, salta och suckulenta blad som ger en krispig och uppfriskande upplevelse. Röllika blomman med en ton av lakrits, myntan ‘Pink candypop’ med söta citrustoner och blommor som små klubbor. Gurkört med en svag gurksmak och rosa, blå eller vita blommor och mikrogrönt som bland annat micro- okra, -shiso och -wasabi mustard.





**Figur 18** Det vertikala odlingsföretaget Farm.One i New York. Källa: Farm.One presskit.

#### 4.3.4 Direktförsäljning till slutkund

Den vanligaste distributionskanalen för odlare i Sverige är via grossister och vidare ut till detaljister (Norrman, 2020). I vilken mån detta kommer att ske för det som skulle odlas i odlingshubben avgörs av vilka affärsmodeller som väljs. I detta arbete har fokus lagts på att beskriva försäljningskanaler som skulle kunna bidra till visionen och som kanske inte är självklara alternativ för en relativt stor producent av grönsaker.

De senaste åren har det varit ett relativt stort fokus på att skapa och hitta alternativa och kortare distributionskedjor för mat vilket resulterat i ett ökat intresse för lokal matproduktion. De befintliga distributionskedjorna i livsmedelsindustrin med tillverkare, förädlare, grossister och detaljister och eventuella ytterligare led är komplicerade (Norrman, 2020; Plakias, 2020). I Sverige har detaljisterna blivit mycket stora och fyra detaljister har 93% av marknaden (Norrman, 2020). I kölvattnet av detta faktum har intresset hos odlare att utöva direktförsäljning ökat för att skapa en annorlunda fördelning av vinsterna men även för att bidra med andra värden som större kundkontakt, integritet och matgemenskap samt högre hållbarhets och miljömål. Lokal produktion har blivit ett allt vanligare begrepp och det som avses är oftast två egenskaper; begränsad geografisk transport och kortare distributionskedja (Norrman, 2020). Ytterligare en variant har också uppstått med lokala mellanhänder som skapat nätverk för att uppnå synergier mellan mindre odlare som t ex “bondens egen marknad”. Ett annat alternativ som också uppstått är regionala hubbar som t ex REKO-ring.

För en framtida odlingshubb i Ljusekulla kan dessa alternativa matkanaler (AKM) också vara intressanta att utvärdera ur både ekonomisk och ideell synpunkt för uppnå visionen ovan (Norrman, 2020). Det finns ett antal olika möjligheter för direktförsäljning till kund som var och en skulle kunna bidra med värden till hubben på olika sätt. De som kommer att tas upp här är andelsjordbruk, gårdsförsäljning (där hubben definieras som en gård) och on-line försäljning med hemleverans eller leverans till pick-up noder.

#### 4.3.4.1 Direktförsäljning - Andelsjordbruk, CSA

Andelsjordbruk eller CSA (Community Supported Agriculture) innebär att individer blir medlemmar i en gård genom att betala en säsongavgift innan odlingssäsongens början (Lang, 2010). Medlemmarna får sedan andelar från skörden i utbyte under säsongens gång och får även en inblick i produktionen. Genom att medlemmarna ger sitt stöd i början av säsongen delar gården och medlemmarna på de risker och fördelar som kan komma med produktionen under säsongen (USDA, 1993). Fördelar med denna typ av modell är exempelvis att den skapar en relation och närhet mellan konsument och producent och en trygghet och tidig marknadsföring för producentens produkter (Nandwani, 2016). Den öppnar även upp möjligheten för konsumenten att besöka gården och få tillgång till färska och näringsrika produkter.

#### 4.3.4.2 Direktförsäljning - gårdsförsäljning

Av de exempel på företag som har gått igenom både vad gäller vertikal inomhusodling och takväxthus är det ingen som egentligen använder sig av detta koncept. De som kommer närmast är kanske Agrotopia som säljer sina grödor i REO Veilings auktionshall eller Gotham Greens som i Brooklyn NY säljer sina grödor i Whole Foods butiken under växthuset. REO Veiling är dock en gigantisk producentkooperation som fungerar som en grossist och inte kommer i kontakt med slutkunden. Det finns även enstaka projekt i GROOF med odlingar som säljer grönsaker i anslutning till odlingen som t ex J'habite mon jardin i Tours, Frankrike. Här har man byggt ett takväxthus på nästan 800 m<sup>2</sup> i ett bostadskomplex med 76 lägenheter och där man avsatt en lägenhet för en heltidsanställd professionell trädgårdsmästaren. Odlingen i takväxthuset kompletteras med frilandsodling i anslutning till husen. Syftet med det delvis EU-stödda projektet är att ta fram ett koncept för en modern stadsbondgård som är ekonomiskt hållbart och kan reproduceras i andra bostadskomplex.



**Figur 19** GROOF-projektet “J’habite mon jardin” i Tours, Frankrike. Källa: Bilden ingår i presskit från “J’habite mon jardin”.

#### 4.3.4.3 Direktförsäljning - on-line

Ett företag som gör detta med stor framgång i dag är Lufa Farms vars fyra takväxtodlingar i Montreal säljer sina grönsaker via en egen webbshop tillsammans med olika råvaror och förädlade produkter från andra lokala odlare och förädlare. Kunderna beställer på nätet och får

varorna antingen levererade hem eller till pick-up noder i staden. Enligt Lufa Farms hemsida har de 200 pick-up noder utplacerade över staden med en radie på 3 timmars körning. Upphämtningsställen kan vara kvarterstakéer, lokala yogaställen och andra lokala samlingspunkter. Skörd i takväxthus sker kundorderstyrt och triggas av beställning från kund för att undvika matsvinn. Skörden från Lufa Farms fyra takväxthus innehåller 11 tomatsorter, 3 aubergine sorter, 16 sorters örter, 10 sorters sallad och bladgrönt, 2 sorters gurkor och sorters mikrogrönt. Detta sortiment kompletteras med varor från ca 150 partners som innefattar allt från lokala mejerier, fruktodlare, grönsaksodlare, vintillverkare, bagerier mm vilket ger över 2000 produkter som alla kan beställas från hemsidan. Sammanlagt levereras 20.000 korgar med kundanpassat innehåll varje vecka och skörden från de fyra växthusen uppgår till ca 25.000 kg per veckan. Antalet medlemmar i Lufa farms, s k Lufavores, är i dagsläget över 90.000.

### **4.3.5 Forskning, utveckling och utbildning**

#### **4.3.5.1 Forskning och utveckling**

De företag och organisationer som undersökts har i vissa fall delvis specialiserat sin forskning på ett specifikt område som t ex Agrotopia (högkvalitativt glas) och ICTA-ICP (integration med byggnaden). I andra fall har företaget först varit involverat i ett specifikt teknikområde och därefter börjat odla och då genom sammanslagning eller uppköp av företag. Exempel på sådana företag Sananbio som har en lång historia inom LED-belysning liksom PlantLab. Andra odlingsföretag har skapat samarbete för utveckling med LED-tillverkare som Jones Food Company med Current by GE och and-ever med Signify. Att LED-belysningen får sådant fokus är förväntat eftersom den står för den största enskilda delen av energiförbrukning i de vertikala systemen. Samtliga företag som undersökts inom både vertikal inomhusodling och takväxthus arbetar med utveckling av mjukvara för styrning och artificiell intelligens för att optimera odlingsvillkoren för olika grödor. I ett antal företag har grundaren eller en av grundarna varit IT-ingenjör, t ex Lufa Farms och YesHealthGroup. Samtliga utvecklar också sina egna odlingsystem med olika inriktning som att t ex minimera vattenåtgång och mängden vatten i systemet. Relativt få av de företag som studerats betonar forskning och utveckling inom grödorna. Exempel på företag som gör det är Plenty som håller på att utöka sitt sortiment till jordgubbar genom samarbete med Driscoll. Andra företag som förmedlar stort intresse av att utöka grödorna i odlingen är PlantLab och 80 acres. Aerofarms är också ett företag som lägger ner mycket energi på forskning i grödorna och som också visar stort intresse för växtförädling med fokus på vertikal odling. Istället för att inrikta växtförädling på att göra sorter som är hårdiga mot t ex kyla och torka kan fokus istället läggas på smak, näringsinnehåll och andra egenskaper.

När det gäller takväxthusföretagen som t ex Lufa Farms och Gotham Greens betonar framför allt forskning och utveckling för att ta fram nuvarande odlingsystem och växthuskonstruktioner samt förbättringar mellan varje nytt växthus. Det nämns också att utveckling sker för att automatisera i högre grad och styra klimatet med hjälp av maskininlärning och artificiell intelligens.

Som nämndes ovan är både Agrotopia's och ICTA-ICP's uttalade syfte forskning och utveckling. För att utnyttja Agrotopia så bra som möjligt för forskning och utveckling inom växthusodling och vertikal inomhusodling har de tre intressenterna Universitet i Gent, REO Veiling (frukt- och grönsaksgrossist) och Inagro (forsknings- och konsultföretag inom hortikultur och jordbruk) tillsammans finansierat en universitetsstol vid Faculty of Bioscience Engineering vid Universitet i Gent. Uppdraget för denna universitetsstol är att bedriva forskning och utveckling inom innovativ och högteknologisk stadsodling med Agrotopia som ett levande lab. En stor del av arbetet, som innefattar både vertikal odling inomhus och i växthus samt odling i takväxthus, kommer att göras i detta takväxthus ovanpå REO Veilings auktionshall. Universitetsstolen bygger på en bred tvärfunktionell expertis inom forskningsområden på fakulteten för biovetenskap och fokuserar på de tekniska aspekterna av stadsodling. När det gäller ICTA-ICP så fokuserar forskningen i den byggnaden, i regi av Institut de Ciencia i Tecnologia Ambientals (ICTA) vid Universitat Autònoma de Barcelona, på integrationen mellan byggnad och växthus samt att få byggnaden så resurseffektiv som möjligt.

Sammanfattningsvis, utifrån undersökningen av dessa företag och institutioner, finns i stora drag fyra riktningar vad gäller forskning och utveckling; optimering och utökning av vilka grödor som kan odlas i systemen, teknikutveckling av odlingssystemen och dess komponenter (LED, substrat, gödning e t c), integration med byggnaden och mjukvara för optimering av odlingsförhållandena.

#### 4.3.5.2 Utbildning

Utbildning på olika nivåer görs i många av de undersökta företagen och institutionerna. Många av odlingsföretagen har rundvandringar i odlingarna för skolklasser och allmänhet som t ex BIGH, Lufa Farms, Vertical Harvest, Ecco-Jäger och Nordic Harvest. Agrotopia har en speciell utbildningsväg runt odlingen som anlagts i undervisningssyfte från början. Av naturliga skäl riktar sig Agrotopia och ICTA-ICP till universitet och professionella i huvudsak men välkomnar även allmänheten.



**Figur 20** Agrotopias utbildningsväg. Anläggningen är tänkt att användas som ett levande labb. Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architetuurbureau.

Aerofarms har ett eget utbildningskoncept som heter “Community Farm Program” där man säljer skräddarsydda vertikala odlingsystem till kommuner och skolor inklusive utbildning och teknisk support. Undervisningen sker enligt STEM (science, technology, engineering, mathematics) läroplan som bygger på att man lär sig de olika ämnen efterhand som behov uppstår i tillämpningen av odlingsystemet.

### **4.3.6 Social samlingsplats**

Vissa av de olika företagen, projekten och institutionerna fokuserar på odlingens möjligheter att skapa en social samlingsplats på olika sätt.

#### **4.3.6.1 Aktiviteter**

Ett sätt att göra detta och samtidigt förbättra möjligheten för goda ekonomiska förutsättningar är att anordna workshops, events och teambuilding aktiviteter inom matlagning, förädling, odling m m som t ex BIGH och ett antal av projekten i Groof. Lufa Farms kunder ingår i en digital community och kallas Lufavores och får i egenskap av medlem visningar, information och recept men de har också besök från skolor, myndigheter och öppet hus för att skapa tillhörighet.

#### **4.3.6.2 Odlingslotter**

Bland de företag och projekt som undersökts är det bara enstaka som inkluderat odlingslotter i sitt koncept. Ett exempel på det är Groof projektet ‘J’habite mon jardin’ där det i anslutning till bostadskomplexet även finns en frilandsodling på drygt 1000 m<sup>2</sup> med odlingslotter. Denna drivs delvis av en professionell trädgårdsmästare och delvis av de boende med stöd av trädgårdsmästaren. Svenska exempel på odlingslotter i anslutning till bostäder finns t ex i Augustenborg i Malmö (Johansson, 2020) där ett bostadsområde renoverats med inriktning mot odling och hållbarhet och där social inklusion varit ett bärande tema. Ett annat exempel i är Malmö slottsträdgård som grundades så sent som 1994 (Malmö Stadsträdgård, 2021). Slottsträdgården odlar både traditionella trädgårdsväxter och grönsaker med målet att inspirera de som besöker trädgården. Här finns även möjlighet att ansöka om en odlingslott som privatperson. Ansvaret för de 60 odlingslotterna drivs av en förening, Slottsträdgårdens Vänner ( se figur 21).



**Figur 21** Odlingslotter i Malmö slottsträdgård. Fotograf: C Samuelsson

#### 4.3.6.3 Inkluderande arbetsplats

Det tydligaste exemplet på att ha ett mål att vara en inkluderande arbetsplats bland de företag som undersökts är Vertical Harvest som odlar vertikalt i växthus och startade sitt första växthus i Jackson, Wyoming, 2016. Att skapa lokala arbetstillfällen och att anställa personer med funktionsvariationer som inte kommit in på den vanliga arbetsmarknaden har sedan starten varit en integrerad del av deras vision. Mottot för företagets grundare har varit att skapa ett vinstdrivet företag med en icke-vinstdriven själ vilket resulterat i en anställningsmodell med namnet Grow Well.



**Figur 22** Anställda i Vertical Harvest's växthus i Wyoming. Källa: Vertical Harvest's presskit.

Även ett par av de övriga företagen som undersökts, t e x BIGH i Belgien, har ett uttalat mål att ge arbete till personer som av olika anledningar inte kommit in på arbetsmarknaden.

## 5. Diskussion

Det första syftet med uppsatsen var att hitta ett mått på odlingsbarheten i Ljusekullaområdet för att kunna säkerställa att storleken på odlingen i området före exploatering är ekvivalent med odlingens storlek efter exploatering. Här valdes skördad energimängd eftersom det är ett mått som är lätt att hitta statistik och fakta om samt inte kräver några ytterligare undersökningar per gröda. Om exempelvis totala energin använts som mått skulle detta innebära efterforskningar och uträkningar av skörderester per gröda. Även ätbar energi övervägdes som mått men detta mått ställer krav på kunskap och information om efterföljande steg i processen för respektive gröda vilket hade blivit för omfattande. Andra mått som diskuterades var vikt och värde med dessa uteslöts eftersom vikten inte säger något om nyttan med skörden. Värdet som mått skulle ge fokus på dyra grödor vilket inte bidrar till att göra Ljusekulla klimatpositivt. Med tanke på att målet för Ljusekulla är att bli en klimatpositiv stadsdel hade det eventuellt varit mer logiskt att använda totala energin som mått för då hade mängden inbunden CO<sub>2</sub> ersatts fullt ut. Detta anses dock inte rimligt inom arbetets omfattning men skulle vara intressant att undersöka som ett nästa steg. Resultatet gav att den skördade energimängd som behöver ersättas för att vara ekvivalent med dagens energimängd är 4 100 GJ/år vilket t ex motsvarar 5 100 kg mache. Syftet att ersätta odlingens energi känns viktigt att komma ihåg även i framtiden så att detta syfte är tydligt eftersom det är ett huvudargument för att kunna bebygga området utan att påverka den lokala matproduktionen.

Det andra syftet var att undersöka om det är rimligt att ersätta den skördade energin i en odlingshubb på en, för Ljusekulla-området, rimlig yta. För att undersöka detta gjordes en inventering av hur de odlingsföretag som bedriver vertikal odling inomhus i stor skala idag ser ut. Vilka odlingsystem och tekniska lösningar de använder och vilken yta och volym som skulle krävas i en ekvivalent odling på Ljusekulla. Urvalet av odlingsföretag grundar sig på en produktion över 100.000 kg/år och på att företagen har information tillgänglig på sina hemsidor och i vissa fall svarat på frågor. Samtliga företag har kontaktats med ett frågeformulär men det har varit svårt att få svar och den anledning de har givit är att de har mycket kommersiella förfrågningar på grund av Corona. Dessutom gör det faktum att vi frågar i egenskap av studenter att många varit ovilliga att lägga tid på våra frågor. Detta kan innebära att vissa företag som borde varit med i jämförelsen inte har fångats upp. Anledningen till begränsningen vad gäller minsta produktionsvolym har varit att försöka säkerställa att företagen verkligen kört sina system i stordrift.

Att få fram omsättning och vinst för företagen har varit näst intill omöjligt vilket gör det svårt att bedöma i vilken mån det går att bedriva vertikal inomhusodling i stor skala som enda affärsidé. De flesta företag verkar kombinera detta med någon form av utrustningsförsäljning och konsultverksamhet. Många företag får också ekonomiska medel från myndigheter som t ex Nordic Harvest och Grönska vilket också gör det svårt att avgöra hur företagen skulle klara sig ekonomiskt utan det tillförda kapitalet. De utvalda företagen odlar främst bladgrönt, sallad, örter och mikrogrönt och få sorter och vissa företag odlar även fruktbarande men inte i så stor skala. Majoriteten av de undersökta företagen levererar till restauranger och livsmedelsbutiker. Intressanta kunder för denna typ av odlingar skulle kunna vara att sälja till skolor, sjukhus och

liknande enheter vilket skulle kunna vara ett sätt att stimulera branschen och säkerställa en viss basvolym samt ett sätt för myndigheter att långsiktigt stötta denna typ av verksamhet.

Majoriteten av företagen använder sig av hydroponik i modulariserade, skalbara system. Systemen som används är nästan alltid vertikala bäddar men det finns även system som bygger på hängande paneler, t ex Plentys zipgrow system. Ett par odlingsföretag har återanvändningsbara medium som t ex Aerofarm, and-ever och Plenty. En annan typ av lösning på medium är det som YesHealthGroup använder vilket är ett komposterbart substrat av organiskt material och som löser upp sig själv i slutet av odlingscykeln. Övriga använder traditionella substrat eller anger ej vad som används. Slutsatsen är att det inte är så många företag som har en bra hållbar lösning på detta område. När det gäller gödning är det mycket oklart om det som används är hållbart eller om det endast rör sig om traditionella mineralgödselmedel. De få exempel på företag som kommunicerar angående gödning och hållbara alternativ till mineralgödsel är YesHealthGroup och Grönska. Med tanke på vilket avtryck tillverkning av gödsel gör på växthusgasutsläpp borde detta område vara mycket intressant att arbeta vidare med för de flesta företag.

Angående teknologin har i princip alla företag egenutvecklade kontrollmjukvaror för att utifrån mätvärden och bildbehandling styra parametrar som temperatur, luftfuktighet, bevattning, ljus och näringstillförsel. Samtliga anger också att de arbetar med bildbehandling, maskininlärning och artificiell intelligens i odlingsprocessen för att utifrån mätdata och resultat ständigt förbättra hur man styr och öka kunskap. Hur effektivt detta är och vad det tillför i dagsläget i form av t ex ökad skörd framgår inte och har heller inte undersökts i examensarbetet. Helt klart är dock att digital styrning och artificiell intelligens teoretiskt innebär enorma möjligheter att optimera mikroklimatet och därmed tillväxten för den individuella grödan. Det hade varit mycket intressant att undersöka detta vidare och vad det kan innebära för en eventuell anläggning i Ljusekulla med tanke på hur snabbt utvecklingen går inom andra områden som är beroende av bildbehandling, maskininlärning och AI som t ex självkörande personbilar.

När det gäller användning av förnybara energikällor är de enda företag som trycker på detta 80 acres, Nordic Harvest och Plenty. Nordic Harvest använder sig av vindkraft, 80 acres vattenkraft och Plenty har inte angett energikälla. Det enda företag som lämnar uppgift om energiåtgång är Sanaan Sino Science som uppger att 1 kg bladgrönt kräver 8 kWh. Ur hållbarhetssynpunkt borde energiförsörjning och energiåtgång vara ett mycket intressant område för samtliga företag. Många av företagen har patenterade lösningar i sina odlingsystem vilket kan vara ett tecken på ekonomisk investeringsvilja och att företagen faktiskt har unik teknik. De flesta företagen som har gett information har automatiserade system från sådd till packning. För en vertikal odling i Ljusekulla borde kravet på förnybar energi vara självklart eftersom målet är en klimatpositiv stadsdel.

Syftet med undersökningen var att se om odlingen på Ljusekulla skulle kunna ersättas med en vertikal odling inomhus på en så liten basyta som möjligt. Ett antal odlingsanläggningar, odlingsystem och leverantörer undersöktes och det mått som föreslås är skördad energimängd. Som modellgröda användes machesallat och den skördade energin, 4 100 GJ/år, räknades om



till vikt, 5 100 ton/år. Slutsatsen gav att den minsta möjliga byggnadsytan med de system som undersökts är 1,0 hektar vilket är systemet från Sanaan Sino-Science. Det system som behöver näst minst yta är Intelligent Growth Solutions system med 1,4 ha och beräkningar med Spreads senaste anläggning gav ett behov av 1,25 ha. Eftersom utvecklingen går snabbt framåt vad gäller odlingsproduktiviteten och det är ett par år tills detta skulle vara aktuellt så känns det rimligt att anta det bästa alternativet. Dagens största anläggning där detta system används levererar enligt företaget 2 500 ton sallad /år vilket är ca hälften av vad som krävs för att ersätta odlingsbarheten i Ljusekulla. Vid undersökningarna har ingen anläggningen med högre angiven skörd/år hittats vilket innebär att detta är en mycket stor anläggning vid global jämförelse. Vissa stora odlingsföretag som t ex Plenty och Bowery Farming avslöjar dock inte sina produktionsnivåer utan anger dem ofta i en multipel av produktiviteten på friland. Om detta mäts i vikt, energi eller värde verkar variera. Avgörande för byggnadsytan är också hur mycket serviceyta som behövs och detta varierar med antal sorter som odlas och hur effektivt anläggningen körs enligt lean-principer som att det t ex är kundorderstyrt, låg lagerhållningen och att flödet är balanserat. Vissa företag, som t ex Bowery Farming, ansvarar för hela försörjningskedjan fram till kyldisken i butiken och anger att detta är deras största konkurrensfördel. De säger också att kostnaden för butiken att få salladsförpackningar levererad till butikshyllan är densamma för Bowerys produkter som produkterna som odlas på friland. Det finns en stor variation mellan de undersökta anläggningarna i hur stor del av ytan som är serviceyta. Skulle Skanska bygga en så här stor anläggning skulle den vara en av de första i denna storlek utifrån de data som samlats in. Ett genomförande av dylik anläggning skulle innebära ett stort mått av risk och osäkerhet, men utvecklingstakten inom branschen bådär gott för framtiden.

Slutligen skulle möjligheten att tillföra ytterligare värden till odlingshubben utöver att ersätta odlingsbarheten undersökas. Utifrån den föreslagna visionen för Ljusekulla skulle det kunna anses logiskt att implementera ett antal av de funktioner som diskuterats i uppsatsen. Normalt sett läggs inget större fokus på utsidan av vertikala inomhusodlingar. Ett exempel på en nybyggd vertikal inomhusodling är and-evers inomhusodling i Kuwait (se figur 21).



**Figur 23** and-evers nybyggda vertikala inomhusodling i Kuwait. Källa: and-evers presskit.

I de flesta fall ligger de vertikala inomhusodlingarna i industriområden och inte i bostadsområden och har endast som uppgift att vara ett skyddsskal till odlingen. Eftersom en tanke med odlingshubben i Ljusekulla är att skapa en plats där människor vill vistas blir utformning av utsidan viktig och likaså de funktioner som finns där. Visionen är också skapa matglädje och anknytning till odlingen. De funktioner som till att börja med föreslås är takväxthus för att det ska bli tydlig från utsidan att det pågår odling och för att det också är visuellt tilltalande. Takväxthuset kan också bidra med lokal försörjning av fruktbärande grönsaker som t ex tomat, gurka, aubergine, paprika och chili. Dessutom kan takväxthusets flöden integreras med byggnaden för att minska energiförbrukningen och ha en isolerande funktion. Med tanke på att stadsdelen skall var klimatpositiv är det viktigt att notera att byggnationen och driften av både takväxthus och vertikal inomhusodling kommer att bidra med en ökning av antalet utsläppta koldioxidkvivalenter. Denna kommer till någon okänd del att kompenseras av koldioxidbehovet hos odlingarna (5100 kg i skörd i den vertikala inomhusodlingen på 1 ha och 550 kg skörd i takväxthusodlingen på 1 ha). Det är viktigt att den positiva inverkan av odlingarna tas med när stadsdelens klimatpåverkan beräknas och även då man jämför vertikal inomhusodling med odling i takväxthus.

En lokal restaurang och trädgårdscafé känns som logiska komponenter för att kunna bidra med matglädje och inspiration men även för att promota grönsaker uppdrivna inomhus. Odling till andra restauranger med differentierade produkter är också en funktion som skulle bidra till positiv image och förmedlande av visionens budskap och odlingshubbens varumärke. Restaurangerna får också en direkt kontakt med odlingshubben och kan undvika mellanhänder och dessutom köpa lokalt odlade grödor året om efter önskemål. Det som kan tala emot det är att då krävs det att man både kör stordrift med få grödor och småskalig odling med många sorters grödor på samma plats.

När det gäller direktförsäljning genom andelsjordbruk skulle man kunna införa en liknande modell som andelsjordbruk, där en avsatt yta i produktionen är till för en medlemskaps odling. Konsumenter köper ett medlemskap i hubben och i utbyte får de grödor som går utanför den vanliga produktionen. Genom medlemskapsavgiften kan hubben odla en större variation av grödor, mer unika grödor eller grödor som medlemmarna önskar. Målet med denna typ av produktion är främst att skapa en relation mellan konsumenterna och hubben och ge en större transparens in i odlingen. Men även kunna erbjuda en större variation och skapa ett intresse för odling och mat.

Nästa beskrivna variant på direktförsäljning är gårdsförsäljning och syftet med denna skulle i detta fall kunna vara att skapa en bild och känsla av hubben som en bondgård. Det skulle också kunna bidra till att locka till sig externa besökare och sortimentet skulle kunna utökas genom samarbete med lokala odlare i Ljusekulla för att få ett mer komplett utbud. Försäljningen skulle kunna ske antingen utomhus eller i en "gårdsbutik" i likhet med traditionell gårdsförsäljning (Norrman, 2020). Hur detta bäst görs beror väldigt mycket på vilket arkitektoniskt uttryck hubben kommer att få.

Slutligen har direktförsäljning genom on-line försäljning beskrivits och detta är en möjlighet även om det inte direkt stödjer visionen så skulle det kunna bidra med intäkter för att göra hubben ekonomiskt hållbar. Även här skulle samarbete med andra lokala odlare i Ljusekulla kunna bidra till att öka sortimentet och odlingshubben skulle kunna fungera som en hubb även för andra odlare. Detta skulle förmodligen ställa krav på en större byggnad men också kunna bidra till både image och en ökad lönsamhet eftersom alla mellanled försvinner och hubben dessutom skulle ta på sig rollen som detaljist för andra odlare. Det är viktigt att betona att hubben skulle vara ett komplement och ett stöd till befintlig odling och inte en konkurrent utan den syftar till att öka det lokala innehållet. Om detta är lönsamt eller ej beror till stor del på hur man lyckas lösa de logistiska uppgifter som ofta utförs av specialiserade mellanhänder (Norrman, 2020). Det krävs att det företag som driver odlingshubben kan ta ett logistiskt helhetsgrepp för allt från ordermottagning, odlingsplanering, prognoshantering, lager och transport samt hantera osäkerheten i efterfrågan.

Generellt sett vad gäller försäljning kan det geografiska läget i närheten av Långeberga utnyttjas för att utöka sortimentet med grödor som inte odlas i hubben som t ex olika typer av rotsaker. Detta utökade sortiment kan naturligtvis vara till nytta i övriga funktioner som restaurang och café. I detta utökade sortiment kan ju också lokalt förädlade produkter som sylt, vin, picklade grönsaker m m ingå.

Nivån på forskning och utveckling varierar mycket mellan de beskrivna företagen ofta beroende på hur stark kopplingen till universitet är. Utbildning i någon form har de flesta. Forskning, utveckling och utbildning kan vara ett komplement till den kommersiella odlingen för hubben. Detta genom att utveckla produkter och metoder för verksamheten men också för att skapa delaktighet och trovärdighet i branschen vilket gynnar på lång sikt. Samarbete med olika utbildningsinstitutioner på olika nivåer skulle även skapa en nära relation till samhället. Att delta i forskning och utveckling innebär också att företaget måste hålla sig ajour med de senaste innovationerna. Dock är denna inriktning inte nödvändig för att uppnå visionen. Tänkvärt är att inget av företagen som undersökts betonar logistikutveckling mer förutom Bowery men med tanke på antalet varianter och försäljning till slutkund och det faktum att man arbetar med begränsad hållbarhet borde logistikprocessen vara ett intressant forsknings- och utvecklingsområde.

Funktioner som skapar en social samlingsplats var också mycket olika mellan de olika företagen. Aktiviteter och event inom t ex matlagning och odling skulle stötta visionen medan vissa val av aktiviteter skulle kunna verka i direkt motsatt riktning så det känns viktigt att välja dessa med omsorg. Att placera odlingslotter för boende i området skulle däremot gynna visionen och skapa både delaktighet, kontakt med mat och odling och utgöra en naturlig samlingsplats i omgivningen. Detta skulle också bidra till att öka känslan av "bondgård" och skapa en genuin atmosfär. Slutligen undersöktes funktionen inkluderande arbetsplats men detta är förmodligen inte något grundläggande för att stötta visionen men inte heller något som talar emot den.

Utifrån dessa värden och den undersökta nödvändiga volymen på hubben har två förslag på utformning av hubben tagits fram tillsammans med arkitekt Thomas Holtenäs och dessa två visas i figur 24 och 25. Förslag 1 visas i figur 24 och där finns den vertikala inomhusodlingen i en kvadratisk byggnad med ytan 1 ha och höjden 14 m och med takväxthus på hela byggnaden. Utanför "Ljusekulla Gård" ligger odlingslotter för boende. Förslag 2 visas i figur 25 och där finns den vertikala inomhusodlingen i två odlingskuber med ytan 0,5 ha vardera med höjden 14 m och med en mellanliggande lägre byggnad på 1780 m<sup>2</sup> med takväxthus. I den mellanliggande byggnaden finns restaurang och trädgårdscafé, serviceyta för packning av grödor, forskning och utveckling och gårdsförsäljning.



**Figur 24** Förslag 1 - vertikal inomhusodling och takväxthus på 1 ha vardera. Arkitekt Thomas Holtenäs.



**Figur 25** Förslag 2 - två enheter för vertikal inomhusodling om 0,5 ha vardera samt mellanliggande byggnad med övriga funktioner och takväxthus på 1780 m<sup>2</sup>. Arkitekt Thomas Holtenäs.

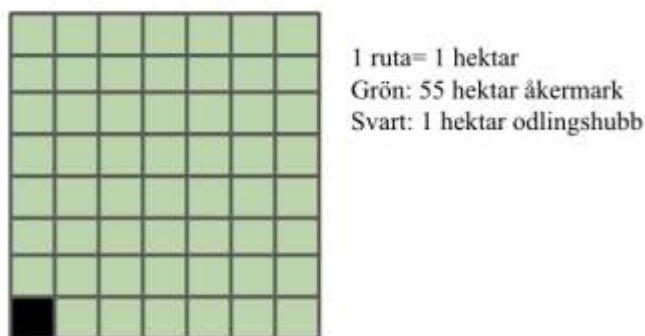
I båda fallen är tanken att odlingen av bladgrönt och kryddor inomhus skall ersätta energivärdet från dagens odling och därutöver skulle takväxthuset bidra med ca 400 GJ (ca 550 ton) i förslaget enligt figur 24 där takväxthuset är 10000 m<sup>2</sup> och ca 70 GJ (ca 100 ton) i förslaget enligt figur 25 där takväxthuset är 1780 m<sup>2</sup>. Skörden i takväxthuset grundar sig på medelstora

tomater i enlighet med Jordbruksverkets bedömningar för växthusodling i Södra Götaland (55 kg/m<sup>2</sup>) där energiinnehållet för tomater angetts till 730 kJ/kg (Livsmedelsverket, 2021).

En verksamhet med vertikal inomhusodling, takväxthus, restaurang, gårdsförsäljning, trädgårdscafé skulle ge ett antal nya lokala arbetstillfällen. Exakt hur många är svårt att avgöra men ett företag som angett en siffra på hur många personer som går åt för att driva en vertikal inomhusodling som levererar 420.000 kg om året är Jones Food Company. De anger att det krävs sex personer för deras odling i Lincolnshire, Storbritannien. Görs ett antagande att dessa personer tjänar i snitt 30000 kr/månad och sociala utgifter för företaget uppgår till 63% resulterar det i en direkt lönekostnad för driften av inomhusodlingen på drygt 8 kr/kg bladgrönt. Räknas det om till inomhusodlingen som krävs för ersättning av odlingsbarheten som skulle behöva leverera 5 100 ton så behövs det drygt 70 personer bara för driva inomhusodlingen. Övriga funktioner som takväxthus, restaurang, gårdsförsäljning, on-line försäljning har också potential att skapa många fler arbetstillfällen. Bra företag att jämföra med för att undersöka detta skulle vara Lufa Farms för takväxthus och on-line försäljning. Lufa Farms odlar idag i takväxthus på en total yta av 27900 m<sup>2</sup> och har totalt ca 500 anställda inklusive alla företagsfunktioner och ansvarar då själva för leveranser till kunder och pick-up ställen. Det skulle också vara ett unikt tillfälle att skapa en hubb som kan bli ett nav i Sverige vad gäller stadsodling och dess miljöaspekter.

Framtida arbete skulle kunna vara att göra en övergripande affärsplan med budget för att se hur intressant ett sådant företagskoncept skulle vara rent ekonomiskt. Det skulle också vara bra att besöka, undersöka och benchmarka ett antal av de framgångsrika företagen som finns inför en sådan övning. Även att utföra ett pilotprojekt för att testa det tekniska konceptet och bygga kunskap för att kunna välja rätt system och utvärdera om teorin håller. Dessutom skulle det vara intressant att göra skarpa offertförfrågningar till ett antal företag för vertikala odlingssystem såväl som takväxthus för att få större kunskap och bättre information.

Det är tänkvärt att det teoretiskt sett skulle vara möjligt att ersätta dagens odling av havre, vete, korn, raps och ärtor på 55 ha i energiinnehåll med en odling på 1-1,5 ha, se figur 26, och vad detta kan betyda för framtiden.



**Figur 26** Ytan för en vertikal inomhusodling jämfört med dagens odling i Ljusekulla då energiinnehåll undersökts. Källa: Pauline Wengelin

Många företag som odlar vertikalt inomhus anger mycket högre siffror än så men det är ofta ganska oklart hur de har räknat. Av de företag som analyserats anger Plenty högst skörd i

förhållande till frilandsodling, 350 gånger så hög, men har då, vad som kan utläsas, räknat ekonomiskt. Många andra anger att de räknat på samma grödor på friland som inomhus och uppger siffror i storleksordningen 100-150 gånger högre skörd per areaenhet. Analys av ersättningsyta skulle också kunna göras utifrån andra aspekter än energiinnehåll som t ex proteininnehåll, skörden i kg om det förutsätts att samma grödor odlas på friland som i den vertikala inomhusodlingen, ekonomisk vinst där t ex vilken yta med dyrare grödor som t ex medicinalväxter som behövs för att ersätta dagens ekonomiska vinst av frilandsodlingen. Bedömningen utifrån denna studie är att det är viktigt att skaffa lokal kunskap i Sverige för att kunna vara en del av den globala utvecklingstrenden och att detta kan vara en väldigt viktig teknik att bemästra för framtiden både vad gäller vertikal inomhusodling och takväxthus.

## 6. Slutsats

Den första delen av uppsatsen undersökte vad som kunde vara ett lämpligt jämförelsemått för att kunna säkerställa att odlingarna i Ljusekulla området är ekvivalenta före och efter exploatering. Där skördad energi konstaterades vara det bästa måttet för tillämpning i denna uppsats.

Målet med andra delen av arbetet var att undersöka om det överhuvudtaget är rimligt att ha visionen att ersätta odlingsbarheten med odling inomhus eller om detta var en utopi. Slutsatsen i denna uppsats är att det är möjligt att ersätta skördad energi som odlas i området i dag med en vertikal inomhusodling som odlar bladgrönt baserat på dagens teknologi och hur andra befintliga odlingsföretag bedriver verksamhet. Den energi som odlas idag omfattar 4 100 GJ och skulle kunna ersättas av en inomhusodling i en byggnad på 1 ha och med en höjd av 14 m vilket få anses vara en rimlig storlek på byggnad inom Ljusekulla området. Föreslagen storlek på inomhusodling är större än någon av de odlingar som hittats under arbetets gång. Detta arbete ska därför ses som en första indikation och idéstudie som visar att det är värt att gå vidare och undersöka konceptet ytterligare och mer i detalj tillsammans med företag som idag kör och levererar stora anläggningar.

Tredje delen av arbetet hade som syfte att föreslå ytterligare funktioner förutom vertikal inomhusodling för att uppfylla visionen för hubben och detta arbete resulterade i två förslag på implementering..

## 7. Referenser

- Andersson et al, Fogelfors red, 2015. *Vår mat - odling av åker och trädgårdsgrödor - biologi, förutsättningar och historia*. Studentlitteratur AB, Lund.
- Appoloni et al, 2021. *The global rise of urban rooftop agriculture: A review of worldwide cases*. Journal of cleaner production Vol 296, Art 126556.
- Asseng et al. Gerten red, 2020. *Wheat yield potential in controlled-environment vertical farm*. PNAS-Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol 117, No 32, 19131-19135.
- Banerjee & Adenaueer, 2014. *Up, up and away! The economics of vertical farming*. Journal of agricultural studies, Vol 2, No 1.
- Benke & Tomkins, 2017. *Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture*. Sustainability: science, practice and policy, 13:1, 13-26.
- Birkby, 2016. *Vertical farming*. ATTRA Sustainable agriculture. A program of the national center for appropriate technology.
- Bong-Hyun & Joon Ho, 2020. *A study on modular plant factory using morphological image processing*. Department of Computer Engineering, Seowon University & Department of Electronics Convergence Engineering, Wonkwang University. Electronics 2020, 9, 1661; doi:10.3390/electronics9101661.
- Ceron-Palma et al, 2012. *Barriers and opportunities regarding the implementation of rooftop ecological greenhouses (RTEG) in mediterranean cities of Europe*. Journal of urban Technology.
- Chole et al, 2021. *Vertical farming: controlled environment agriculture*. Just Agriculture, Vol 1, Issue 5.
- Freight Farms, 2021. *Privat meddelande med kommunikatör*.
- Freisinger et al , 2015. *There's something growing on the roof. Rooftop greenhouses. Idea, planning, implementation*. Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF).
- Goddek et al, 2019. *Aquaponics food production systems*. Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future.
- Honeydew, 2016. *Gardening: Hydroponics for self sufficiency - Vegetables, herbs and berries*.
- Håkansson et al, Ascard red, 2015. *Ekonomi för växthusodling*, Jordbruksverket och SLU Partnerskap. Tillgänglig[2021-01-25]:[https://www2.jordbruksverket.se/download/18.620be87916320c7a6ea27a13/1525324418546/jo18\\_10.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/download/18.620be87916320c7a6ea27a13/1525324418546/jo18_10.pdf)
- Högberg, 2010. *European tomatoes comparing global warming potential, energy use and water consumption from growing tomatoes in Sweden, the Netherlands and the Canary Islands using life cycle assessment*. Examensarbete, Institution of Environmental Analysis, Chalmers University of Technology och SIK, Swedish institute for food and biotechnology.
- Inagro 2021 (a), Privat meddelande med Ine Pertry, Inagro.
- Johansson, 2020. *Stadsodling som en hållbarhetsstrategi: dess betydelse för ekologisk och*

- social hållbarhet- En fallstudie om ekostaden Augustenborg*. Examensarbete  
Institutionen för kulturgeografi och ekonomisk geografi, Lunds universitet.
- Jordbruksverket, 2017. *Exploatering av jordbruksmark 2011–2015*.
- Koley et al 2019. *Training manual on recent advances in horticulture and postharvest technologies for livelihood security*. ICAR Research Complex for Eastern Region.
- Kozai et al, 2019. *Plant factory, an indoor vertical farming system for efficient quality food production, 2nd Edition*.
- Lang, 2010. *The changing face of community-supported agriculture*. Culture & Agriculture Vol 32, Issue 1, 17–26.
- Lufa Farms, 2021: Privat kommunikation.
- Leonardsson red, 2020. *Jordbruksstatistisk sammanställning 2020 med data om livsmedel - tabeller*. Statistiska centralbyrån (SCB) och Jordbruksverket. Tillgänglig [2021-02-24]:[https://jordbruksverket.se/download/18.a0435ae174da57583ee3d34/1601628645765/Hela\\_JS.pdf](https://jordbruksverket.se/download/18.a0435ae174da57583ee3d34/1601628645765/Hela_JS.pdf)
- Ljungberg, 2020. *Omställning till hållbara livsmedelssystem - kommersiell stadsodling i Stockholm*. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, Institutionen för skogsekonomi. Examensarbete.
- Malik, 2020. *Urban farming: production comparison of basil and oak leaf lettuce in two hydroponic growing systems - An industrial collaborated study in Sweden - Swedish University of Agricultural Sciences, SLU, Department of Biosystems and Technology*.
- Modu et al, 2020. *A survey of smart hydroponic systems*. Advances in science, Technology and Engineering Systems Journal Vol 5, No 1, 233-248.
- Munoz-Liesa et al, 2020. *Quantifying energy symbiosis of building-integrated agriculture in a mediterranean rooftop greenhouse*. Renewable energy Vol 156, pp. 696-709.
- Möller-Nielsen, 2008. *Energin & koldioxiden i svensk växthusodling 2008 - TOMAT LCA*. Sigill Kvalitetssystem AB och Cascada AB. Tillgänglig[2021-05-21]:  
[http://cascadaab.se/sv/rapporter/publikationer/rapport\\_2\\_pdf.pdf](http://cascadaab.se/sv/rapporter/publikationer/rapport_2_pdf.pdf).
- Nandwani, 2016. *Organic farming for sustainable agriculture*. Sustainable Development and Biodiversity Vol 9.
- Nilmarkson, 2021. Telefonintervju Lennart Nilmarkson 7 februari 2021.
- Norrman et al, 2020. *Logistikutmaningar, lönsamhet och tillfredsställelse i svenska alternativa korta matkanaler*. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, Institutionen för arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi. Landskap, trädgård och växtproduktionsvetenskap rapportserie, 2020:12.
- Orsini (a) et al, 2020. *Features and function and multifunctional urban agriculture in the global North: A review*. Frontiers in sustainable food systems 2020, Vol 4, Art 562513.
- Orsini (b) et al, 2020. *Sustainable use of resources in plant factories with artificial lightning*. European Journal of Horticultural Science, Vol 85 (5), 297-309.
- O’Sullivan et al, 2019. *Strategies to improve the productivity, product diversity and profitability of urban agriculture*. Elsevier Agricultural Systems Vol 174.
- Ouammi et al, 2020. *A decision support tool for the optimal monitoring of the microclimate*



- environments of connected smart greenhouses*. IEEE.
- Peter et al, 2017. *Do GHG emission calculations from energy crop cultivation reflect management cultivation practices - A review of carbon footprint calculators*. Elsevier, Renewable and sustainable energy review, Vol 67, 461-476.
- Plakias et al, 2020. *Direct marketing channel choices among US farmers: evidence from the local food marketing practices survey*. Renewable Agriculture and Food Systems 35, 475–489. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000085>
- Pons et al, 2015. *Roofs of the future: rooftop greenhouses to improve building metabolism*.
- Raviv et al, 2019. *Soilless Culture: Theory and Practice*. 2nd edition
- Shamshiri et al, 2018. *Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture*. International Journal of Agriculture and biological engineering, Vol 11, No 1.
- Sanjuan-Delmas et al, 2018. *Environmental assessment of an integrated rooftop greenhouse for food production in cities*. Journal of cleaner production.
- Sanye-Mengual et al, 2015. *An environmental and economic life cycle assessment of rooftop greenhouse (RTG) 4 implementation in Barcelona, Spain*. The International Journal of Life Cycle Assessment , March 2015, DOI: 10.1007/s11367-014-0836-9 .
- SCB, 2020. *Sveriges framtida befolkning 2020–2030 – Län och kommungrupper*.
- SharathKumar et al, 2020. *Vertical farming: moving from genetic to environmental modification*. Trends in Plant Science, August 2020, Vol 25, No 8.
- Skanska, 2021. Privat samtal med Johan Larsson.
- United States Department of Agriculture (USDA), 1993. *Defining community supported agriculture. An EXCERPT from community supported agriculture (CSA): An annotated bibliography and resource Guide*. Tillgänglig [2021-04-01]: <https://pubs.nal.usda.gov/sites/pubs.nal.usda.gov/files/csadef.html>
- Urrestarazu et al, 2018. *Artificial lighting in agriculture*.

## Hemsidor:

- Association for Vertical farming (AFVF) Tillgänglig [2021-03-07]: <https://vertical-farming.net/>
- Boverket, 2020. Tillgänglig [2021-03-18]: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/bostadsmarknadsenkaten/>
- Coop, 2021. Tillgänglig [2021-05-05]: <https://www.coop.se/handla>
- The Culpeper, 2021. Tillgänglig [2021-04-27]: <https://www.theculpeper.com/>
- Elskling, 2021. Tillgänglig[2021-05-05]: <https://www.elskling.se/>
- E.o.N Fjärrvärme, 2021. Tillgänglig[2021-05-05]: <https://www.eon.se/foeretag/vaerme-och-kyla/for-foretag-som-har-fjarrvarme/fjarrvarmepriser>
- E.o.N El, 2021. Tillgänglig[2021-05-05]: <https://www.eon.se/content/dam/eon-se/swe-documents/swe-expertpriser-el-foretagskund.pdf>
- Europeiska kommissionen. Tillgänglig [2021-03-07]: <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming/organic-prd>

[uction-and-products\\_sv](#)  
Farm.One, 2021. Tillgänglig [2021-04-05]: <https://farm.one/>  
The Green House, 2021. Tillgänglig [2021-04-28]:  
<https://www.thegreenhouserestaurant.nl/about-the-green-house/>  
Gro Spiseri, 2021. Tillgänglig [2021-04-27]: <https://www.grospiseri.dk/>  
Inagro, 2021(b). Tillgänglig [2021-04-14]: <https://www.inagro.be/>  
IVL, 2020. Tillgänglig [2021-05-23]:  
<https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3faef/1591706082111/C433.pdf>  
Kubo, 2021. Tillgänglig [2021-04-14]: <https://www.kubogroup.nl/>  
Lantmäteriet (2021). Helsingborg. Flygfoto [Kartografiskt material].  
Tillgänglig [2021-05-18]: <https://minkarta.lantmateriet.se/>  
Livsmedelsverket, 2021. Tillgänglig [2021-02-24]:  
<http://www7.slv.se/SokNaringsinnehall/Home/FoodDetails/4445>  
Malmö slottsträdgård, 2021. Tillgänglig [2021-04-28]:  
<https://malmo.se/Uppleva-och-gora/Natur-och-parker/Slottstradgarden/>  
Nexus, 2021. Tillgänglig [2021-04-14]: <http://www.nexuscorp.com/>  
SCB, 2021. Tillgänglig [2021-03-18]:  
<https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/sveriges-befolkning/>  
SCB, 2020. Tillgänglig [2021-05-19]:  
[https://www.scb.se/contentassets/bcda4f8050ab4bd496c7e12196bcb623/be0401\\_2020i30\\_sm\\_be18sm2002.pdf](https://www.scb.se/contentassets/bcda4f8050ab4bd496c7e12196bcb623/be0401_2020i30_sm_be18sm2002.pdf)  
SCB, 2018. Tillgänglig [2021-03-18]:  
<https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/tatorter-i-sverige/>  
SLU Institutionen för energi och teknik, 2016. Tillgänglig [2021-05-10]:  
<https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/klimatpaverkan/>  
Tirups ortagård, 2021. Tillgänglig [2021-04-29]: <http://www.tirupsortagard.se/>  
Tomatens hus, 2021. Tillgänglig [2021-04-29]: <https://tomatenshus.se/>  
University of Nevada, Reno. Tillgänglig [2021-03-07]:  
<https://extension.unr.edu/healthykids/pub.aspx?PubID=2756>  
Vertical farms, 2021. Tillgänglig[2021-05-21]: <https://verticalfarms.com.au/>  
Østergro, 2021. Tillgänglig [2021-04-27]:<https://www.oestergro.dk/>

## **Företagsdata:**

### **Aerofarms**

-Tillgänglig [2021-02-24]: <https://aerofarms.com/>  
-Tillgänglig [2021-02-24]:<https://www.dreamgreens.com/>  
-Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.crunchbase.com/organization/aerofarms>

### **Agrotopia**

-Tillgänglig [2021-04-27]:  
[https://www.smiemansprojecten.com/en/projects/rooftop\\_roeselare](https://www.smiemansprojecten.com/en/projects/rooftop_roeselare)  
-Tillgänglig [2021-04-27]:<https://leden.inagro.be/agrotopia/>  
-Tillgänglig [2021-04-27]: <https://www.hortidaily.com/article/9281252/rooftop-greenhouse-agrotopia-is-taking-shape/>

## **and-ever**

- Tillgänglig [2021-02-22]: <https://and-ever.com/locations>
- Tillgänglig [2021-02-22]: <https://news.sap.com/20/04/indoor-farming-ever-revolutionize-food-chain/>
- Tillgänglig [2021-02-22]: <https://www.cnbc.com/2020/12/21/ever-ceo-says-indoor-vertical-farm-will-produce-1point5-tons-of-produce.html>
- Tillgänglig [2021-02-22]: <https://agrifoodinnovation.com/2020-review>

## **BIGH**

- Tillgänglig [2021-05-03]: <https://bigh.farm/>
- Tillgänglig [2021-05-03]: <https://www.zoominfo.com/c/bigh-farms/457126483>

## **Bowery farming**

- Tillgänglig [2021-03-11]: <https://boweryfarming.com/>
- Tillgänglig [2021-03-11] <https://craft.co/bowery-farming>

## **Ecco-Jäger**

- Tillgänglig[2021-04-01]: <http://www.ecco-jaeger.ch/>
- Tillgänglig[2021-04-01]:[http://www.dnb.com/business-directory/company-profiles.ecco-%C3%A4ger\\_fr%C3%BCchte\\_gem%C3%BCse\\_ag.fdb52e85f2dc4a6c580a162ec094832b.html](http://www.dnb.com/business-directory/company-profiles.ecco-%C3%A4ger_fr%C3%BCchte_gem%C3%BCse_ag.fdb52e85f2dc4a6c580a162ec094832b.html)

## **ElevateFarms**

- Tillgänglig [2021-03-11]: <https://elevate.farm/>
- Tillgänglig [2021-03-11]: <https://www.elevatedirect.ca/>

## **Farm.One**

- Tillgänglig[2021-04-15]: <https://farm.one/>

## **Gotham Greens**

- Tillgänglig[2021-04-06]: <https://www.crunchbase.com/organization/gotham-greens>
- Tillgänglig[2021-04-06]: <https://www.gothamgreens.com/>

## **The Green House**

- Tillgänglig[2021-05-01]: <https://www.thegreenouserestaurant.nl/about-the-green-house/>
- Tillgänglig[2021-05-01]: <https://www.hortidaily.com/article/42168/Dutch-restaurant-has-rooftop-greenhouse-with-LED-lighting/>

## **Groof**

- Tillgänglig[2021-05-01]: <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/groof/>
- Tillgänglig[2021-05-01]: <https://www.construction21.org/pg/pages/view/53197/community>

## **Grönska**

- Tillgänglig [2021-02-26]: <https://www.gronska.org/>
- Tillgänglig [2021-02-26]: <https://www.allabolag.se/5590008933/gronska-stadsodling-365-ab>
- Tillgänglig [2021-02-26]: <https://www.sverigesmiljomal.se/larande-exempel/vertikal-odling-av-orter-och-gronsaker-i-staden/>
- Tillgänglig [2021-02-26]: <https://digital.di.se/artikel/gronska-skalar-upp-vertikala-odlingen-siktat-pa-svarta-siffror-redan-i-ar>
- Tillgänglig [2021-02-26]: <https://www.crunchbase.com/organization/gr%C3%B6nska>

## **ICTA-ICP**

- Tillgänglig[2021-04-28]: <https://www.uab.cat/web/el-centre-icta-uab/edifici-del-icta-1345819913784.html>

## **Intelligent Growth Solutions**

- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.intelligentgrowth.io/>

## **Jones Food Company**

- Tillgänglig [2021-02-26]: <https://www.jonesfoodcompany.co.uk/>

## **Lufa Farms**

- Tillgänglig [2021-05-02]: <https://montreal.lufa.com/en>
- Tillgänglig [2021-05-02]: <https://www.crunchbase.com/organization/lufa-farms>

## **Nordic Harvest**

- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.nordicharvest.com/>
- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.businesswire.com/news/home/20201207005006/en/>

## **Plantlab**

- Tillgänglig [2021-03-09]: <https://www.plantlab.com/press/a-visit-to-plantlab-vertical-farmings-best-kept-secret/>
- Tillgänglig [2021-03-09]: <https://thespoon.tech/plantlab-nabs-e20m-to-open-new-vertical-farming-locations/>
- Tillgänglig[2021-03-09]: <https://www.verticalfarmdaily.com/article/9274840/dutch-scale-up-plantlab-launches-first-production-site-in-usa/>
- Tillgänglig[2021-03-09]: <https://www.hortidaily.com/article/9237506/plantlab-to-open-new-vertical-farms-with-eu20m-investment/>

## **Plenty**

- Tillgänglig [2021-03-09]: <https://agfundernews.com/plenty-scoops-up-140m-in-series-d-round-led-by-driscolls-and-softbank.html>
- Tillgänglig [2021-03-09]: <https://www.plenty.ag/about-us/>
- Tillgänglig [2021-03-10]: [https://www.youtube.com/watch?v=p\\_P3hWlzlU](https://www.youtube.com/watch?v=p_P3hWlzlU)

- Tillgänglig [2021-03-10]: <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2020/11/20/?sh=59ca4a267a57>
- Tillgänglig [2021-03-10]: <https://www.youtube.com/watch?v=81GPqH74E94>
- Tillgänglig [2021-03-10]: <https://zipgrow.com/wp-content/uploads/Planting-A-ZipGrow-Tower.pdf>

### **Sanaan Sino-Science**

- Tillgänglig [2021-03-05]: <https://company.greentech.nl/?a=20wuA+j46KCJzJRzSVadKVDi89O1RGSwo7NhAUcZK+I>
- Tillgänglig [2021-03-05]: <https://www.sananbious.com/>
- Tillgänglig [2021-03-05]: <https://www.sananbio.com/>

### **Spread**

- Tillgänglig [2021-02-25]: <https://www.spread.co.jp/en/>
- Tillgänglig [2021-02-25]: <https://technofarm.com/en/innovation/>
- Tillgänglig [2021-02-26]: <https://www.ft.com/content/f80ea9d0-21a8-11ea-b8a1-584213ee7b2b>

### **Urban Crop Solutions**

- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://test.urbancropsolutions.com/>

### **Vertical Harvest**

- Tillgänglig[2021-04-26]: <https://verticalharvestfarms.com/>

### **YesHealthGroup**

- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.yeshealthgroup.com/>
- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.dropbox.com/sh/gj659fq3ur30zsn/AACI3CWRC AEOPtY0wtihtKV0a?dl=0&preview=Introduction+to+YesHealth+Group.pdf>
- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.youtube.com/watch?v=HNvCyw1I0Rk>

### **80 acres**

- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.80acresfarms.com/>
- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://infinite-acres.com/>
- Tillgänglig [2021-02-24]: <https://www.virgo-llc.com/articles/198-80-acres-farms>
- Tillgänglig [2021-02-24]: [https://www.hortibiz.com/news/?tx\\_news\\_pi1%5Bnews%5D=37963&cHash=f1ca64d575e4fc6d09b6a26826844d2d](https://www.hortibiz.com/news/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=37963&cHash=f1ca64d575e4fc6d09b6a26826844d2d)

### **Presskit:**

- GOOD BANK, 2021. Presskit, Tillgänglig [2021-05-08]
- and-ever, 2021. Presskit, Tillgänglig [2021-05-03]

## 8. Figurförteckning

- Figur 1 Helsingborg och Ljusekulla området, s 10.  
*Källa: Lantmäteriet (2021).*
- Figur 2 Arbetsflöde, s 11.  
*Källa: Pauline Wengelin*
- Figur 3 Nordic Harvest ritning, nybyggd vertikal odling i Köpenhamn, s 21.  
*Källa: Nordic Harvest presskit.*
- Figur 4 Hydroponiska system, s 22. 1. NFT, 2. DWC, 3.Ebb and flow, 4. Drip Hydroponik 5. Wick hydroponik, 6 Aeroponik, 7. Aquaponik.  
*Källa: Pauline Wengelin*
- Figur 5 Plentys odling Tigris med ZipGrowsystem, s 31.  
*Källa: Plentys presskit Fotograf: Spencer Lowell*
- Figur 6 Plentys anläggning Tigris automatiserad anläggning i Kalifornien, s 33.  
*Källa: Plentys presskit. Fotograf: Spencer Lowell.*
- Figur 7 and-ers helautomatiserade anläggning i Kuwait. Odling sker i slutna klimatmoduler och även hantering utanför klimatmodulen är automatiserade, s 35.  
*Källa: and-ers presskit.*
- Figur 8 Transporter i Nordic Harvest anläggning i Köpenhamn med AGV (automated guided vehicles för interna transporter), s 35.  
*Källa: Nordic Harvest presskit.*
- Figur 9 Ytjämförelse frilandsodling och vertikal inomhusodling i Ljusekulla, s 39.  
*Källa: Pauline Wengelin*
- Figur 10 Lufa farms anläggningar fyra takväxthus (från vänster uppe till höger nere) i Montreal; Ahuntsic (2880 m<sup>2</sup>), Anjou (3995m<sup>2</sup>) , de Laval (5853 m<sup>2</sup>) och Vincent Saint-Laurent (15218 m<sup>2</sup>), s 43.  
*Källa: Lufa farms presskit.*
- Figur 11 Agrotopias takväxthus - översikt, s 45.  
*Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architetturbureau.*
- Figur 12 Agrotopias fasadväxthus från två olika håll. Betongsilosarna innehåller näringsbevattningen, s 45.  
*Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architetturbureau.*
- Figur 13 Flöden mellan Agrotopia och MIROM, s 46.  
*Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architetturbureau.*
- Figur 14 Takodlingen Østergro och restaurangen Gro Spiseri i Köpenhamn, s 47.  
*Källa: Gro Spiseri presskit.*
- Figur 15 Den vertikala odlingen och restaurangen GOOD BANK i Berlin, s 47.  
*Källa: GOOD BANK presskit.*
- Figur 16 Trädgårdscafeet i Malmö slottsträdgård, s 48.  
*Fotograf: C Samuelsson*
- Figur 17 Tirups Örtagård i Staffanstorps, s 49.  
*Fotograf: C Samuelsson*
- Figur 18 Det vertikala odlingsföretaget Farm.One i New York, s 49.

- Källa: Farm.One presskit.*
- Figur 19 GROOF-projektet “J’habite mon jardin” i Tours, Frankrike, s 51.  
*Källa: Bilden ingår i presskit från “J’habite mon jardin”.*
- Figur 20 Agrotopias utbildningsväg. Anläggningen är tänkt att användas som ett levande labb, s 53.  
*Källa: Inagro, van Bergen Kolpa Architecten och Meta Architetuurbureau.*
- Figur 21 Odlingslotter i Malmö slottsträdgård, s 54.  
*Fotograf: C Samuelsson*
- Figur 22 Anställda i Vertical Harvest’s växthus i Wyoming, s 58.  
*Källa: Källa: Vertical Harvest’s presskit.*
- Figur 23 and-evers nybyggda vertikala inomhusodling i Kuwait, s 58.  
*Källa: and-evers presskit.*
- Figur 24 Förslag 1 - vertikal inomhusodling och takväxthus på 1 ha vardera, s 60.  
*Arkitekt Thomas Holtenäs.*
- Figur 25 Förslag 2 - två enheter för vertikal inomhusodling om 0,5 ha vardera samt mellanliggande byggnad med övriga funktioner och takväxthus på 1780 m<sup>2</sup> s61.  
*Arkitekt Thomas Holtenäs.*
- Figur 26 Ytan för en vertikal inomhusodling jämfört med dagens odling i Ljusekulla då energiinnehåll undersökts, s 62.  
*Källa: Pauline Wengelin*

## 9. Tabellförteckning

- Tabell 1 Jämförelsemått odlingsbarhet, s 12.
- Tabell 2 Odlingsareal och hektarskörd för dagens grödor i Ljusekulla, s13.  
*Källa: Andersson et al, 2015, Jordbruksverket och Nilmarksson, 2021.*
- Tabell 3 Totalskörd (ton) och energiinnehåll (MJ) för aktuella grödor i Ljusekulla och snitt över 9 år, s 15.  
*Källa: Jordbruksverkets statistik, 2020 och Andersson et al, 2015.*
- Tabell 4 Skörd per byggnadsvolym för olika vertikala odlingsfabriker och containrar, s 15.  
*Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 5 Skörd vid konventionell växthusodling av olika grödor i Sverige, s 15..  
*Källa: Håkansson et al, 2015, Jordbruksverket*
- Tabell 6 Kategorier och frågor för kartläggning av odlingsföretag inom vertikal odling, s 17.
- Tabell 7 Vilken påverkan på värdena har de olika funktionerna, s 18.
- Tabell 8 Undersökta parametrar för takväxthusföretag, s 19.
- Tabell 9 Beskrivning av exempel på dataflöde i en modern vertikal inomhusodling, s 25.  
*Källa: Shamshiri et al, 2018.*

- Tabell 10 Avgifter fjärrvärme och el i södra Sverige (kr/kWh) exklusive moms, s 26.  
*Källa: E.o.N, 2021 och Elskling, 2021.*
- Tabell 11 Företagsfakta om odlingsföretag och leverantörer av odlingsystem, s 29.  
*Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 12 Fakta om företagens odlingsystem, s 31. *Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 13 Fakta om företagens teknologi, s 33. *Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 14 Fakta om företagens odlingsparameterar, s 36.  
*Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 15 Skörd av bladgrönt i förhållande till basyta och odlingsyta, s 37.  
*Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 16 Takhöjd, volym och yta för de tre yteffektivaste odlingsystemen, s 39.  
*Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 17 Takväxthusföretag - företagsfakta, s 40. *Källa: hemsidor enligt referenslista.*
- Tabell 18 Takväxthusföretagens odlingar, s 41. *Källa: hemsidor enligt referenslista.*

## 10. Diagramförteckning

- Diagram 1 Energiinnehåll i MJ/ton för olika grödor och ersättningskörd i ton/år, s 41.