



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Kommersiella takväxthus ur ett svenskt perspektiv

Commercial rooftop greenhouses from a Swedish perspective

Robin Meijer



Självständigt arbete • 15 hp
Trädgårdsingenjör:odling – kandidatprogram
Alnarp 2015

Kommersiella takväxthus ur ett svenskt perspektiv

Commercial rooftop greenhouses from a Swedish perspective

Robin Meijer

Handledare: Helena Karlén, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Sven Nimmermark, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0495

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör:odling – kandidatprogram

Examen: Trädgårdssingenjör, kandidatexamen i trädgårdsvetenskap

Ämne: Trädgårdsvetenskap EX0495

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: juli, 2015

Omslagsbild: Lufa Farms Ahuntsic at sunset av Lufa Farms, CC BY NC SA 2.0 (Från Flickr [online], tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/94385898@N05/8902167507/> [2015-06-03])

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Växthus, takväxthus, hydroponik, odling, stadsodling, vertikal odling

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Detta arbete har skrivits under en period då jag arbetat heltid och studerat heltid. Detta är inget jag skulle rekommendera någon annan att göra. Jag tycker att det blir för mekaniskt och strikt. Dessutom går det inte att schemalägga inspiration och energi. Trots detta är jag nöjd med mina prestationer och kan inget annat än att tacka alla som varit involverade i detta projekt. Framförallt skulle jag vilja rikta ett stort tack till Hanna Henriksson som bistått mig med inspiration och energi när jag behövt den som allra mest. Men jag vill också passa på att tacka min handledare Helena Karlén. Utan hennes kunskaper, kontakter och glöd hade kanske inte detta arbete blivit av. Mitt sista tack går till Jonas Möller Nielsen som bistått med sina kunskaper på ämnesområdet. Jag önskar nu inleda detta arbete med ett citat. Läs och begrund!

The visions we offer our children shape the future. It matters what those visions are. Often they become self-fulfilling prophecies. Dreams are maps. I do not think it irresponsible to portray even the direst futures; if we are to avoid them, we must understand that they are possible. But where are the alternatives? Where are the dreams that motivate and inspire? We long for realistic maps of a world we can be proud to give to our children. Where are the cartographers of human purpose? Where are the visions of hopeful futures, of technology as a tool for human betterment and not a gun on hair trigger pointed at our heads? (Sagan, 1994, s 69).

Summary

The 21st century has been called an urban century. For a country like Sweden, this is motivated by the fact that 85 percent of the country's population now reside in urban areas. However, the growing trend towards a more urbanized world does not pass us by without any negative effects. With urban sprawl eating away at agricultural land, pushing it away ever so slightly with every passing year, the distance between producers and consumers keeps on increasing. This has led the county of Skåne to ban all new construction work on agricultural lands. With this act, urban areas might cease to expand, paving way for denser cities. But this may lead to less space being available for urban farming, an alternative way of producing food in urban areas. In this literary review an attempt is made to investigate the possibility of growing food products on a commercial scale in rooftop greenhouses. The purpose of the thesis is to investigate how these greenhouses would function in Sweden. To achieve this, companies who work with roof top greenhouses have been studied. Also both Swedish and international research has been reviewed.

The results show that rooftop greenhouses differ very little from ordinary greenhouses on the ground. But rooftop greenhouses also have many things in common with green roofs. For example, they both exhibit weight related problems when put on roofs. However they also benefit the city in similar ways. Both are known to enhance a building, an area, or a city's storm water management. Furthermore, they may improve the insulation of their respective buildings, both during the summer and the winter months. The green roof adds value by increasing biodiversity. A greenhouse is instead a producer of food. The greenhouse could also be connected to the ventilation system of the building it stands on. This would allow the whole complex to exchange energy and gases in a more controlled manner, further adding to the environmental benefits of rooftop greenhouses.

However rooftop greenhouses are not without problems. A primary concern is related to the high investment costs, low profit margins on food products as well as long payback times. Other problems include the load bearing capacity of interesting buildings, how the greenhouses may be heated and watered as well as how high the harvests may be. Possible solutions may be to use different types of sales models. Others serve to decrease building loads by choosing materials that weigh less and also distributing loads effectively. Choices for heating the greenhouse include waste heat from other buildings or nearby industries, district heating and/or natural gas. In order to provide adequate amounts of water to the plants, rainwater may be collected and used, but preferably not as the only source. If the building requires more rainwater than can be harvested, municipally sourced water may be necessary. For a rooftop greenhouse, the harvests are expected to be the same as in an ordinary greenhouse on the ground. Preliminary calculations show that lettuce grown in pots is a better option than growing tomatoes. These generate higher incomes but also serve to lower the need for greenhouse heating. This has to do with the fact that lettuces require less heat than for example tomatoes.

This paper concludes that commercial rooftop greenhouses might have a chance in some Swedish urban areas. It is however advisable to carefully study all aspects of such an endeavor.

Sammanfattning

Det har sagts att tjugohundratalet är urbaniseringens århundrade. Detta stämmer inte minst för Sverige, där 85 procent av landets befolkning idag bor i urbana miljöer. Detta sker emellertid inte utan vissa upppoffringar och negativa effekter. Med städernas utbredning har allt mer jordbruksmark tagits i anspråk för bebyggelse. Städerna utgör på detta sätt ett konstant tryck mot landets jordbruksmarker och avståndet mellan producent och konsument ökar som aldrig förr.

Detta har lett till att region Skåne satt stopp för alla nybyggnationer på skånsk åkermark och manar istället till en förtätning av de urbana ytorna. Denna utveckling kan emellertid leda till nya problem för de rörelser som arbetar med stadsodling. Med tätare städer kan konkurrensen om de kvarvarande markytorna bli större. Det kan därför vara intressant att undersöka alternativa sätt att odla livsmedel i städerna. Inom ramarna för detta arbete har möjligheten att odla livsmedel i takbyggda växthus undersökts. Syftet har varit att ta fram fakta om hur kommersiella takväxthus skulle fungera i Sverige och hur denna produktionsform skiljer sig från traditionellt markbyggda växthus. Arbetet är utformat som en litteraturstudie där befintliga företag inom takväxthusområdet har undersökts. Dessutom har svensk och internationell forskning på området studerats. Exempel på uppvärmningsbehov, vattenbehov och skördenivåer har också utretts.

Resultaten visar att takväxthus skiljer sig väldigt lite från markbyggda växthus, men har också mycket gemensamt med gröna tak. Dels genom att båda koncepten kan väga relativt mycket, men också i hur exempelvis dagvatten kan hanteras. Både takväxthus och gröna tak bidrar till att förbättra en stads dagvattenhantering. De isolerar dessutom byggnaden de är installerade på, sommar så väl som vinter. Gröna tak bidrar utöver detta till en ökad biodiversitet i staden, medan takväxthus som fördel kan leverera lokalt producerade livsmedel. Takväxthusets flöden föreslås också kunna sammankopplas med den underliggande byggnaden för att ytterligare effektivisera miljöfördelarna från takväxthuset. Problemen för takväxthus innefattar bland annat höga investeringskostnader, låga marginaler på frukt och grönt, långa återbetalningstider och tunga laster. Dessutom kan frågorna om hur de ska värmas, hur bevattningen ska ske och vilka skördar som kan förväntas ställa till problem. Lösningarna på dessa problem är flera, men inte alltid enkla. Bland annat kan innovativa försäljningsmodeller bidra till att öka företagets lönsamhet. Tillkommer gör också stora besparingar i uppvärmning, då takväxthus tar väl till vara på värmeläckaget från byggnaden det står på. Samtidigt får takväxthuset en exponering som många trädgårds- och växthusföretag saknar. När det gäller laster så kan dessa i vissa fall reduceras genom att välja material som väger mindre och genom att noga planera för hur inredningsdetaljerna kan spridas på takets yta.

Växthusen föreslås i arbetet kunna värmas med hjälp av restvärme från byggnader och industrier runt om, men även fjärrvärme och olika gasbrännare kan bli aktuella. Bevattningen skulle med fördel för både företaget och staden kunna ske med insamlat regnvatten. Problemet med detta är vad som händer om regnvattnet inte räcker till. Då kan resterande vattenbehov behöva köpas in av kommunen. Skördarna i ett takbyggt växthus förväntas inte skilja sig nämnvärt jämfört med ett markbyggt. Preliminära beräkningar har i arbetet gjorts på kruksallat och tomater. Här har det visat sig att kruksallat med stor sannolikhet genererar högst inkomster per kvadratmeter växthusyta räknat. Kruksallat har även visat sig behöva mindre värme än tomat, vilket medför att växthusets effektbehov kan vara lägre om denna kulturväxt skulle odlas i ett takväxthus. Sammantaget bedöms takväxthus kunna fungera i vissa storstäder i Sverige, men det är ytterst viktigt att noga överväga alla aspekter. Eftersom växthuset med stor sannolikhet kan bli väldigt dyrt krävs en noga utarbetad affärsidé för att detta ska gå att genomföra i Sverige.

Innehållsförteckning

Introduktion	1
Odling på mark, väggar och tak i Sverige och norra Europa	1
Takväxthus som en del av samhällets energieffektivisering	2
Syfte & Målbeskrivning.....	4
Avgränsningar	4
Precisering av frågeställningar.....	4
Disposition.....	4
Metod	4
Resultat.....	5
Takväxthus: en internationell utblick.....	5
Stadsodlad mat och livsmedelssäkerhet.....	5
Faktorer som påverkar takväxthusets placering.....	6
Vikter och laster i takväxthus.....	7
Uppvärmningssystem och energibehov i svenska växthus.....	9
Bevattningssystem, vattenkällor och behov.....	12
Kulturval och skördepotential i takväxthus	15
Högavkastande affärsmodeller.....	16
Diskussion	18
Slutsatser	20
Referenser.....	21

Ordförklaringar

Gråvatten

Avloppsvatten från kök, bad- och tvättrum exklusive urin och fekalier från vattenklosetter (National Encyklopedin u.å.).

Restvärme

Restvärme kallas ofta också för spillvärme och utgörs av värme som vårt samhälle inte använder. Värmen kan bestå av rök, kylvatten eller ventilationsluft (Länsstyrelsen i Kronoberg, 2014).

Stadens värme-ö

Stadens värme-ö kallas ibland också för den urbana värme-ö-effekten. Begreppet beskriver hur städernas uppbyggnad skapar ett klimat som är varmare än omkringliggande landsbygd (Thorsson, 2012).

Substrat

Används i texten synonymt med odlingssubstrat och odlingsmedium. Det avser då det material som växterna odlas i, till exempel kokosfibrer, torv eller pimpsten.

Hydroponik

I Hydroponiska odlingssystem används ingen jord (Resh, 2012). Växterna får istället sin näring via bevattningsvattnet, den så kallade näringslösningen.

Akvaponik

Ordet akvaponik beskriver ett odlingssystem som i princip kombinerar fiskodling (akvakultur) och hydroponik i ett integrerat system (Khalil, 2014). I sin enklaste form så blir fiskens avföring till näring för växterna. Via näringsupptag renar växterna vattnet som i sin tur cirkulerar tillbaka till fisken.

Introduktion

Tjugohundratalet beskrivs av Ghosh (2004) som urbaniseringens århundrade. Idag rymmer Sveriges städer och tätorter nästan 85 % av den svenska befolkningen (Statistiska centralbyrån, 2014). Till följd av detta menar Ghosh (2004) att den urbana utglesningen förstört både åkermark och skog. Samtidigt har en säker tillgång på livsmedel blivit ett allt större problem. Detta har lett till att Länsstyrelsen i Skåne förbjudit all nybyggnation på skånsk åkermark (Persson *et al.*, 2012). I en rapport från Region Skåne (2013) dras slutsatsen att för att expansionen ska kunna ta slut, måste städerna istället förtätas.

Förtättningskraven skapar emellertid nya motsättningar. Trenden att odla mat i eller i närheten av staden har de senaste åren fått ett nytt uppsving. Nu konkurrerar stadsodling om samma mark som det kanske finns tankar om att bygga bostäder på. Tillkommer gör också det faktum att stadens yta är knapp och därför dyr. Men staden är emellertid inte bara platt. Våra byggnader har väggar och tak som hittills inte utnyttjats i någon särskild utsträckning. När problematiken med brist på mark nu lyfts fram mer och mer har det därför blivit aktuellt att även använda dessa ytor. Detta arbete handlar om en extrem form av takanvändning, kommersiella takväxthus i svenska stadsmiljöer. Arbetet tar sitt avstamp i hur odlingen sakta men säkert rört sig från mark till takoch vilka andra utvecklingslinjer som talar för konceptets potential.

Odling på mark, väggar och tak i Sverige och norra Europa

Möjligheten att använda vertikala och horisontella ytor i det svenska taklandskapet har öppnat dörrar för flera svenska företag. Det Lommabaserade företaget Hagmanns, (2013) har exempelvis börjat anlägga växtväggar i flera svenska städer. År 2013 installerade företaget en stor växtvägg på fasaden till Högevallsbadet i Lund. Samma år anlade Ambius (2013) i samarbete med stadsbyggnadsförvaltningen en växtvägg på Pumphuset vid Sundstorget i Helsingborg. Andra företag har fokuserat direkt på taken. Veg Tech (u.å.) och Byggros (2011) arbetar med att anlägga så kallade gröna tak. Dessa kan bestå av ett delvis eller helt täckande lager vegetation (Castleton *et al.*, 2010) och kan vara mer eller mindre intensiva eller artrika.

Nyttan med gröna tak är flera. I en artikel på hemsidan byggnyheter (2009) beskrivs gröna tak kunna öka en byggnads isoleringsförmåga, förlänga livslängden på ett taks tätskikt och dämpa buller. Dessutom renar vegetationen luften från skadliga partiklar och bidrar till att förbättra stadens dagvattenhantering. Detta kan förklara varför så många nya gröna tak anläggs varje år. Enligt Johan Thiberg på Veg Tech, som intervjuades i artikeln ovan, anlades år 2009 cirka 100 000 kvadratmeter gröna tak per år.

Gröna tak kan delas in i tre kategorier: extensiva, semi-intensiva och intensiva (Green Roof, u.å.). De extensiva taken består av sedum, ört- och mossmattor medan semi-intensiva tak istället har inslag av gräs och buskar. De tyngsta och intensiva taken kan även inkludera träd och likställs av Dunnett & Nolan (2004) med takträdgårdar. Intresset för dessa har inte varit lika stort som för de extensiva taken. Men nu ökar också intresset för en mer intensifierad användning av städernas hustak.

På den svenska bostadsmarknaden har intresset för takträdgårdar som ett bostadskomplement ökat. Ett exempel på detta är de grönytor som ska anläggas på bostadsrättsföreningen klätterträdet tak i Göteborg. Där ska husets tak erbjuda lägenhetsinnehavarna tillgång till både grönytor och odling (Veidekke, 2013). Denna utveckling speglar de undersökningar som Carlsson-Kanyama *et al.*, (2014) gjort om takväxthus för bostad- och hyresrättsföreningar.

Exempel på odlingsprojekt i lite större skala återfinns i Danmark. Där odlas ekologiska livsmedel på ett 600 kvadratmeter stort tak i Köpenhamn (Kobenhavnergron, u.å.). Satsningen är en del av odlingsprojektet Östergro och syftar till att agera inspirationskälla för stadens invånare. I en annan dansk satsning planeras fisk ingå i en 400 kvadratmeter stor akvaponisk takodling (IGFF, u.å.). Men situationen för takväxthus är en annan. I Sverige finns idag inga kommersiella exempel på dessa och forskningen är knapp. Men i norra Europa finns ett framträdande exempel. År 2012 byggde företaget Urban Farmers ett 250 kvadratmeter stort takväxthus i Basel, Schweiz (Urban Farmers, 2012). Där odlar företaget både grönsaker och fisk i ett så kallat akvaponiskt odlingsystem. I detta kombineras fiskodling (akvakultur) och hydroponik i ett integrerat system som gynnar både fisken och växterna (Khalil, 2014).

Takväxthus som en del av samhällets energieffektivisering

I Sverige har intresset för stadsodling skett parallellt med en stark utveckling på området restvärme. Här syftar flera projekt till att öka samhällets energieffektivisering och många gånger kan detta ske i ett samspel med vår livsmedelsproduktion.

Ett exempel på detta är trenden att i markbyggda växthus utnyttja restvärme från närliggande industrier (Nilsson & Nimmermark, 2013). Denna idé har det svenska företaget Plantagon tagit till nya höjder. De håller på att utveckla växthusteknologier där växter ska odlas i höghusliknande komplex. Växthusen skall kunna placeras intill industrier där ett utbyte av värme, koldioxid och restprodukter kan ske (Plantagon, u.å.). Företaget beskriver utbytet som en sorts industriell symbios där växtrester från växthuset ska kunna rötas och gasen brännas i en biogasanläggning. Denna ska i sin tur kunna leverera koldioxid, växtnäring och restvärme till växthuset.

En liknande symbios har också uppstått inom ramen för utvecklingsprogrammet Swedish Surplus Energy Collaboration (SSE-C), som startades 2012 (Tillväxt Trädgård, 2015). Programmet drivs av Sveriges Lantbruksuniversitet som tillsammans med industriföretag och kommuner samarbetar för att ta fram energieffektiviserande lösningar. Programmet svarar bland annat på frågan om hur det skulle gå att utnyttja den värme som energi- och industriföretag varje år kylv bort. Nu är tanken att energin skall komma till nytta i bland annat livsmedelsproduktion. En konkret vision för hur detta skall gå till har livsmedelsföretaget Findus varit med och tagit fram (Helsingborgs Dagblad, 2013).

Findus vill med sitt projekt Food Valley of Bjuv skapa en mötesplats där stora och små företag skall kunna utbyta kunskap. Förhoppningen är att Food valley of Bjuv skall bli ett innovationscentrum för livsmedelsproduktion (Helsingborgs Dagblad, 2013; Bjuvs Kommun, 2014). Rent praktiskt har detta yttrat sig i form av att Findus nu vill bygga växthus i Bjuv (Bjuvs Kommun, 2014). Findus har dessutom börjat samarbeta med företaget Vegafish som planerar att odla räkor på Findus område (Findus, 2014). Räkorna kommer att odlas i ett slutet system, vilket hindrar läckage till miljön. Räkorna utfodras med hållbart foder och odlas utan antibiotika. Odlingsystemet är landbaserat och vattnet skall värmas upp med hjälp av restvärme. Från dessa satsningar kan steget mot att istället installera växthus på våra städers tak och på så vis ta till vara på restvärme - te sig kort. Konceptet har dessutom mycket gemensamt med gröna tak, ett idag väl utforskat ämne.

I jämförelsen med gröna tak är den mest uppenbara och gemensamma nämnaren kanske höga vikter. Men båda koncepten visar också på liknande fördelar. Forskning har visat att gröna tak kan sänka en byggnads värmeläckage på vintern med mellan 10 och 30 % (Lui & Minor, 2005). Det har även visats att gröna tak på sommaren bidrar till att reducera värmeflödet in i den underliggande byggnaden med mellan 70-90 %. Denna fördel är emellertid inte reserverad för gröna tak, utan gäller alltså även takväxthus.

Kommersiella varianter av takbyggda växthus har behandlats av flera forskare och organisationer de senaste åren (Cerón-Palma *et al.*, 2012; Sanyé-Mengual *et al.*, 2015; Freisinger *et al.*, 2015). I Sverige har forskningen däremot stått relativt still, alternativt handlat om andra typer av takväxthus. Internationellt har däremot forskningen resulterat i storskaliga satsningar. De två företag som lett utvecklingen inom takväxthus går under namnen Gotham Greens och Lufa Farms och de är eniga om likheterna med gröna tak. Enligt Gotham Greens (u.å. b) hemsida isolerar deras takväxthus den underliggande byggnaden både vinter och sommartid. Denna process sker per automatik när ett växthus installeras på ett tak och gynnar då båda parter.

Växthuset värms till viss del upp av det naturliga värmeläckage som byggnaden under står för. Men till skillnad från vegetationstaken produceras i dessa ätliga produkter året om.

Syfte & Målbeskrivning

Syftet är att ta fram fakta om kommersiella produktionsväxthus för att också detta alternativ ska finnas med när användandet av städernas tak diskuteras. Arbetet kommer att undersöka takväxthusets för- och nackdelar samt skillnaderna mellan tak- och markbyggda växthus. I arbetet görs en jämförelse mellan takväxthus och traditionellt markbyggda växthus utifrån faktorer som kan skilja sig åt mellan dessa. Dessa faktorer inkluderar luftföroreningar, placering, vikter och laster, uppvärmning, bevattning och affärsmodeller. Målet är att detta skall ge en bild av förutsättningarna för kommersiella takväxthus i Sverige.

Avgränsningar

De juridiska aspekterna faller utanför området trädgårdsvetenskap och tas därför enbart upp i diskussionen. Arbetet kommer inte att behandla byggnadstekniska frågor mer djupgående.

Precisering av frågeställningar

- På vilka sätt skiljer sig takväxthus från markbyggda växthus?
- Vilka är takväxthusets för- och nackdelar?
- Hur ser skördepotentialen och därmed ekonomin för takväxthus ut?

Disposition

Arbetet inleds med en kort litteraturstudie som undersöker takväxthus ur ett internationellt perspektiv. Arbetet skiftar sedan fokus och undersöker skillnaderna mellan ett takbyggt och ett markbyggt växthus. Parallellt framhålls också takväxthusets för- och nackdelar, varefter arbetet knyts ihop med en kort genomgång av vilka produkter som är mest lönsamma att odla.

Metod

Arbetet är upplagt som en litteraturstudie. Informationen är primärt hämtad via sökmotorerna Google Scholar och Web of Science. Men eftersom ämnet är så nytt som det är, har dessutom mycket hemsidor och videoklipp studerats. Då har Google och Youtube varit värdefulla informationskällor. Hemsidorna som använts har till stor del handlat om företag, men har också

bestått utav nyhetssidor. Videoklippen från Youtube har spelats in på konferenser med företagsledare och forskare. De har spelat en stor roll för arbetet eftersom företagen idag är så upptagna att de inte kan ta intervjuer med enskilda studenter.

Resultat

Takväxthus: en internationell utblick

Internationellt sett har majoriteten av utvecklingen på området skett i Nordamerika, där kommersiella takväxthus varit gångbara sedan flera år tillbaka. Där har företagen Lufa Farms och Gotham Greens drivit på utvecklingen. Men allting började egentligen år 2011 då Lufa Farms öppnade sitt första kommersiella takväxthus i Montreal, Kanada (Lufa Farms, u.å. a). Samma år öppnade Gotham Greens sin första anläggning i Brooklyn, New York (Gotham Greens, u.å. a). Sedan dess har fler anläggningar byggts och ännu fler är planerade. Närmare Sverige har företaget Urban Farmers (2012) som tidigare beskrivits i introduktionen, satsat stort på ett nytt projekt i Europa. Där har företaget planer på att öppna Europas största kommersiella takväxthus (Priva, 2015). Växthuset kommer att installeras ovanpå en gammal Philipsfabrik i Haag, Nederländera och väntas uppta en yta på 1200 kvadratmeter. I den underliggande byggnaden ska företaget odla fisk och växter med hjälp av artificiellt ljus.

Stadsodlad mat och livsmedelssäkerhet

Ett orosmoment kopplat till stadsodlad mat är risken för föroreningar (Smit *et al.*, 2001). Stadsodlade produkter kan kontamineras av stadens vatten, jord eller luft. Föroreningarna kan bestå av tungmetaller som härstammar från industrier och bilavgaser. De luftburna partiklarna kan färdas långa sträckor innan de deponeras. Vid kontakt med växtlighet kan de då tas upp via växternas rötter eller blad. Växternas förmåga att ta upp, förflytta och lagra tungmetaller baseras på samma mekanism som växterna använder för att ta upp näringsämnen (Energidepartementet i USA, 1994). Växter som ackumulerat för mycket tungmetaller kan utgöra en potentiell hälsorisk för konsumenter (Smit *et al.*, 2001). Flera studier pekar dock på att stadsodlade grödor generellt inte bör vara farliga att konsumera (Smit *et al.*, 2001; Tondel, 2010). Dessa studier utgår dock ifrån stadsodling utomhus och i jord. Nelkin & Caplow (2008) har istället sökt svar på om tungmetallerna arsenik, bly och kvicksilver skulle kunna vara ett problem i växthusodlade grödor i en urban miljö. I deras försök uteslöts jorden till fördel för ett hydroponiskt odlingssystem och deras resultat kunde inte påvisa några rester utav tungmetaller på gruppens skördade produkter.

Detta kan enligt St. Lawrence, (1996) som refererar till McLaughlin, (1996) möjligen förklaras av hur upptaget av tungmetallerna fungerar. De menar att växternas primära upptag av tungmetaller främst sker via rötterna i jorden. I försöket av Nelkin & Caplow (2008) användes ingen jord och det samma gäller för marknadens ledande takväxthusföretag, Lufa Farms och Gotham Greens (Lufa Farms, u.å.b; Gotham Greens, u.å.a). Även där odlas växterna i hydroponiska system och möjligheter för rening av vattnet existerar.

Faktorer som påverkar takväxthusets placering

Takbyggda växthus är i de flesta avseenden väldigt lika sina markbyggda motsvarigheter. Men för att hitta och analysera hur pass lämplig en specifik plats är, ställs speciella krav på både platsens och byggnadens utseende (Freisinger et al., 2015). Dessa krav har att göra med den studerade byggnaden, de närliggande omgivningarna men också staden det planeras för. Passar ett kommersiellt takväxthus verkligen in på just den här platsen? I den här omgivningen eller staden? För markbyggda växthus är situationen något enklare. Där är planeringen av transportererna inom företaget, så väl som till och från företaget en viktig parameter (Möller Nielsen, 2008). Det är även viktigt att ta hänsyn till växthusets placering i relation till vädersträcken. Ett rektangulärt växthus bör exempelvis placeras mednocken i öst-västlig riktning för att släppa in så mycket ljus som möjligt.

Tillgången på ljus är också viktigt för odling i stadsmiljö och totalt avgörande för växthusföretaget Gotham Greens. De ville odla mat i kommersiella växthus nära slutkonsumenten, men hade problem att förena detta mål med skugg effekterna i New York (Nelkin, 2012). Därför valde Gotham Greens att bygga sitt första växthus på ett tak. På detta tema är höjden en annan viktig fråga, som i sin tur går att koppla till riskerna med förhöjda vindhastigheter (Freisinger *et al.*, 2015; Möller Nielsen, 2015, personligt meddelande). Men med byggnaden i fokus står det snart klart att fler frågor kräver svar. Till exempel är storleken på byggnadens tak en viktig parameter som går att koppla till potentiella skördenivåer och således hanteringen av investeringskostnaderna. Takets lutning och konstruktion är en annan. Taket ska helst vara helt plant, men några graders lutning kan fungera. Sedan måste takväxthuset också placeras så att det möjliggör för transporter. Gods måste kunna transporteras från och till växthuset, vilket innebär att det då behöver installeras en hiss eller en ramp upp till taket. Med takbyggda växthus blir också frågan om takets och byggnadens bärighet intressant (Freisinger *et al.*, 2015; Nelkin, 2012). Detta är en fråga som också är viktig för gröna tak (Stovin

et al., 2007). Avseende detta är det viktigt att studera alla för byggnaden viktiga laster (Freisinger *et al.*, 2015). Dessa kan inkludera rörliga laster, snölaster och lastreserver.

Några mer externa problem har att göra med luftföroreningar (Freisinger *et al.*, 2015), brandrisker (Möller Nielsen, 2008) och försäljnings- samt distributionsmodeller (Nelkin, 2012). Placeringen i staden kan öka risken för brand och skadegörelse. Om växthuset placeras i närheten av ett bostadsområde skulle fyrverkeripjäser till exempel kunna tända eld på växthusets täckmaterial (Möller Nielsen, 2008). Det är därför viktigt att välja ett täckmaterial som är brandsäkert. Polykarbonat är både slagkraftigt och självslocknande, varför det tillsammans med glas rekommenderas i närheten av bostadsområden.

För att hitta en lämplig byggnad finns flera tillvägagångssätt. En idé kan vara att söka efter byggnader som konstruerats då äldre byggnadsregler förordade en högre specifik belastningskapacitet. Denna metod tillämpade Berger (2013) när hon undersökte hur äldre byggnadsföreskrifter i New York historiskt sett påverkat vilka laster olika byggnader anpassats för. Enligt Stovin *et al.*, (2007) kan äldre byggnader inneha högre belastningskapacitet än de som byggts de senaste 30 åren.

Vissa tak är lättare än andra att identifiera som lämpliga. Ett exempel är parkeringshus. Dessa ligger ofta centralt och är redan anpassade för höga vikter (The Globe and Mail, 2013). I stadens periferi finns potentiellt fler platser. Industriområden hyser enligt Sanyé-Mengual *et al.*, (2015) stora möjligheter för växthusproduktion. Taken i industribyar är både stora till ytan men också relativt homogena till utseendet. Detta är viktigt eftersom små växthusföretag kan ha svårt för att få ekonomin att fungera (Freisinger *et al.*, 2015). Med större tak kan växthusföretagen istället gynnas av stordriftsfördelar, vilket i sin tur kan leda till kortare återbetalningstider (Sanyé-Mengual *et al.*, 2015).

Vikter och laster i takväxthus

Huruvida ett tak lämpar sig för en växthuskonstruktion eller inte faller ofta på takets belastningskapacitet (Freisinger *et al.*, 2015). Med denna typ av konstruktioner blir vikten för alla ingående delar högaktuell. Men svaret på hur mycket ett växthus kan belasta en byggnad är inte helt enkelt och det går enligt Möller Nielsen, (2015, personligt meddelande) inte att uppge någon generell siffra för detta. Därför har detta arbete inte undersökt hur mycket ett typiskt växthus skulle kunna väga. Beräkningarna anses vara så pass unika för varje växthus och tak, att det kanske vore bättre att ta kontakt med de företag som bygger takväxthus för att undersöka saken vidare. Ett sådant företag är nederländska Kubo, som bland annat designat och byggt företaget Lufa Farms takväxthus i Montreal (Hage, 2014).

För markbyggda växthus är det vanligt att konstruktionen föregås av en geoteknisk undersökning av platsen (Möller Nielsen, 2008). Även här är det viktigt att marken kan hantera de laster som uppstår. I detta avseende är situationen för ett takväxthus principiellt den samma. Enligt Freisinger *et al.*, (2015) bör takets utseende och material noga undersökas för att se om ett växthus skulle fungera på platsen. Eftersom varje byggnad är unik måste de studeras noggrant innan beslut kan fattas om de är lämpliga eller inte (The Globe and Mail, 2013).

När växthusets vikt väl ska bestämmas är det dock viktigt att alla delar tas med, både själva växthuset, men också alla inredningsdetaljer (Möller Nielsen, 2015, personligt meddelande). Tillkommer gör också rörliga laster, det vill säga människor och andra tillfälliga laster (The Globe and Mail, 2013). Materialmässigt består växthuset av en stomme och ett ytterskal (Möller Nielsen, 2008). Stommens utformning kan se olika ut beroende på kultur och läge. Om växthusets tilltänkta läge är särskilt utsatt för snö, så utesluts till exempel växthustypen venlo (Nilsson & Nimmermark, 2013). Detta beror på att snö kan ansamlas mellan taknockarna, vilket kan leda till förhöjda snölaster. De kvarstående alternativen är då fribärande växthus, båghus, multispann eller pulpet (Möller Nielsen, 2008). Växthusstommen består av en grund, takstolsben, takstolar och åsen. Tillsammans med ytterskalets spröjs och täckmaterial av exempelvis glas eller plast utgör alla dessa komponenter laster som måste tas med i viktbestämmelsen. Sedan tillkommer vikten för inredningen. Den kan utgöras av vävar, bord, assimilationsbelysning, växter och deras substrat. Men även vatten bidrar till ökande laster. Vattenlasterna inkluderar då det fullt uppvattnade odlingssubstratet, vatten i bevattningssystemen och vattentankar.

Belastningen på byggnaden beror sedan på hur vikterna distribueras över takets tillgängliga yta (Nelkin, 2012). Till exempel utgör en vertikal vattentank en mer koncentrerad last än en lägre tank som är spridd på en större yta. Ur ett hållfasthetsperspektiv är detta dessutom mer fördelaktigt och mildare mot underlaget (Byggipedia, u.å.). Samma förhållande gäller all inredning i växthuset, där en smart fördelning av lasten är essentiell (The Globe and Mail, 2013).

Växthuset måste slutligen också dimensioneras för snö och vindlaster (Cascada, 2012). Dimensioneringen anpassas då alltid efter när kombinationen av laster är som mest ogynnsam för växthuset. Detta påverkas i sin tur av växthusets placering och form. Dimensioneringen av produktionsväxthus görs idag efter en internationell standard: *SS-EN 13031-1 Växthus: Dimensionering och utförande - Del 1: Växthus för yrkesmässigt bruk utan tillträde för allmänheten* (Swedish Standards Institute, 2002). För snölaster finns sedan en särskild standard: *SS-EN 1991-1-3 Eurokod 1 – Laster på bärverk - Del 1-3: Allmänna laster – Snölast* (Swedish Standards Institute, 2003). För växthus på tak är det extra viktigt att betänka hur den underliggande byggnaden

påverkas av de tillförda vindlasterna som växthuset skapar (Möller Nielsen, 2015, personligt meddelande). Ett växthus som är 5-7 meter högt skapar nämligen ett väldigt stort vindfång.

Uppvärmningssystem och energibehov i svenska växthus

Växthus är väldigt effektiva på att fånga solenergi (Nilsson & Nimmermark, 2013). Detta märks extra tydligt under de varmare delarna på året och då solen lyser som starkast. Då står solen för en majoritet av den värmeenergi ett växthus kan tänkas behöva. Stundvis är instrålningen till och med så hög att växthuset istället behöver kylas. Men när solens strålar inte når jorden, eller när utomhustemperaturen är för låg behöver emellertid växthuset ett tillskott av värmeenergi. Hur stort detta tillskott behöver vara beror bland annat på vilka växtslag som odlas. Traditionella växthuskulturer som tomat, gurka och paprika är exempelvis väldigt värmekrävande jämfört med gröna växter eller kryddväxter (Nilsson & Nimmermark, 2013).

För att möta växternas värmebehov på ett effektivt sätt behöver anläggningen ett korrekt dimensionerat uppvärmningssystem (Möller Nielsen, 2008). Detta måste dessutom på egen hand kunna värma hela anläggningen (Möller Nielsen, 2015, personligt meddelande). Uppvärmningssystemet kan bestå av en brännare, panna, värmeväxlare och en skorsten, men även värmepumpar kan användas (Möller Nielsen, 2008). Värmesystemet kan också kompletteras med en ackumulatortank som lagrar värmeenergi till kvällen och natten när temperaturen är lägre. Som energikälla kan sedan allt från olja och naturgas till pellets, ved, flis och torv användas (Möller Nielsen, 2008). Andra alternativ är fjärrvärme, biogas och restvärme (Nilsson & Nimmermark, 2013).

För takbyggda och urbant placerade växthus kan fjärrvärme vara ett särskilt intressant alternativ. Enligt Energimyndigheten (2011) innebär fjärrvärme att värmeenergi produceras i ett centralt värmeverk eller kraftvärmeanläggning, där det i det sistnämnda alternativet produceras både värme och el. Värmen distribueras sedan i ett nätverk av kulvertrör och kommer byggnader till godo via en fjärrvärmecentral. Enligt branschorganisationen för Sveriges fjärrvärmeföretag (Svensk Fjärrvärme, u.å.) är fjärrvärme den vanligaste uppvärmningsformen i Sverige. De skriver att fjärrvärmeverken i Sverige fasat ut olja till fördel för förnyelsebara bränslen. Därför menar de att fjärrvärme är ett bra och miljövänligt alternativ för uppvärmning. De menar vidare att leveranssäkerheten är hög och skulle det bli ett avbrott så finns reservanläggningar som kopplas in. Att problem trots detta kan uppstå framgår i en av Energimyndighetens (2011) rapporter. De skriver att det finns en viss risk för elavbrott vid mottagandet utav värmeenergin från fjärrvärme. Detta beror på att den mottagande byggnadens fjärrvärmecentral behöver el för att kunna ta emot värmen. Energimyndigheten menar dessutom att det finns skillnader i hur fjärrvärmen produceras, både vad avser bränslemixen och priserna på olika platser.

Claar & Larsson (2009) har studerat hur fjärrvärme skulle kunna förse en tomatodling med värmeenergi helt på egen hand. De har i sitt arbete använt fjärrvärmepriser från Göteborgs Energi och kommit fram till att om fjärrvärme används som enda energikälla blir priset på tomaterna för högt för att kunna säljas via grossist. Därför menar de att anläggningen borde ha ett extra uppvärmningssystem som kan tas i bruk när fjärrvärmepriserna är som högst. Detta system skulle kunna kombineras med naturgas, den energikälla som Lufa Farms använder i sitt takväxthus. Om denna konfiguration kombineras med en ackumulatortank så kan värmen sparas till natten, medan koldioxiden från förbränningen kan komma växterna till godo under dagen (Möller Nielsen, 2008). Naturgasen skulle också kunna bytas mot biogas, men för detta krävs pannor och utrustning som kan hantera de svavelföreningar som kan finnas i biogasen.

Med takbyggda växthus öppnas också dörren för en nyare variant av restvärmeutnyttjande. Detta sker i en tid då väldigt många krafter verkar för att öka Sveriges utnyttjande av denna restprodukt. Intresset för detta betonas av de stora satsningar och samarbeten som tidigare beskrivits i detta arbete (Tillväxt Trädgård, 2015; Plantagon, u.å.; Findus, 2014). Växthus uppvärmda med hjälp av restvärme kan som en del av denna utveckling bli allt mer vanliga (Nilsson & Nimmermark, 2013). Ett bra exempel på detta återfinns hos företaget Söderlinds ekologiska grönsaker i Jönköping. Deras växthus värms upp av restvärme från grannens biogasanläggning (KRAV, 2015).

I dessa system kan värmen tillkomma i form av lågradigt vatten och kan sedan distribueras på olika sätt. Nilsson & Nimmermark, (2013) beskriver i sin rapport en metod som innebär att varmvatten pumpas runt i växthusets skal. Andra tillvägagångssätt kan innefatta rör dragna under växthusets bord. Men restvärme, som i detta arbete används som en synonym till spillvärme eller värmeläckage kan också komma direkt från en byggnad. Detta sker enligt Mohamed Hage, VD för Lufa Farms i deras takbyggda växthus i Montreal (Hage, 2014).

Fördelen med att placera växthus på tak är dels användandet av en outnyttjad yta, men också det faktum att växthuset kan utnyttja den värme som annars bara läckt från den underliggande byggnadens tak. Denna värme beskrivs av Hage, (2014) bidra med en betydande del av Lufa Farms effektbehov. Han påstår att deras takväxthus i Montreal använder 50 procent mindre värmeenergi än ett motsvarande markbyggt växthus hade gjort. Men denna vinst är inte ensidig. Växthuset isolerar i retur den underliggande byggnaden, vilket bidrar till att sänka dess effektbehov med upp till 25 procent. Skillnader i byggteknisk standard mellan Sverige och Kanada kan dock innebära helt andra förhållanden i Sverige.

En senare teknikutveckling utgörs av integrerade värmesystem. Exempel på dessa återfinns i Gowanus, Brooklyn, där växthusföretaget Gotham Greens (u.å.a) integrerat sitt värmesystem med matbutiken Whole Foods i byggnaden under. Blir växthuset för varmt och behöver kylas, menar Nelkin & Caplow, (2008) att ett integrerat system kan möjliggöra evaporativ kylning, s.k. "evaporative cooling". Med ett integrerat system skulle växthuset med dessa tekniker kunna kyla dels sig självt, men också den underliggande byggnaden varma dagar.

Om växthusföretaget önskar sänka sitt effektbehov ytterligare finns fler möjligheter. Växterna kan exempelvis odlas i så kallade låggradiga energisystem, vilket essentiellt innebär att växter med höga värmekrav utesluts ur odlingssystemet (Nilsson & Nimmermark, 2013). Istället för 18-20 graders lufttemperatur (tomat), eller 22-23 (gurka) skulle temperaturen istället kunna ligga mellan 15-20 (kryddväxter) eller 15-18 (gröna växter). Då kan växthuset hålla en lägre temperatur vilket i sin tur sänker byggnadens effektbehov.

En annan effektsänkande metod är att i möjligaste mån se till att växthuset isoleras på ett korrekt sätt. Detta kan göras med hjälp av energivävar, men valet av täckmaterial spelar också stor roll (Möller Nielsen, 2008). Täckmaterialets önskvärda inneboende egenskaper med låga U-värden och hög ljustransmission skulle kunna åstadkommas med helt nya täckmaterial, men även konventionella täckmaterial till växthus så som glas skulle kunna få bättre egenskaper. Med en lågemissiv beläggning skulle mer infraröd värme stanna i växthuset och en antirefektiv beläggning skulle kunna öka glasets transmissionsförmåga i den fotosyntesaktiva delen av ljusspektrat (Karlsson *et al.*, 2014).

Nilsson & Nimmermark, (2013) har försökt konkretisera vad allt detta betyder genom att beräkna energibehovet i ett svenskt växthus som värms med eller utan restvärme. I deras uppskattning utgår de från två växthus, ett på 2000 kvadratmeter och ett på 200 kvadratmeter. Växthusens täckmaterial består i det ena exemplet av enkelglas och i det andra av tvåskiktplast. Beräkningarna inkluderar flera scenarion för temperaturen på restvärmen. Denna är i ena exemplet 11-21 °C och i det andra 16-26 °C varm. Växthusen är 6 meter höga, beräknat på väggarna och av typen Venlo. Båda växthusen använder mörklägningsväv som är öppen om dagen och fördragen om natten. Restvärmen tillsförs som beskrivits tidigare växthusets skal, det vill säga i väggar och tak. Beräkningarna visar att ett växthus med tvåskiktad plast har ett lägre effektbehov än motsvarande växthus av enkelglas. Dessutom påverkas effektbehovet av restvärmens temperatur och växthusets önskade temperatur. Vid odling av gröna växter som har ett temperaturkrav på 15-18 grader kan med fördel en maxtemperatur om 18 grader väljas.

Tabell 1: Överslagsmässig beräkning av energibehov per kvadratmeter växthusyta under olika förhållande

Energibehov i kilowatt-timmar (kWh) beräknat per kvadratmeter för ett växthus på 2000 kvadratmeter med tvåskiktspplast och önskad lufttemperatur om 18 °C.		
Energibehov utan restvärme	Energibehov med restvärme på 11-21 °C	Energibehov med restvärme på 16-26 °C
267 kWh	212 kWh	54 kWh

(Nilsson & Nimmermark, 2013).

Siffrorna i tabell 1 baseras på ett 2000 kvadratmeter stort och markbyggt växthus. De finns med för att ge en översiktlig bild av hur energibehovet i ett markbyggt växthus kan se ut. Situationen på ett tak ser dock annorlunda ut. Hage, (2014) från Lufa Farms påstår till exempel att energibehovet i deras takväxthus är 50 procent lägre jämfört med ett markbyggt växthus. Han uppger dock inte något specifikt behov per kvadratmeter och går inte djupare in på hur värmesystemet är uppbyggt. Eftersom enbart ett företag har gått ut med sina siffror på detta område så bör siffran 50% anses som väldigt osäker. Hage, (2014) menar dock att även byggnaden under sparar energi på att ha ett växthus på taket och denna kan vara så hög som 25%. Detta ligger mer i linje med de resultat som litteraturen uppger att gröna tak kan bidra med. Energibesparingarna från gröna tak rapporteras ligga mellan 10 och 30 procent på vintern (Lui & Minor, 2005).

Bevattningsystem, vattenkällor och behov

Växthusets vattenbehov bestäms av vilka grödor som odlas och varierar beroende på växthusets klimat (Möller Nielsen, 2008). Växthusets odlingsystem kan emellertid också spela en stor roll för byggnadens vattenbehov. För kommersiella och takbyggda växthus kan det då bli tal om hydroponiska odlingsystem. Dessa har fördelen att de brukar mindre vatten än motsvarande jordbaserade system och undersöks därför vidare här (Cerón-Palma *et al.*, 2012).

Hydroponiska odlingsystem kan delas in i två primära systemtyper: de substratbaserade och de helt substratlösa (Cerón-Palma *et al.*, 2012). De substratbaserade kan bestå av material som perlit, stenull, pimpsten, torv eller kokosfiber. För odling av bladgrönsaker är det vanligt att använda den substratlösa tekniken ”Nutrient Film Technique” (NFT). I tomatodling används istället substrat, förslagsvis stenull eller kokosfibrer.

Enligt Nelkin (2012) använder Gotham Greens ett NFT-baserat system till sina bladgrönsaker. Hon menar att den effektiva vattenanvändningen inte är den enda fördelen. Genom att enbart vattna med en tunn vattenfilm och genom att undvika substrat kan odlingens belastning på byggnaden sänkas väsentligt.

När det kommer till takväxthusets vattenbehov så kan detta tillgodoses på flera sätt. Mest lovande är uppsamlat regnvatten, men även kommunalt vatten kan brukas vid behov (Cerón-Palma *et al.*, 2012). Ett annat alternativ är gråvatten, en spillvattenkälla som håller en relativt hög kvalitet eftersom halterna av potentiella föroreningar är låga. Vattnet skulle kunna komma från bostäder i närheten eller samma byggnad som växthuset är installerat på. Dräneringsvatten är en annan potentiell kandidat. Detta utgörs av vatten som lämnar odlingssubstratet och innehåller ofta näringsämnen som går att återanvända (Möller Nielsen, 2008). Återanvändning, eller recirkulering är idag en vanlig företeelse inom den hydroponiska odlingen (Resh, 2012).

Var takväxthusets vatten ska samlas och förvaras är enligt Möller Nielsen (2015, personligt meddelande) en viktig fråga. Lufa Farms samlar in sitt regnvatten via takets stuprännor och detta leds sedan ner i ett uppsamlingskärl i den underliggande byggnadens källare (Resh, 2011). I det fall byggnaden under ägs av ett annat företag och där detta önskar expandera i vattenuppsamlingens riktning kan en konflikt uppstå (Möller Nielsen, 2015, personligt meddelande). Det är därför viktigt att i den mån det är möjligt, noga överväga vilken placering som passar alla parter bäst.

Med regnvatten som vattenkälla kan växthuset bidra till att förbättra stadens dagvattenhantering. Dagvatten från urbana hustak bidrar enligt Stovin *et al.*, (2007) till översvämningar i städernas avlopp. Alla tekniker som kan sänka volymerna och flödes hastigheterna bidrar till en förbättrad dagvattenhantering. I detta sammanhang har gröna tak blivit aktuella eftersom de bromsar och lagrar vatten i takets odlingssubstrat. På ett liknande sätt kan ett takväxthus bidra till en förbättrad dagvattenhantering i staden. Skillnaden är att vattnet istället förvaras i dammar eller cisterner (Möller Nielsen, 2008).

Innan vattnet sedan kommer växthuset till godo kan det genomgå olika reningssteg. För att skräp inte skall följa med kan nätfilter, lamellfilter eller sandfilter tillämpas (Möller Nielsen, 2008). En annan metod som avlägsnar de flesta föroreningarna är reverserad osmos (Nelkin & Caplow, 2008).

Med regnvatten som primär vattenkälla kan emellertid vissa problem uppstå. Om regnvattnet inte räcker för att täcka växternas behov kan kostnaderna för det kommunala vattnet bli höga. Det kan därför vara intressant att undersöka den genomsnittliga nederbörden på platsen och

studera hur mycket vatten som kan samlas in på företagets tillgängliga yta. Tillgången kan sedan jämföras med den valda växthuskulturens behov.

För bladsallat kan vattenbehovet vara sortberoende, men behovet påverkas även av valt odlingsystem och klimat. Conversa *et al.*, (2004) har undersökt vattenbehovet för bladsallat, (*Lactuca sativa* L.) i ett NFT system. De odlade 6,9 sallatsplantor per kvadratmeter och hade ett behov på mellan 0,76 och 0,21 liter per planta och dag. Vid skördetidpunkten hade varje planta konsumerat 5,5 liter vatten. Detta kan jämföras med de resultat som Wheeler *et al.*, (1999) presenterat. Med en plantdensitet på 19,2 plantor per kvadratmeter och med en odlingscykel på 28 dagar har de visat att behovet för sallat kan ligga omkring 2,1 liter per kvadratmeter och dag. Detta medför att varje planta förbrukat cirka 0,11 liter per dag. Multipliceras 0,11 med 28 dagar fås siffran 3,08 liter, vilket då kan jämföras med de 5,5 liter som Conversa *et al.*, (2004) fått fram. Dessa siffror representerar varje plantas behov sett till hela växtens livscykel.

Vattenbehovet i ett takväxthus beror med andra ord mycket på hur många plantor som odlas per kvadratmeter. Med dessa siffror kan vattenbehovet över året beräknas genom att multiplicera varje plantas totala behov med antalet plantor som anläggningen förväntas producera per år.

Räkneexempel 1: vattenbehov för bladsallat per kvadratmeter odlingsyta

I ett 2000 kvadratmeter stort växthus kan 19 plantor sallat \times 2000 kvadratmeter produceras i ca 12 odlingsomgångar per år, förutsatt att varje odlingsomgång är 28 dagar lång.

Detta ger $19 \text{ plantor} \times 2000 \times 12 = 456000$ plantor per år för hela växthuset. Om varje planta antas konsumera 6 liter vatten kommer vattenbehovet att uppgå till $456000 \text{ plantor} \times 6 \text{ liter} = 2736000$ liter. $2736000 \text{ L} \div 1000 =$ ett vattenbehov om 2736 kubikmeter vatten per år. Utslaget på växthusets 2000 kvadratmeter stora yta landar behovet då på 1,368 kubikmeter, eller 1368 liter vatten per kvadratmeter växthusyta och år.

Jämförs bladsallat med gurka och tomat så beskrivs behovet för dessa ligga omkring 4-5 liter per kvadratmeter och dag (Möller Nielsen, 2008). Multipliceras 5 liter med 365 dagar fås vattenmängden 1825 liter per kvadratmeter och år.

Ovanstående beräkningar ligger klart i linje med de siffror som Cerón-Palma *et al.*, (2012) presenterar. De skriver att behovet över ett år kan uppgå till mellan 700 och 1500 liter per kvadratmeter beroende på växtslag och plats. Denna summa kan sedan jämföras med årsnederbörden för en specifik plats.

I Sverige mäts nederbörd i millimeter vatten per kvadratmeter, där 1 millimeter per kvadratmeter är lika med 1 liter per kvadratmeter (SMHI, 2012).

För att visa på hur stor nederbörden på en specifik plats kan vara, har SMHI, (2009) räknat på medelvärden från åren 1961-1990. Här kan värden från Sveriges västkust avläsas och jämföras med behovet i ovanstående exempel. Enligt SMHI, (2009) kan nederbörden på dessa platser ligga på mellan 500 och 1000 liter per kvadratmeter och år. Dessa uppsamlade vattenmängder måste uppsamlingsplatsen och cisternerna kunna hantera. Om vattnet sedan inte räcker så måste underskottet emellertid behöva köpas in.

Kulturval och skördepotential i takväxthus

Eftersom kostnaderna för takbyggda växthus med stor sannolikhet är högre än för markbyggda växthus (Möller Nielsen, 2015, personligt meddelande) är det extra viktigt att avkastningen på de odlade produkterna är så hög som möjligt. Därför görs i det här arbetet en jämförelse mellan två av de mest populära växthusodlade produkterna: kruksallat och tomater (Jordbruksverket, 2009). Jämförelsen undersöker dels skördepotentialen, men också vad producent och konsumentpriserna för dessa produkter kan ligga på. Siffrorna kan sedan vara vägledande i valet av växthuskultur.

Men för att bedöma hur stora skördar ett visst växtslag kan ge måste flera faktorer tas med. I fallet kruksallat har växternas planttäthet, dvs. antal per kvadratmeter och odlingscykelns längd beaktats noga. Skördepotentialen per kvadratmeter för kruksallat har beräknats utifrån de förutsättningar som Wheeler *et al.*, (1999) använt i deras försök. De nämner i sin metod att 19 plantor per kvadratmeter odlats upp under en cykel på 28 dagar. Med en cykel om 28 dagar kan med andra ord växthusytan omsättas 12 gånger på ett år. 19 plantor per kvadratmeter x 12 cykler = 228 krukor per kvadratmeter och år. Den Svenska tomatproduktionen har enligt statistik jämförelsevis pendlat mellan 30 och 60 kg/kvm/år (Möller Nielsen, 2008).

Tabell 2: Skörd per kvadratmeter odlingsyta för kruksallat och tomat

Kruksallat	Tomat
228 krukor per kvm (Wheeler <i>et al.</i> , 1999).	30-60 kg per kvm (Möller Nielsen, 2008).

Ovanstående skördar kan sedan multipliceras med marknadens stycke- eller kilopris beroende på hur produkten säljs.

För kruksallat har producentpriset mellan åren 2000 och 2011 legat på mellan 5,1 och 7,1 kronor per kruka (Jordbruksverket, 2009, Reviderad 2013). För tomat har producentpriset varit en aning högre och då pendlat mellan 8,9 och 14,4 kronor per kilo. När det gäller konsumentpriset för den krukodlade salladen görs ett visst antagande kring priset eftersom statistik över konsumentpriset inte gått att hitta. Detta antas därför efter egna observationer ligga på omkring 12 kronor per kruka. Konsumentpriset för tomater pendlar jämförelsevis mellan 27 och 43 kronor per kilo (Jordbruksverket, 2011).

Om kruksallaten säljs till producentpris kan varje kvadratmeter växthusyta generera 228 krukor x 5,1 kronor = 1162,8 kronor per år. Säljs den istället till ett konsumentpris kan den summan uppgå till 228 x 12 kronor = 2736 kronor per kvadratmeter och år.

För tomaternas del kan en skörd på 60 kg per kvadratmeter och år, samt ett kilopris på 8,9 kronor generera 60 kg x 8,9 kronor = 534 kronor i producentpris. Säljs tomaterna istället till konsumentpris kan den siffran istället landa på 60 kg x 27 kronor = 1620 kronor per kvadratmeter.

Tabell 3: Bedömd avkastning för kruksallat och tomat baserat på producent- och konsumentpris

	Kruksallat	Tomat
Årlig avkastning per kvadratmeter baserat på producentpris, kr	1 160	534
Årlig avkastning per kvadratmeter baserat på konsumentpris, kr	2740	1620

Högavkastande affärsm modeller

Det är av flera anledningar intressant att undersöka vilka försäljnings- och distributionsmodeller som skulle kunna tillämpas inom företag som arbetar med växthus på tak. En anledning är de höga kostnaderna som kännetecknar framtagandet och försäljningen av matprodukter (Cerón-Palma *et al.*, 2012). Dessa inkluderar dels höga investeringskostnader och långa avbetalningstider, men även problem med låga marginaler. Skälet till att marginalerna är så låga har i sin tur att göra med antalet mellanhänder i distributionsledet (Gliessman, 2007). Ju fler mellanhänder, desto mindre pengar får odlaren för sitt arbete. I Sverige utgörs distributionsledet av producenter som till stor del säljer till producentorganisationer (Jordbruksverket, 2011). Producentorganisationerna kontrollerar prissättning åt odlarna och beskrivs stärka deras ställning i senare led. Från producentorganisationerna går produkterna vidare till grossister som i sin tur säljer till detaljister. Genom att tillämpa alternativa försäljnings- och distributionsmodeller kan odlaren förkorta distributionsledet och förbättra sina marginaler (Gliessman, 2007).

Men fördelarna med lokala modeller slutar inte där. En stor del av den mat som vi konsumerar färdas långa avstånd och skördas många gånger innan den är mogen (Gliessman, 2007). Dessutom är sorterna som odlas anpassade efter att klara transport och förvaring så länge och så bra som möjligt. Problemet är att detta görs på bekostnad av produkternas näringsammansättning och smak.

Vägen runt detta är att odla maten lokalt och närmare slutkonsumenten. För växthusföretaget Lufa Farms i Kanada har denna möjlighet öppnat upp för användandet av äldre frösorter som visar på bättre smakprofil och näringsammansättning (Hage, 2014). Utöver detta verkar odlare dessutom få ut mer pengar för närodlade produkter (Jordbruksverket, 2011).

Den alternativa försäljningsmodell som allmänheten kanske är mest bekant med utgörs av torghandel. Denna modell har sedan länge erbjudit odlare en möjlighet att sälja sina varor direkt till kund utan mellanhänder (Gliessman, 2007). Men på plats skapas också tillfällen för kontakt mellan kunder och producenter. Här kan band mellan konsumenter och producenter knytas och en tvåvägs kommunikation kan leda till mer kunskap om och för båda parter. En annan och mer modern försäljningsmodell går under namnet ”Community Supported Agriculture”, förkortat CSA. Konceptet innebär essentiellt att en grupp individer köper andelar i en odling och den slutgiltiga skörden. Detta bidrar till att sänka risken för odlaren om skörden skulle bli dålig. Risken delas alltså av alla andelsägare. För konsumenten innebär detta att ett bra skördeår ger mer matprodukter till ett lägre pris. Ett dåligt år är förhållandet omvänt. För odlaren kan arrangemanget antingen ge en konstant inkomst vid varje skördetillfälle, alternativt kan andelsinnehavarna betala en klumpsumma innan säsongen börjat.

På marknadens ledande takväxthusföretag har två affärsmodeller dominerat. I Gotham Greens fall så går produkterna, i det här fallet exklusiva bladgrönsaker, via detaljister innan de når slutkonsumenten (Nelkin, 2012). Gotham Greens har ingått i avtal med premiumbutiker om att leverera enligt schema året runt och har därför blivit lovade att alltid få visa upp sina produkter på samma plats i affärerna. Växthusföretaget och butikskedjan har sedan tillsammans kommit överrens om vilka produkter som ska odlas, hur paketering ska se ut och hur produkterna ska prissättas. Lufa Farms, (u.å.c) säljer istället sina varor direkt till kund. Företaget menar att de använder en modifierad form av CSA. Konceptet, i sin modifierade form, fungerar som en prenumeration. En gång i veckan plockar företaget ihop en kundkorg till varje betalande prenumerant. Ett antal dagar innan kundkorgen ska levereras får kunden en möjlighet att ändra korgens innehåll. På kvällen och natten innan leverans skördas produkterna från företagets egna takväxthus. Sedan tar företaget hjälp utifrån. Lufa Farms samarbetar med lokala bagerier och diverse andra matproducenter. Även dessa producerar, skördar och paketerar sina produkter nära

in på leveranstillfället. Produkterna transporteras sedan till Lufa Farms för att distribueras samma dag. Istället för att köra ut till varje kund använder företaget sig av upphämtningsplatser. Dessa kan vara allt från kaféer till yoga-studior. Modellen ger lokala verksamheter en möjlighet att visa på sitt hållbarhetstänk samtidigt som Lufa Farms produkter hamnar närmare kunden.

Diskussion

Detta arbete har undersökt förutsättningarna för kommersiella takväxthus i Sverige. Detta har gjorts genom att undersöka hur befintliga takväxthusföretag fungerar. Men även internationell samt svensk forskning har studerats för att utreda vilka problem och möjligheter denna odlingsform kan tänkas ha. Ämnet bedöms vara särskilt intressant i Sverige av flera skäl. Trots att Sverige har stora åkerarealer och till synes inga problem med matproduktion ökar fenomenet som benämns som stadsodling. Samtidigt blir det allt mer aktuellt att förtäta urbana områden (Region Skåne, 2013). Med en oundviklig kollision i sikte har därför allt fler blickar börjat riktas mot städernas oanvända ytor. Frågan som då uppstår är: går det att odla här? Möjligen är det så att ett takväxthus skulle kunna konstrueras på platsen. En viktig fördel med denna konstruktion är möjligheten att utnyttja värmeläcket från byggnaden växthuset då står på. Här kan en parallell dras till den ständiga jakt på restvärme som flera aktörer i Sverige idag arbetar med (Tillväxt Trädgård, 2015; Plantagon, u.å.; Findus, 2014). Men problemen med takväxthus är flera.

Exempelvis kan stadsodlade livsmedel lätt kopplas till en viss oro kring föroreningar (Smit *et al.*, 2001). Under rubriken stadsodlad mat och livsmedelssäkerhet undersöktes detta problem. Enligt flera författare verkar oron vara obefogad, då flera studier pekat på att stadsodlade grödor generellt inte bör vara farliga (Smit *et al.*, 2001; Tondel, 2010). Det bör dock poängteras att dessa studier enbart undersökt tungmetaller och då utomhus. Forskningen på området stadsnära växthus är väldigt begränsad, men Nelkin & Caplow, (2008) har visat att växthusodlade kulturer inte heller är farliga. Även dessa studier fokuserade på tungmetaller. För att komma fram till ett mer komplett svar i denna fråga skulle provtagningar på diverse föroreningar i ett takväxthus vara intressant.

Ett annat problem med takväxthus är att hitta en lämplig lokalisering och detta är ett väldigt tidskrävande arbete (The Globe and Mail, 2013). För att takväxthuset på allvar ska ha en chans måste fler aspekter än de som tas upp i detta arbete beaktas, men de viktigaste kan vara vattenhantering, vikter och laster, uppvärmningssystem och energibehov, kulturval och skördar samt vilken affärsmodell som väljs. Affärsmodellen bedöms vara särskilt viktig eftersom den styr så mycket. Gotham Greens säljer exempelvis sina produkter till Whole Foods (Nelkin, 2012) och

är troligen beroende av sin specifika plats ovanpå Whole Foods byggnad i Gowanus, Brooklyn (Nelkin, 2012). Lufa Farms modell erbjuder en större flexibilitet i valet av byggnad och plats i staden. I sökandet efter ett passande tak kan vissa byggnader därmed vara mer eller mindre lämpliga i förhållande till företagets försäljningsmodell. Försäljningsmodellen med placering ovanpå företaget som produkterna säljs till kan vara direkt olämplig om företagets byggnad inte utan betydande ombyggnad möter kraven som den ökade belastningen skulle medföra.

Hur bevattningen kan se ut är en annan viktig fråga. I arbetet diskuteras hur regnvatten kan samlas in, lagras och distribueras, men det är också viktigt att betänka hur stora regnmängder som växthuset verkligen kan samla in. De beräkningar som gjorts i arbetet pekar på att det kan uppstå ett visst vattenunderskott (se under avsnitt bevattningssystem, s.8). Skulle det då gå att hämta vatten från kringliggande byggnader för att sänka behovet av det kommunala vattnet? Det är oklart hur mycket av regnvattnet som faktiskt går att samla upp med stuprännor. Dessutom är vädret oberäkneligt. Därför kan det vara viktigt att ha en stor kapacitet och faktiskt fånga så mycket som möjligt när det väl regnar.

Uppvärmningssystemet i ett takbyggt och svenskt växthus skulle kunna drivas med hjälp av fjärrvärme. Detta beror på att fjärrvärme redan är så pass utbyggt i urbana miljöer. Men hur mycket detta skulle kunna kosta, exempelvis i jämförelse med flis eller gas är en annan viktig fråga. Priset på fjärrvärme skiljer sig från plats till plats (Energimyndigheten, 2011) och därför kan fjärrvärme kanske bli aktuellt på en plats men inte en annan. Fjärrvärmerna kan också kompletteras med ett sekundärt uppvärmningssystem. Detta kan vara bra ifall det primära systemet slutar fungera (Möller Nielsen, 2008). Om fjärrvärmerna kombineras med rörbunden restvärme från kringliggande industrier skulle energibehovet kunna sänkas ännu mer. Detta är då utöver den vinst som växthuset får av att befinna sig på ett tak (Hage, 2014). Även gas skulle kunna bli aktuellt. Då skulle koldioxiden från förbränningsprocessen kunna koldioxidgödsla växthusets växter (Möller Nielsen, 2008).

Under rubriken kulturval och skördepotential har i detta arbete beräkningar på vilken växthuskultur som är mest lönsam att odla gjorts. I beräkningarna jämfördes sallat med tomat och enligt dessa verkar kruksallat vara ett passande alternativ för ett takväxthus. Detta beror på den mängd kruksallat som går att få fram per kvadratmeter och hur många rotationer som kan ske per år. Men kruksallat har också ett lägre värmebehov än tomat. Detta bidrar till att växthusets effektbehov kan sänkas.

Oavsett vilken växthuskultur som till slut väljs, så är denna lämpligen starkt knuten till företagets affärsidé och särskilt till dess försäljningsmodell. På denna front finns mycket förbättringar att göra även i traditionella växthusföretag. Med tanke på att ett takväxthus initialt

sett är väldigt dyrt blir det viktigare än tidigare att spara pengar på så många sätt som möjligt. För ett företag som vill arbeta med takväxthus kan det till och med påstås vara helt essentiellt. De beräkningar som gjorts på sallat och tomat visar att konsumentpriset i många fall kan vara dubbelt så högt som producentpriset. Det kan därför vara åtråvärt att istället välja en försäljningsmodell där odlaren får mer pengar av det slutkonsumenten ändå betalar. Detta kan göras på flera sätt. Antingen genom torghandel, CSA eller modifierade modeller utav dessa. Dessa är mer komplicerade men har ändå visat sig fungera väl i vissa sammanhang.

Under förutsättning att ett takväxthusföretag säljer direkt till kund, utnyttjar restvärme och regnvatten i största möjliga mån skulle ett kommersiellt takväxthus potentiellt även kunna fungera i Sverige. Men det krävs en del innovativt tänkande för att ro ett så dyrt projekt i land. Om växthuset skulle kunna användas även i utbildningssyfte, som café eller restaurang eller kanske som ett skyltfönster mot staden skulle kanske konceptet inte längre verka helt verklighetsfrånvänt. För behovet skulle jag påstå, är reellt. Hage, (2014) från Lufa Farms menar att frukt och grönt är väldigt transportkänsliga. Transporten fungerar med frys- och kyltransporter, men följderna av detta är ökande utsläpp. Bättre vore om de produkter som klarar transport väl odlas utanför städerna, medan färskvarorna produceras och konsumeras innanför städernas ramar. Görs det på städernas tak kan kombinationen med gröna tak, växtväggar och solceller bidra, inte bara till en ökad biodiversitet och produktivitet, utan också en stad vi skulle vilja erbjuda våra barn.

Slutsatser

- Kommersiella takväxthus för svenska förhållanden bedöms kunna fungera lika väl som de i Kanada, men för att verkligen undersöka potentialen skulle en pilotanläggning behöva konstrueras.
- Ett antal för takväxthuset viktiga problemområden inkluderar livsmedelssäkerhet, placering, vattenhantering, laster, uppvärmningssystem, kulturval samt val av affärsmodell.

Referenser

- Berger, D. (2013). *A GIS Suitability Analysis of The Potential for Rooftop Agriculture in New York City*. [Elektronisk] Columbia University. Graduate School of Architecture, Planning and Preservation (Masters Theses, 2013) Tillgänglig: <http://academiccommons.columbia.edu/catalog/ac%3A162285> [2015-06-08]
- Carlsson-Kanyama, A., Johansson Thunqvist, E.-L. & Larsson, T.J. (2014). *Odling under tak i eller nära bostaden* [Elektronisk]. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. (Rapport 2014:03) Tillgänglig: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.4707051/Odling%20under%20tak%20rapport-slutversion.pdf (2015-05-24)
- Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M. & Davison, J.B. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings* [Elektronisk], vol. 42(10), ss. 1582-1591. Tillgänglig: http://www.researchgate.net/publication/222410360_Green_roofs_building_energy_savings_and_the_potential_for_retrofit [2015-06-08]
- Cerón-Palma, I., Sanyé-Mengual, E., Oliver-Solà, J., Montero, J. I. & Rieradevall, J. (2012). Barriers and Opportunities Regarding the Implementation of Rooftop Eco.Greenhouses (RTEG) in Mediterranean Cities of Europe. *Journal of Urban Technology* [Elektronisk], vol. 19 (4), ss. 87–103. Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2012.717685#.VSDuGPmsUXc> [2015-06-08]
- Claar, J. & Larsson, S. (2010). *Smaken av fjärrvärme – En studie om den ekonomiska och ekologiska lönsambeten med närodling av tomater baserad på fjärrvärme*. [Elektronisk] Göteborgs Universitet. Företagsekonomiska institutionen (Fördjupningsarbete 2010:11) Tillgänglig: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/22013/1/gupea_2077_22013_1.pdf [2015-05-22]
- Conversa, G., Santamaria, P. & Gonnella, M. (2004). Growth, yield, and mineral content of butterhead lettuce (*Lactuca sativa* var. *Capitata*) grown in nft. *Acta Hort. (ISHS)* [Elektronisk] Vol. 659, ss. 621-628. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/659/659_80.htm [2015-06-08]
- Dunnett, N. & Nolan, A. (2004). The Effect of Substrate Depth and Supplementary Watering on the Growth of Nine Herbaceous Perennials in a Semi-Extensive Green Roof. [Elektronisk] I: Junge-Berberovic, R., Baechtiger, J.-B. & Simpson, W.J. (red), *International Conference on Urban Horticulture (ISHS)*. ss. 305-309. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/643/643_40.htm [2015-03-21]
- Energidepartementet i USA. (1994). *Mechanisms of plant uptake, translocation, and storage of toxic elements. Summary Report of a workshop on phytoremediation research needs* [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp;jsessionid=D72C8DD9003DCF51984EE254A6ED8BCB?purl=/10109412-BckU4U/webviewable/>. [2015-04-11]
- Freisinger, U. B., Specht, K., Sawicka, M., Busse, M., Siebert, R., Werner, A., Thomaier, S., Henckel, D., Galda, A., Dierich, A., Wurbs, S., Grosse-Heitmeyer, J., Schön, S. & Walk, H. (2015): *There's something growing on the roof. Rooftop greenhouses. Idea, Planning, Implementation*. [Elektronisk] Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Müncheberg. Tillgänglig: <http://www.zalf.de/htmlsites/zfarm/Documents/leitfaden/Rooftop%20greenhouses.pdf> [2015-05-14]
- Ghosh, S. (2004). Food Production in Cities. [Elektronisk] I: Junge-Berberovic, R., Baechtiger, J.-B. & Simpson, W.J. (red), *International Conference on Urban Horticulture (ISHS)*. ss. 233-239. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/643/643_30.htm [2015-03-21]
- Gliessman, S.R. (2007). *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. 2nd. Ed. Boca Raton: CRC Press.

- Jordbruksverket (Rapport: 2011:17) *Svensk växthusproduktion av tomater – Konkurrenskraft och utvecklingsmöjligheter* [Elektronisk] Tillgänglig: https://www.jordbruksverket.se/download/18.4b2051c513030542a92800010919/Vaxthusprod_tomater.pdf (2015-05-19)
- Jordbruksverket. (Rapport: 2009:05, Reviderad 2013) *Nationell strategi för hållbara verksamhetsprogram inom sektorn för frukt och grönsaker 2009-2014* [Elektronisk] Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra09_05v2.pdf (2015-05-19).
- Karlsson, S., Stålhandske, C., Löfkvist, K., Möller Nielsen, J. & Nimmermark, S. (2014). *Nästa generations täckmaterial för växthus* [Elektronisk] Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (Landskapsarkitektur, trädgård, växtproduktionsvetenskap, Rapportserie 2014:15) Tillgänglig: http://194.47.52.113/janlars/tillvaxttradgard.slu.se_lti/uploads/dokument/LTV-Rapport_2014-15.pdf (2015-02-22).
- Khalil, S. (2014). *Akvaponik och restvärme - framtida strategier för hållbar matproduktion* [Elektronisk] Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (LTV-fakultetens faktablad 2014:24) Tillgänglig: http://194.47.52.113/janlars/tillvaxttradgard.slu.se_lti/uploads/dokument/LTV-fakta_2014_24.pdf [2015-04-12]
- Lui, K. & Minor, J. Performance evaluation of an extensive green roof, in: *Greening Rooftops for Sustainable Communities* [Elektronisk], Washington, DC, 2005. Tillgänglig: <http://webmail.seedengr.com/documents/Performance%20evaluation%20of%20an%20extensive%20green%20roof.pdf> [2015-03-01]
- Möller Nielsen, J. (2008). *Växthusteknik*. [Elektronisk] Jönköping: Jordbruksverket [Broschyr] Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/P9_4.pdf (2015-02-22)
- Nelkin, J. & Caplow, T. (2008). Sustainable controlled environment agriculture for urban areas. *Acta Hort. (ISHS)* [Elektronisk] Vol. 801, ss. 449-456. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/801/801_48.htm [2015-06-08]
- Nilsson, U. & Nimmermark, S. (2013). *Restvärme för växthusproduktion* [Elektronisk]. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. (Lantbruk, trädgård, jordbruk, Rapportserie 2013:2) Tillgänglig: http://pub.epsilon.slu.se/9418/1/Nimmermark_a_130206.pdf (2015-02-22).
- Persson, T., Dahlberg, S., Eliasson, E., Gustafsson, J., Johansson, A., Niss, J., Pirzadeh, P., Puch, M., Söderholm, K., Vinka U., Weber E. & Flygar, T. (2012). *Skånska åtgärder för miljömålen – Regionalt åtgärdsprogram för miljö kvalitetsmålen 2012-2016*. [Elektronisk]. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne. (Länsstyrelserapport 2012:7) Tillgänglig: http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2012/Skanska_åtgärder_for_miljomalen.pdf (2015-05-24)
- Region Skåne. (2013). *Tätare Skåne*. [Elektronisk] Region Skåne, avdelningen för samhällsplanering. [Broschyr] Tillgänglig: http://www.skane.se/Upload/Webbplatser/Strukturbild/from_2012/rapporter_temapm/T%C3%A4tare%20Sk%C3%A5ne%2020121214_1%C3%A5g_1%C3%A5g.pdf (2015-05-24)
- Resh, H.M. (2012). *Hydroponic Food Production*. 7. ed. s. 84. London: CRC Press Inc.
- Sagan, C. (1994). *Pale blue dot: a vision of the human future in space*. New York: Random House.

- Sanyé-Mengual, E., Cerón-Palma, I., Oliver-Solà, J., Montero, J. I. & Rieradevall, J. (2015). Integrating Horticulture into Cities: A Guide for Assessing the Implementation Potential of Rooftop Greenhouses (RTGs) in Industrial and Logistics Parks. *Journal of Urban Technology* [Elektronisk], vol. 22 (1), ss. 1–25. Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2014.942095> [2015-01-22]
- Stovin, V.R., Dunnett, N. & Hallam, A. (2007) Green roofs - getting sustainable drainage off the ground. 6th International Conference of Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management (Novatech 2007) (ss. 11-18). Lyon, France
- St. Lawrence, J. (1996). *Urban agriculture: the potential of rooftop gardening*. [Elektronisk] York University. Environmental Studies (Master's Thesis) Tillgänglig: <http://www.cityfarmer.org/roofthesisIntr.html#roofthesisIntr> [2015-06-08]
- Smit, J., Nasr, J. & Ratta, A. (2001). *Urban Agriculture: Food Jobs and Sustainable Cities*. [Elektronisk] The Urban Agriculture Network, Inc with the financial support and permission of the United Nations Development Programme. Tillgänglig: <http://www.jacsmit.com/book.html> [2015-04-03]
- Thorsson, S. (2012). *Stadsklimatet - åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden*. [Elektronisk] Göteborg. FOI-R--3415—SE. Tillgänglig: <http://www.foi.se/Global/Kunder%20och%20Partners/Projekt/Climatools/Rapporter%20och%20artiklar/Stadsklimatet.pdf> [2015-05-14]
- Tondel, M. (2010, Reviderad 2011) Miljömedicinsk bedömning av stadsodlade livsmedel. Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Miljömedicinskt centrum, Västra Götalandsregionen.
- Wheeler, R.M., Sager, J.C., Berry, W.L., Mackowiak, C.L., Stutte, G.W., Yorio, N.C. & Ruffe, L.M. (1999). Nutrient, acid and water budgets of hydroponically grown crops. *Acta Hort. (ISHS)* [Elektronisk] Vol. 481, ss. 655-662. Tillgänglig: http://www.actahort.org/books/481/481_78.htm [2015-06-08]

Webbsidor

- Ambius (2013). *Växtrvägg*. <http://www.ambius.se/vaxtvagg/> [2015-03-20]
- Bjuvs Kommun (2014-11-14). *Planer på växthus i Bjuv*. <http://www3.bjuv.se/Ovrigt/Nyhetsarkiv/Planer-pa-vaxthus-i-Bjuv/> [2015-03-23]
- Byggipedia (u.å.). *Laster*. <http://byggipedia.se/hallfasthet/hallfasthetslara/laster/> [2015-05-23]
- Byggnyheter (2009-09-02). *Gröna tak vinner mark* <http://www.byggnyheter.se/2009/09/grona-tak-vinner-mark> [2015-05-10]
- Byggros (2011-11-21). *Grön takträdgård till Emporia*. <http://www.byggros.com/sv/byggros-aktuellt/gron-taktradgard-till-emporia> [2015-06-08]
- Cascada (2012-07-19). *Vilka snölaster skall växthuset klara?* <http://cascadaab.se/sv/hjalp/fs---fragor-och-svar/vilka-snolaster-skall-vaxth.html> [2015-05-24]
- Energimyndigheten (2011-04-18). *Fjärrvärme*. <https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Fjarrvarme/> [2015-05-22]
- Findus (2014-12-01). *Världsunik klimatsmart odling av tigerräkor startas hos Findus i Bjuv*. <http://www.findus.se/press-mediarum/> [2015-03-23]
- Gotham Greens (u.å.a). *Our Farms*. <http://gothamgreens.com/our-farm/> [2015-02-22]
- Gotham Greens (u.å.b). *Our Story*. <http://gothamgreens.com/our-story/> [2015-02-22]
- Hagmanns (2013). *Växtrväggar*. <http://www.hagmanns.se/vaxtvaggar> [2015-03-20]
- Helsingborgs Dagblad (2013-11-16). *Findus vill bygga matens mecka i Bjuv*. <http://www.hd.se/nyheter/ekonomi/2013/11/16/findus-vill-bygga-matens-mecka-i-bjuv/> [2015-03-23]
- Hortidaily (2014-08-09). *Combination of film and glass on the same greenhouse*. <http://www.hortidaily.com/article/11013/Combination-of-film-and-glass-on-the-same-greenhouse> [2015-03-23]
- IGFF (u.å.). *Projects*. <http://igff.dk/?id=projects> [2015-05-10]
- Kobenhavnergron (u. å.) *Östergro*. <http://www.kobenhavnergron.dk/place/ostergro/?lang=en> [2015-05-10]
- KRAV (2015-01-14). *Biogas värmer växthuset hos Emma och Marcus Söderlind*. <http://www.krav.se/biogas-varmer-vaxthuset-hos-emma-och-marcus-soderlind> [2015-05-07]
- Lufa Farms (u.å.a). *General – FAQ* <https://montreal.lufa.com/en/faq/general> [2015-02-18]
- Lufa Farms (u.å.b). *About the farm*. <https://montreal.lufa.com/en/about-the-farm> [2015-02-18]
- Lufa Farms (u.å.c). *How it works*. <https://montreal.lufa.com/en/how-it-works> [2015-02-18]
- Länsstyrelsen i Kronoberg (2014). *Tomatsmart – restvärmedrivna växthus*. <http://www.lansstyrelsen.se/kronoberg/Sv/om-lansstyrelsen/pressrum/nyhetsbrev/landsbygd-i-kronoberg-3-2014/Pages/tomatsmart---restvarmedrivna-vaxthus.aspx?keyword=upphandling> [2015-05-09]

- National Encyklopedin (u.å.). *Grävatten*. <http://www.nc.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/gr%C3%A5vatten> [2015-05-14]
- Plantagon (u.å.). *Industrial- symbiosis*. <http://plantagon.com/urban-agriculture/industrial-symbiosis> [2015-03-28]
- Priva (2015-01-16). *Priva and UrbanFarmers sign letter of intent*. <http://www.priva-international.com/en/stay-informed/news-archive/2015/1/priva-urban-farmers/> [2015-03-27]
- Resh, H. (2011). *Hydroponic rooftop greenhouses*. <http://www.howardresh.com/Hydroponic-Rooftop-Greenhouses.html> [2015-04-05]
- Scandinavian Green Roof Institute (u.å.). *About Green Roofs*. <http://greenroof.se/about-green-roofs/> [2015-03-01]
- SMHI (2012-12-19). *Hur mäts nederbörd?* <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-nederbord-1.637> [2015-05-18]
- SMHI (2009-07-13). *Normal uppmätt årsnederbörd, medelvärde 1961-1990*. <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/normal-uppmatt-arsnederbord-medelvarde-1961-1990-1.4160> [2015-05-18]
- Svensk Fjärrvärme (u.å.). *Om fjärrvärme*. <https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Fjarrvarme/> [2015-05-22]
- Swedish Standards Institute (Fastställd 2002-05-17). *Växthus: Dimensionering och utförande - Del 1: Växthus för yrkesmässigt bruk utan tillträde för allmänheten*. <http://www.sis.se/jordbruk/lantbruksbyggnader-konstruktioner-och-installationer/v%C3%A4xthus-och-%C3%B6vriga-installationer/ss-en-13031-1> [2015-06-05]
- Swedish Standards Institute (Fastställd 2003-08-29). *Eurokod 1 - Laster på bärverk - Del 1-3: Allmänna laster – Snölast*. <http://www.sis.se/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsindustrin/tekniska-aspekter/ss-en-1991-1-3> [2015-06-01]
- The Globe and Mail (2013-08-19). *Rooftop farming gains high ground in Montreal*. <http://www.theglobeandmail.com/report-on-business/industry-news/property-report/oneday-your-veggies-will-come-from-a-farm-in-the-sky/article13841531/> [2015-02-21]
- Tillväxt Trädgård (2015-01-19). *Mer svenska grönsaker med restvärme*. <http://www.slu.se/sv/fakulteter/ltv/om-fakulteten/omvarldalnarp/tillvaxt-tradgard1/nyheter/2015/1/sse-c/> [2015-03-23]
- Urban Farmers (2012-10-26). *UF001 LokDepot - The first commercial aquaponic rooftop farm worldwide*. <http://urbanfarmers.com/projects/basel/> [2015-04-11]
- Vegtech (u.å.). *Hem*. <http://www.vegtech.se/hem/> [2015-03-21]
- Veidekke (2013-05-07). *BRF Klätterträdet Göteborg*. <http://www.veidekke.se/nyheter-och-media/pressrom/pressmeddelanden/article84917.ecc> [2015-03-28]

Video

Hage, M. *New Cities Summit 2014 – WhatWorks: Mohamed Hage, Lufa Farms* (2014). <https://www.youtube.com/watch?v=M8E-Q13kpDQ> [2015-03-01]

Nelkin, J. *CIVF2012 4: Jennifer Nelkin, Gotham Greens* (2012). <https://www.youtube.com/watch?v=-8JpNbbzmPw> [2015-02-28]

Icke publicerat material

Möller Nielsen, J. (2015). Personligt medelande.