



Perspektiver for vertikalt landbrug i Danmark

Rapport fra den tværministerielle taskforce for vertikalt landbrug

NovemberOktober 2024

Indhold

1.	Forord	3
2.	Indledning	4
3.	Redegørelse for dyrkningspraksis i vertikalt landbrug	5
3.1	<i>Definitioner af vertikale landbrug og andre kontrollerede dyrkningsformer</i>	5
3.2	<i>Udbredelse af vertikalt landbrug globalt og i Danmark</i>	5
3.3	<i>Mulige gevinster ved vertikalt landbrug</i>	6
3.4	<i>Muligheder for økologificering</i>	8
4.	Fremtidsperspektiver for vertikalt landbrug i dansk kontekst	8
4.1	<i>Barrierer for udbredelse</i>	8
4.1.1	Højt energiforbrug	9
4.1.2	Begrænset afgrødevalg og højere afsætningspriser	9
4.1.3	En relativt uprøvet dyrkningsform	9
4.2	<i>Forskning, udvikling og innovation</i>	10
4.2.1	Reduktion af energiforbrug	10
4.2.2	Sortsudvikling	11
4.2.3	Udvikling af produktionsformen	11
4.3	<i>Muligheder for støtte</i>	12
5.	Opsummering og afrunding	13

1. Forord

Landbruget står, ligesom resten af samfundet, over for den store opgave det er at skulle omstille produktionen til at være grønnere. Dette afføder et større fokus på produktion af danske, grønne fødevarer. Produktionen af fremtidens fødevarer skal være miljø- og klimamæssigt bæredygtig.

Som følge af den fortsatte grønne omstilling er der i disse år et stigende ønske om prioritering af landbrugsarealerne til en række andre formål, såsom natur, biodiversitet og vandmiljø. Med Aftale om et Grønt Danmark blev regeringen og parterne i den grønne trepart enige om et langsigtet grundlag for omlægning og omstilling af Danmarks arealer og af fødevarer- og landbrugsproduktionen. Dette indebærer bl.a. prioritering af skovrejsning og udtagning af lavbundsjord, som vil øge behovet for et arealeffektivt landbrug i Danmark.

Vertikalt landbrug er en innovativ dyrkningsform, som muliggør produktion af fødevarer hvor som helst i landet, hele året rundt med en betydeligt højere arealeffektivitet sammenlignet med andre praksisser. Vertikalt landbrug kan dermed øge dyrkningssikkerheden i dele af fødevarerproduktionen, men der er også betydelige begrænsninger og udfordringer ved dyrkningsmetoden, som vi ikke må overse, hvis dette skal realiseres. Den stigende efterspørgsel på fødevarer, alternative anvendelser af landbrugsarealet, og kravet om en bæredygtig produktion er komplekse udfordringer, der kalder på innovative løsninger.

God læselyst!

Jacob Jensen
Minister for fødevarer, landbrug og fiskeri



2. Indledning

Med *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug af 4. oktober 2021* blev det besluttet, at der skulle nedsættes en taskforce for vertikalt landbrug. Taskforcen blev etableret som en tværministeriel arbejdsgruppe bestående af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Erhvervsministeriet, Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, Miljøministeriet og Uddannelses- og Forskningsministeriet. Taskforcen har indsamlet eksisterende viden om og erfaringer med vertikalt landbrug med et formål om at danne et overblik over perspektiverne for dyrkning i vertikale landbrug i Danmark. Denne rapport er resultatet af taskforcens arbejde.

For at afdække perspektiverne for vertikalt landbrug i Danmark har Landbrugsstyrelsen rekvireret en [videnssyntese](#) fra Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) ved Aarhus Universitet¹. Videnssyntesen afdækker bl.a. ressourceforbrug og relaterede problematikker i vertikale landbrug, samt perspektiver for forskning og udvikling i vertikalt landbrug. Herudover har Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri rekvireret et notat fra Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi (IFRO) ved Københavns Universitet². I dette notat afdækkes de drifts- og samfundsøkonomiske aspekter af vertikalt landbrug og hightech væksthuse. Foruden videnssyntesen og notatet bygger denne rapport på anden tilgængelig viden og på vigtige inputs fra interesseorganisationer, erhvervsorganisationer, rådgivende og udviklende virksomheder, forskere og producenter, som har deltaget i workshops i regi af taskforcen for vertikalt landbrug.

¹Ottosen, C.O. 2022. Teknologier til vertikalt landbrug - Udarbejdelse af videnssyntese vedr vertikalt landbrug (vertical farming). 37 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 14.11.22.

²Frandsen og Hansen 2024. De drifts- og samfundsøkonomiske aspekter af vertikalt landbrug og højteknologiske væksthuse. 31 sider. Notat fra IFRO – Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet: leveret 28.08.24.

3. Redegørelse for dyrkningspraksis i vertikalt landbrug

3.1 Definitioner af vertikale landbrug og andre kontrollerede dyrkningsformer

Vertikale landbrug er lukkede dyrkningsssystemer, hvor afgrøder dyrkes indendørs i flere lag med brug af kunstigt lys. Dyrkningen kan både ske i organiske medier som jord eller sphagnum og inerte medier som stenuld eller vandkultur tilsat plantenæringsstoffer. Der findes flere typer af vertikale landbrug med varierende kompleksitet, fra små systemer f.eks. i supermarkeder, til større lukkede "plantefabrikker" i store bygninger.

Vertikalt landbrug har visse ligheder med væksthusedyrkning. Begge dyrkningsformer går ind under fællesbetegnelsen controlled environment agriculture (CEA), som dækker over alle beskyttede planteproduktionsformer i væksthuse og bygninger, samt former, der er delvist beskyttede. CEA-systemer varierer i kompleksitet, herunder i hvor høj grad der affugtes, opvarmes og køles. CEA-systemer kan være mere eller mindre lukkede også mht. tilgang af naturligt lys. I væksthuse anvendes både kunstig belysning og naturligt lys modsat i vertikale landbrug, hvor der alene anvendes kunstigt lys. Af CEA-systemer er væksthuse af glas med naturligt lys den mest dominerende type.

3.2 Udbredelse af vertikalt landbrug globalt og i Danmark

Forskningsinstitutter, universiteter og virksomheder har siden 1970'erne eksperimenteret med at erstatte sollys med kunstigt lys i vertikalt landbrug. Globalt har ekspansionen af vertikale landbrug haft sammenhæng med udviklingen af LED-lys og lavere pris på LED-armaturer. Vertikale landbrug er dog en relativt ny måde at dyrke fødevarer på, og det er først omkring i 2010, at dyrkningsformen er blevet konkurrencedygtig især i Japan og USA, hvor der lige nu ses en markant vækst i markedet. Endvidere findes der store vertikale landbrug i Dubai og Singapore, samt i en lang række europæiske lande herunder Holland, Norge, Sverige, Tyskland, Storbritannien, Frankrig, Portugal, Finland og Polen. Industrien er i konstant udvikling og forandring, nogle vertikale landbrug er gået konkurs, mens andre udvider deres produktion. De vertikale landbrug i Danmark såvel som globalt varierer i størrelse og kompleksitet, hvorfor det er svært at tegne et generaliseret billede af vertikalt landbrug. Der er fra interessegruppen peget på, at de danske vertikale landbrug primært er startet af entreprenører med kompetencer hovedsageligt inden for entreprenørområdet. Danmarks største vertikale landbrug, Nordic Harvest har produceret og solgt produkter siden 2021, har 35 ansatte og dyrker omkring 250 tons salat, kål og krydderurter om året. Herudover findes der enkelte andre mindre producenter, herunder in-store farms, men udbredelsen af vertikalt landbrug i dag er minimal sammenlignet med væksthuse.

Case: Nordic Harvest

Kål, salat og krydderurter i 14 etager i en hal i Taastrup

Med vertikalt landbrug vil Nordic Harvest producere flere fødevarer på mindre plads for at frisætte landbrugsjord til natur, forbedre fødevarer kvaliteten, reducere energi- og vandforbrug samt undgå udledning af kvælstof og brug af sprøjtegifte.

Nordic Harvest er stiftet i 2019, og første etape af byggeriet stod færdig i 2020, blandt andet finansieret af Vækstfonden og Danmarks Grønne Investeringsfond (nu EIFO). Produkter fra Nordic Harvest har også haft let ved at finde vej til de danske forbrugere. Nordic Harvest leverer bl.a. grøntsager til Salling Groups varehuse i hele landet.

Hovedaktiviteter

Der plantes, høstes og bestøves dagligt, og i laboratoriet og på et testområde udvikles frø, ligesom der eksperimenteres med optimering af LED-belysning og automatisering af alle processer fra frø til pakning blandt andet ved hjælp af robotter. Virksomhedens medarbejdere består blandt andet af PhD'er med ekspertise inden for næring, vand og biologi. Herudover har Nordic Harvest ansat kokke, teknikere og dataloger, der er beskæftiget med den teknologiske udvikling. Der opbygges ny viden fra bunden om vertikalt landbrug, og data indsamles og analyseres. Introduktion af kunstig intelligens skal skærpe dataanalyser. Herudover samarbejdes der med 14 danske og tre udenlandske underleverandører om alt fra teknik til næringsstoffer.

Perspektiver

Virksomheden har iflg. ledelsen opnået tilsagn om en kapitaltilførsel på omkring 500 mio. kr. fra en udenlandsk kapital- og infrastrukturfond. Fuldt udbygget er det planen at kunne producere 6.000 ton fødevarer årligt og udvide markedet til Tyskland, hvor de tyske myndigheder har henvendt sig med interesse for at yde medfinansiering til etablering af produktion i Tyskland. Virksomheden forventer også at bevæge sig fra 'konceptfasen' med underskud som start-up over i 'proof of profit'-fasen med re-designede produktionsforhold og sorte tal på bundlinjen.

Kilder: <https://www.nordicharvest.com/>

Frandsen og Hansen 2024. De drifts- og samfundsøkonomiske aspekter af vertikalt landbrug og højteknologiske væksthuse. 33 sider. Notat fra IFRO – Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.

3.3 Mulige gevinster ved vertikalt landbrug

Dyrkning af afgrøder i vertikale landbrug har en række gevinster, som er beskrevet i Videnssynthesen fra Aarhus Universitet. Først og fremmest er arealudnyttelsen meget høj i vertikale landbrug. At afgrøderne dyrkes i flere lag i højden, muliggør en markant højere produktion af plantemasse pr. arealenhed relativt til andre CEA-systemer og frilandsdyrkning, hvor der dyrkes i et enkelt lag. Den høje arealudnyttelse og muligheden for at dyrke andre steder end på marken kan være et bidrag til at løse de udfordringer, der ligger i, at der i dag er konkurrence om anvendelse af de danske dyrkningsarealer.

Næringsstofførelsen kontrolleres nøje alt efter, hvilke afgrøder der dyrkes, og hvilke næringsstoffer afgrøderne kræver. Optimering og kontrol med dyrkningsmiljøet muliggør et øget udbytte. Herudover muliggør de lukkede systemer en høj grad af recirkulering af vandressourcer.

Det lukkede, kontrollerede dyrkningssystem gør vertikale landbrug uafhængige af sæson- og vejrforhold, hvilket leder til højnet dyrkningssikkerhed. Dette er særligt relevant i en tid med klimaforandringer, hvor tørke og ekstremt vejr fremadrettet vil forekomme i højere grad.

Det lukkede dyrkningssystem gør det yderligere muligt helt eller delvist at holde dyrkningsarealet fri for skadedyr og svampesygdomme, hvilket kan fjerne evt. behov for brug af pesticider i produktionen. At dyrkningen i vertikale landbrug ikke har direkte forbindelse til det omgivende miljø, resulterer i reduceret risiko for miljøforurening i bredeste forstand (se boksen nedenfor).

Brugen af LED-lys i vertikale landbrug åbner muligheder for at ændre på farvesammensætningen af lyset, hvilket er grunden til, at lyset i vertikale landbrug oftest har et lilla skær. Sammensætningen af lyset har en effekt på den ernæringsmæssige sammensætning og smag, og der er derfor potentialer i

at opnå en højere ernæringsmæssig værdi og mulighed for at justere smagen efter forbrugerpræferencer.

Vertikale landbrug kan potentielt være forbundet med mindre madspild, grundet muligheden for i høj grad at tilrettelægge den kontrollerede dyrkning ift. efterspørgslen i detailkæder og restaurationsbranchen, samt mulighed for længere holdbarhed. Foruden dette, vil høj ensartethed og kvalitet af afgrøderne i vertikale landbrug ligeledes lede til mindre madspild i produktionsleddet, da færre afgrøder skal kasseres.

Sammenligning af vertikalt landbrug med dyrkning på åben mark eller væksthuse er dog vanskelig, da der dyrkes afgrøder med forskellige formål og ernæringsmæssige egenskaber, og dermed kan dyrkningsformerne for nuværende supplere hinanden, men ikke erstatte hinanden. Det er blevet fremført, at flere af de nævnte gevinster ved dyrkning i vertikale landbrug ligeledes gør sig gældende for dyrkning i væksthuse og andre CEA-systemer.

Gevinsterne ved vertikalt landbrug afhænger af lokaliteten og udformningen af de enkelte vertikale landbrug, og dyrkningsformen udvikles til stadighed. Dette gælder både økonomisk rentabilitet og bæredygtighed, herunder miljøvenlighed, og dermed revideres de videnskabelige vurderinger heraf løbende. Udfordringer med knappe ressourcer er specifikt for lokaliteten, hvilket øger potentialet for vertikalt landbrug nogle steder i verden, f.eks. i ørkenstaten Dubai, hvor vandressourcerne er knappe, eller i Singapore og Japan, hvor der er høj befolkningstæthed og meget få landbrugsarealer.

Anvendelse og udledning af pesticider og næringsstoffer i vertikale landbrug

Mindre udledning af næringsstoffer og pesticider fremhæves ofte som fordele ved vertikalt landbrug og dyrkning i væksthuse generelt. Dyrkning i CEA-systemer medfører dog ikke i sig selv, at risikoen for udledning af sprøjtemidler til miljøet helt kan udelukkes. Der er fortsat mulige udledningsveje fra f.eks. et væksthuse til miljøet, herunder jord, vandmiljøet og luften, afhængig af væksthuses udformning og indretning, navnlig om der er tale om et såkaldt *åbent* eller *lukket* væksthuse.

Vertikale landbrug, der er bygget på fast bund og som ikke tillader udveksling af stoffer til det omkringliggende miljø, herunder jord og luft, vil være omfattet af definitionen af en *lukket* anvendelse. Det vil alt andet lige medføre en reduceret udledning af sprøjtemidler til miljøet. Samtidig vil det dog potentielt give mulighed for godkendelse af midler, som almindeligvis ikke godkendes til brug på friland eller i åbne væksthuse, da der ikke er en risiko for udledning til miljøet.

Vertikale landbrug vil ofte blive etableret og indrettet, så de begrænser adgangen for skadegørere, hvilket kan mindske behovet for brug af sprøjtemidler. På den måde stiller vertikale landbrug høje krav til hygiejne og sterile forhold, hvilket kan medføre et øget forbrug af desinfektionsmidler og andre biocider, som kan medføre sundhedsrisici.

Håndtering af spildevand

Vertikale landbrug såvel som almindelige væksthuse skal følge gældende regulering vedrørende håndtering af spildevand og næringsstoffer. Brug af sprøjtemidler, samt desinfektionsmidler og biocider, der bruges til sterilisering og andre hygiejneformål vil stille krav til håndteringen af spildevandet. Miljøstyrelsen har udarbejdet vejledningsmateriale, der skal skabe større klarhed over reguleringen af rent vand og nedsivning i væksthuse. Materialet vejleder om, hvornår vand kan anses som værende "rent", og hvornår det betegnes som "spildevand". I en situation, hvor der er tale om "rent vand" vil der ikke være krav om en tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19. Såfremt der er tale om "spildevand" kræver udledning på jorden eller nedsivning en tilladelse, jf. § 19 i miljøbeskyttelsesloven. Tilladelse til nedsivning af spildevand behandles efter reglerne i bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4 (spildevandsbekendtgørelsen). Miljøstyrelsen har også lavet vejledningen om pesticidholdigt spildevand og pesticidholdigt affald fra væksthusegartnerier, der skaber klarhed om pesticidhåndteringen i væksthuse.

3.4 Muligheder for økologificering

Vertikale landbrug kan certificeres økologisk, såfremt kravene til økologisk dyrkning opfyldes. Her gælder der samme krav som til økologisk væksthuseproduktion. Dermed er der et forbud mod hydroponisk dyrkning, og i produktionen må der ikke anvendes kunstgødning eller pesticider, der ikke er godkendt til økologi. Endvidere skal planteproduktionen som udgangspunkt foregå i bundjorden. Reglen om dyrkning i bundjorden gælder for nye produktioner og har en overgangsperiode til 2032 for eksisterende produktioner. Som en undtagelse for reglen om dyrkning i bundjorden er det muligt at dyrke planter til den endelige forbruger i pletter med voksemedier, der er godkendt til økologi, når potten sælges med planten. Det er på samme måde muligt at dyrke småplanter til videre produktion. Som en yderligere undtagelse er det muligt at dyrke spire- og spirelignende produkter i inerte medier med udelukkende tilførsel af vand, hvor planten alene skal næres af næringen, der er i det økologiske frø. Økologisk produktion kan ikke ske uden brug af sollys, men for spire- og spirelignende produktioner accepteres dyrkning uden brug af sollys.

Under de nævnte forudsætninger er det muligt at opnå økologificering til visse typer vertikalt landbrug og til dyrkning på reoler i et lukket væksthuse med tilførsel af sollys, som vist i tabel 1. Vertikale landbrug, der f.eks. dyrker planter til den endelige forbruger i hydroponiske systemer med vand iblandet næringsstoffer som vækstmedie, kan derimod ikke økologificeres.

Tabel 1. Muligheder for økologificering af hhv. væksthuse, vertikal dyrkning i væksthuse og vertikalt landbrug

Muligheder for økologificering		
Væksthus	Vertikal dyrkning i væksthuse	Vertikalt landbrug
<i>Planter til endelig forbruger:</i> Voksemedie og gødning godkendt til økologi	<i>Planter til endelig forbruger:</i> Voksemedie/gødning godkendt til økologi	<i>Spire og spirelignende produktion:</i> Inert medie godkendt til økologi, ingen gødning - kun vand
<i>Småplanter til videre produktion:</i> Voksemedie og gødning godkendt til økologi	<i>Småplanter til videre produktion:</i> Voksemedie/gødning godkendt til økologi	
<i>Spire og spirelignende produktion:</i> Inert medie godkendt til økologi, ingen gødning - kun vand	<i>Spire og spirelignende produktion:</i> Inert medie godkendt til økologi, ingen gødning - kun vand	

Anm.: Der lægges til grund, at alle tre systemer er lukkede, og der derved ikke dyrkes i bundjorden. I væksthuse og vertikal dyrkning i væksthuse antages, at der er sollys. I vertikalt landbrug antages, at der ikke er sollys.

4. Fremtidsperspektiver for vertikalt landbrug i dansk kontekst

4.1 Barrierer for udbredelse

I dette afsnit beskrives en række væsentlige barrierer for udbredelse af vertikalt landbrug, herunder et højt energiforbrug, begrænset afgrødevalg, højere afsætningspriser, og at dyrkningsformen endnu er relativt uprøvet.

4.1.1 Højt energiforbrug

Den største del af vertikale landbrugs energiforbrug anvendes til belysning med fotosynteseaktiv stråling. Da der i vertikale landbrug ikke er en naturlig lyskilde, som i væksthuse, vil energiforbruget til belysning være højere her. Foruden belysning, er klimastyring ved brug af affugtning, aircondition, kameraer og sensorer også medvirkende til et højt energiforbrug.

Energiforbruget ved vertikale landbrug afhænger af designet og kompleksiteten, herunder hvor mange lag der dyrkes i. Dog vil energiforbruget som hovedregel være højere i vertikale landbrug, end i væksthuse. Da vertikale landbrug varierer i størrelse og kompleksitet, er det svært at lave en generel sammenligning af væksthuse og vertikale landbrugs klimaaftryk. Ifølge videnssynthesen af AU viser få konkrete målinger et 2-2,5 gange højere klimaaftryk i vertikale landbrug i dag, sammenlignet med væksthuse. Her beskrives også et hollandsk studie, hvor der sammenlignes med konventionelle dyrkningsmetoder, som viser, at klimaaftrykket er 5,6-16,7 gange højere i vertikale landbrug. Det skal bemærkes, at 70-85 pct. af CO₂-aftrykket kommer fra elforbrug til belysning, hvilket må forventes at falde i takt med omstillingen til grøn strøm. Ifølge Klimastatus og –fremskrivning 2024 skønnes det danske elforbrug fra 2029 ikke at påvirke det nationale klimaregnskab pga. udfasningen af fossil elproduktion.

Det har tidligere været fremført, at når vertikale landbrug vil benytte grøn strøm til deres produktion, kan det medføre, at landareal optages til solpaneler og vindmøller. Vertikalt landbrug, ligesom den øvrige industri, formodes at trække elektricitet direkte fra elnettet med det energimix, der anvendes her. Vertikalt landbrug forventes ikke at have betydelig egenproduktion af elektricitet. Vertikalt landbrug vil kunne bidrage positivt til balanceringen af elsystemet, såfremt der produceres fleksibelt i forhold til elproduktionen fra VE-kilder.

Det vertikale landbrugs primære energikilde er elektricitet, hvilket særligt de seneste år har været udsat for betydelige udsving og generelt høje priser. Med henvisning til Klimastatus og –fremskrivning 2024 skønnes elpriserne gradvist at falde mod 2030.

I Danmark forventes afgrøder fra større producenter, både vertikale landbrug og væksthuse, at blive transporteret til distributionscentre, inden de transporteres til supermarkeder. Der forventes derfor ikke umiddelbart et fald i transportudledninger ved brug af vertikale landbrug frem for væksthuse.

4.1.2 Begrænset afgrødevalg og højere afsætningspriser

I danske vertikale landbrug dyrkes primært afgrøder med kort produktionstid, herunder bladgrønt, salat, krydderurter og mikrogrønt. Mikrogrønt kan produceres af frø fra mange forskellige afgrøder, og høstes tidligt, ofte få uger efter frøene er sået. I princippet vil det være muligt at producere de fleste afgrøder i disse CEA-systemer. Dog er omkostningerne ved dyrkning af kulhydrat- og proteinrige afgrøder i vertikalt landbrug i dag for høje til, at det er rentabelt. Derfor kan dyrkningsformen ikke erstatte denne basale del af foder- og fødevarerproduktionen og må derfor ses som et supplement til produktion på åbent land.

Betalingsvillighed blandt forbrugere er relevant ift. potentialet for vertikalt landbrug. Afgrøder produceret i vertikale landbrug er nemlig dyrere at producere, end i væksthuse, se nedenfor. Produkter fra vertikale landbrug sælges i Europa typisk til priser, der svarer til markedspriserne for økologiske produkter³, hvilket kan skabe en udfordring for konkurrenceevnen på markedet inden for EU, da vertikale landbrug med hydrokultur her ikke kan certificeres økologisk. Om der er tilstrækkelig efterspørgsel og betalingsvillighed for produkter fra vertikale landbrug specifikt i Danmark er ikke undersøgt.

4.1.3 En relativt oprøvet dyrkningsform

Vertikale landbrug som dyrkningsform kan anses for at være i et udviklingsstadium. Der er ikke udbredt standardisering af teknologier til vertikale landbrug, og der findes i dag ikke to vertikale landbrug med ens produktionssystemer. Af denne grund skal der for hver virksomhed udvikles specifikke løsninger.

³Frandsen og Hansen 2024. De drifts- og samfundsøkonomiske aspekter af vertikalt landbrug og højteknologiske væksthuse. 33 sider. Notat fra IFRO – Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet

Dette er både fordyrende og risikabelt. Den manglende standardisering af produktionsforholdene bremser ligeledes udviklingen og opskaleringen af vertikalt landbrug.

Vertikale landbrug har af ovenstående grunde højere investerings- og etableringsomkostninger sammenlignet med både væksthuse og kombinerede væksthuse og vertikale landbrug. Sammenlignet med et højteknologisk væksthuse kan investeringer per kvadratmeter være op til 10 gange højere⁴ ved vertikale landbrug. Desuden er driftsudgifter og omkostninger til energiforbrug ligeledes markant højere end i drivhusproduktion. De høje etablerings- og driftsomkostninger leder derfor generelt til dyrere produkter end produkter fra traditionelle væksthuse.

Uddannelse inden for vertikalt landbrug

Der findes i dag en række uddannelser, hvor studerende kan lære at finde løsninger på komplekse problemstillinger inden for landbrug og fødevarerproduktion, herunder vertikalt landbrug. Bl.a. kan nævnes universitetsuddannelser i fødevarervidenskab, jordbrugsøkonomi samt naturressourcer og erhvervsakademiuddannelsen som jordbrugsteknolog.

Udviklingen og tilpasningen af videregående uddannelser – f.eks. i forhold til mere læring om vertikalt landbrug – bygger på uddannelsesinstitutionernes faglige vidensgrundlag, bl.a. fra forsknings- og udviklingsaktiviteter samt øvrige vidensaktiviteter i samarbejde med aftagere og andre interessenter. Institutionerne tilpasser løbende uddannelsernes indhold på baggrund af institutionernes faglige vidensgrundlag og input fra interessenter.

I forhold til vertikalt landbrug kan det konkret fremhæves, at Aarhus Universitet fra 2024 udbyder en bacheloruddannelse i *plante- og fødevarervidenskab*, der giver grundlæggende viden om grundlaget for fremtidens bæredygtige fødevarer. På uddannelsen udbydes et kursus i *Bæredygtige dyrkningssystemer*. Endvidere kan fremhæves, at der bl.a. på bacheloruddannelsen i naturressourcer bliver udbudt et kursus i *Urbane fødevarer i et foranderligt klima*. På kandidatuddannelsen i Integrated Food Studies bliver der udbudt et kursus om *Food Concept Design*, og Københavns Universitet udbyder et kandidat- eller efteruddannelseskursus i *Urban Ecosystems: Structures, Functions and Designs* målrettet landskabsarkitekter.

4.2 Forskning, udvikling og innovation

Vertikalt landbrug er i en udviklingsfase. Det er en kompleks dyrkningsform, som kræver viden inden for et bredt felt af bl.a. teknologi, plantefysiologi, gartneri, IT-anvendelse og kemi. Teknologien er relativt uprøvet i stor skala i Danmark, og der er flere behov for forskning, udvikling og innovation inden for vertikalt landbrug.

4.2.1 Reduktion af energiforbrug

En ofte nævnt udfordring ved vertikalt landbrug er det markant højere elforbrug end ved konkurrerende dyrkningsformer. I dag kan en øget el efterspørgsel afføde en stigning i elproduktionen fra kul og naturgas. Fra 2029 vil en øget efterspørgsel på elektricitet ikke afføde en øget fossil produktion grundet lukningen af det sidste danske kulkraftværk i 2028 og over 100% VE-andel i ledningsgassen fra 2029, jf. Klimastatus og -fremskrivning 2024. En øget efterspørgsel på elektricitet vil dermed resultere i en stigning i VE produktion eller øget import af elektricitet fra udlandet, som ikke resulterer i en stigning i det nationale klimaregnskab fra 2029. Desuden forventes det, at vertikalt landbrug vil forbruge el fleksibelt og dermed producere i timer med høj elproduktion fra vind og sol.

⁴ Teknologier til vertikalt landbrug - Udarbejdelse af videnssynthese vedr. vertikalt landbrug (vertical farming) Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Carl-Otto Ottosen, Institut for Fødevarer (2022).

Det høje strømforbrug skyldes i høj grad LED-belysning. Inden for væksthudyrkning er der erfaring med mere energieffektive LED-lamper. Gennem tilpasning af lysets intensitet og spektralsammensætning til de specifikke plantearters behov muliggøres styring af plantens udvikling, form og indholdsstoffer. Ved at bruge klimastyringsystemer, som udnytter solens varme, kan man yderligere reducere energiforbruget for klimastyringsanlæg og nedsætte det samlede energiforbrug for vertikale landbrug.

4.2.2 Sortsudvikling

Der er potentialer inden for udvikling af nye sorter, som er tilpasset de særlige forhold, der er i vertikale landbrug. Et bredere sortiment af afgrøder kan øge det bidrag, som vertikale landbrug kan have i fødevarerforsyningen samt øge den økonomiske værdi af produktionen. Ligeledes kan udvikling af sorter, der kræver mindre lys for optimalt udbytte, være en måde at reducere lysforbruget på og dermed også energiforbruget og omkostningerne i vertikale landbrug. Der findes i dag begrænset sortsudvikling og forædling specifikt målrettet vertikalt landbrug.

Sortsudvikling med henblik på udvinding af højværdiprodukter til industrien kan også øge den økonomiske værdi af produktionen fra vertikalt landbrug. Nogle planter indeholder f.eks. bioaktive stoffer, der har antiinflammatorisk effekt og kan bruges i medicin. Disse produkter kan forbedres, når der dyrkes under optimale forhold, hvilket højner værdien. Produktion af højværdiprodukter kræver stor viden om de rette lys- og dyrkningsforhold.

Foruden sortsudvikling og forædling kan der forskes i at optimere væksten af planterne ved tildeling af bestemte sammensætninger af gødning, eksempelvis for at øge afgrødens smag og næringsværdi.

4.2.3 Udvikling af produktionsformen

Da vertikalt landbrug i Danmark er på et relativt tidligt udviklingsstadium, har der været en tendens til at interiør og udstyr til vertikale landbrug udvikles uafhængigt af hinanden af forskellige firmaer med forskelligartede vidensgrundlag og udgangspunkter. Inden for vertikale landbrugssystemer er der dermed stor diversitet og plads til udvikling og effektivisering af produktionsformen.

Inspiration fra væksthudyrkning

Med baggrund i at væksthuse er blevet udviklet og optimeret over længere tid, blev det ved workshops fremhævet af interessenter, at man i udviklingen af mere standardiserede vertikale landbrugssystemer med fordel vil kunne finde inspiration fra væksthudyrkning. I denne sammenhæng blev specifikt nævnt Moving Gutter System, hvor planterne automatisk rykkes rundt fra f.eks. dyrkningsstationer til klippemaskiner. Princippet bag dette kan overføres til vertikal dyrkning og gøre dyrkningsformen mindre stationær og mindre afhængig af omkostningsfuld manuel arbejdskraft. Det blev endvidere nævnt, at anvendelse af allerede udbredt teknologi potentielt vil kunne øge ensartetheden og sænke etableringsomkostningerne ved vertikalt landbrug.

For at imødegå bl.a. økonomiske udfordringer ved dyrkning i vertikalt landbrug har en dansk producent valgt at opskalere produktionen betydeligt og øge anvendelsen af teknologi kendt fra andre CEA-systemer. Dette gælder f.eks. Industri 4.0-teknologi, hvor bl.a. kunstig intelligens, Big Data og traditionelle sensorer i produktionen anvendes til at udvikle digitale tvillinger til at simulere og forudse planternes performance under varierende produktionsbetingelser. Herudover investeres der også i automatisering. Opskaleringen inden for teknologi, produktion og automatisering forventes at resultere i større udbytte og afgrødeudvalg samt færre omkostninger til både energiforbrug og manuelt arbejde pr. produceret enhed.

Hybridløsning mellem væksthuse og vertikalt landbrug

Interessenter har under drøftelser af udviklingsmuligheder særligt lagt vægt på perspektiver i hybridløsninger mellem væksthuseproduktion og vertikale landbrug. Herved kan planter eksempelvis spire og starte deres vækst i vertikale landbrug, hvorefter spirerne flyttes over i væksthuse til færdig dyrkning, hvilket vil forkorte den totale produktionstid og dermed øge produktionskapaciteten. Dette kan potentielt

være en måde at drage nytte af fordelene ved begge CEA-dyrkningsformer til at understøtte de forskellige udviklingstrin i planternes livscyklusser optimalt.

Ifølge Aarhus Universitets videnssynthese vil en hybridløsning relativt til udelukkende vertikalt landbrug muliggøre bl.a. et større afgrødeudvalg, lavere initiale investeringsomkostninger, udnyttelse af både sollys og kunstlys og dermed et lavere energiforbrug. Dermed adresserer denne løsning flere af udfordringerne ved udelukkende at have vertikalt landbrug.

4.3 Muligheder for støtte

Perspektiver i støtte gennem Miljø- og Klimateknologiordningen

Inden for reglerne i EU's fælles landbrugspolitik (CAP) er vertikalt landbrug ikke tilskudsberettiget til de direkte betalinger, fordi dette forudsætter, at afgrøden dyrkes direkte på marken med bundjordskontakt.

Under Miljø- og Klimateknologiordningen, som er en projektstøtteordning, der udbydes i 2023-27 under den fælles landbrugspolitik, er det muligt at give tilskud til investeringer, der understøtter udviklingen i vertikalt landbrug. Det ville skulle undersøges nærmere af Landbrugsstyrelsen, om der er teknologier inden for vertikalt landbrug, der kan gives tilskud til under ordningen. I 2025, 2026 og 2027 er der afsat 60 mio. kr. årligt til at støtte investeringer under nogle udvalgte indsatsområder der på nuværende tidspunkt er en del af Miljø- og Klimateknologiordningen.

Støtte til projekter og udvikling

Det er muligt at søge om offentlig finansiering til projekter inden for vertikalt landbrug både i statsligt og EU-regi. Danmarks Innovationsfond har således 2 igangværende projekter relateret til vertikalt landbrug, der er finansieret gennem deres InnoBooster-program. Det ene projekt omhandler billedegenkendelse i indendørs landbrug i virksomheden Seasony ApS, hvor det andet er et høstmodul til udnyttelse af gartneriers potentiale i virksomheden Hydrovertic ApS. Derudover har Innovationsfonden siden 2017 finansieret 6 andre projekter med relation til vertikalt landbrug. Fondens egen opgørelse viser, at de igangværende og tidligere projekter har haft en samlet investeringsramme på omkring 7,4 mio. kr.

Grønt Udviklings- og demonstrationsprogram (GUDP) kan ligeledes støtte udviklings- og demonstrationsprojekter indenfor, eller i tilknytning til vertikalt landbrug, forudsat at projektet lever op til regelgrundlaget for at opnå tilsagn, herunder at det har en grøn og økonomisk effekt mm. Der har dog endnu ikke været afsat midler til tiltag i relation til vertikalt landbrug gennem GUDP.

I Innomissionen AgriFoodTure, der udspringer af regeringens grønne forskningsstrategi fra 2020, nævnes vertikalt landbrug i den opdaterede roadmap af Plant-based Food Production, men fonden er ikke bekendt med igangværende projekter inden for vertikalt landbrug i missionsprogrammet.

Derudover kan initiativet 'Klima- og miljøeffektivt landbrug' hos Teknologisk Institut nævnes. Her giver Uddannelses- og Forskningsstyrelsen støtte til forskning, udvikling og vidensspredningsaktiviteter med en årlig bevilling på 6,6 mio. kr. En mindre del heraf vedrører udvikling af planteproduktion, bl.a. rettet mod gartnerier, væksthuse og vertikalt landbrug. Instituttet samarbejder med universiteter, erhvervsliv, myndigheder og brancheorganisationer om at udvikle teknologier og serviceydelse, der efterfølgende afsættes på markedsvilkår. Her er der dog ikke tale om en ordning, hvor virksomheder kan søge om støtte.

5. Opsummering og afrunding

Vertikalt landbrug er kendetegnet ved dyrkning i flere lag i lukkede systemer og ved brug af kunstigt lys. Udbredelse af vertikalt landbrug er større i f.eks. USA og Japan, mens der er begrænset udbredelse i Danmark.

Vertikalt landbrug har en høj arealeffektivitet og producerer en større mængde plantemasse per areal-enhed end andre CEA-systemer. Det er imidlertid en ny teknologi, som ikke er afprøvet i stor skala i dansk kontekst. I erhvervet nævnes en forventning om, at opskalering inden for automatisering og produktion vil resultere i lavere omkostninger og stordriftsfordele inden for kort tid.

Ud over en høj arealeffektivitet vil vertikalt landbrug ofte også være forbundet med en række miljømæssige fordele. Det lukkede dyrkningssystem gør det muligt at opnå en langt højere kontrol over dyrkningsmiljøet og dermed sikre, at næringsstoffer ikke udledes til nærmiljøet, og der anvendes markant færre pesticider, hvis nogen overhovedet.

Vertikalt landbrug har et højt energiforbrug, primært bestående af el, sammenlignet med øvrige produktionsformer. Dog skønnes det, at elpriserne vil falde, og dette kan påvirke rentabiliteten i vertikalt landbrug i positiv retning på længere sigt. Optimering og energieffektivisering af udnyttelse af bl.a. lysinstallationer kan yderligere bidrage til bedre energiudnyttelse. I takt med at strøm produceres grønt, reduceres CO₂-belastningen dog betydeligt og energiforbruget ved vertikalt landbrug forventes ikke at have en effekt på det danske klimaregnskab fra 2028

På nuværende tidspunkt må vertikalt landbrug dog anses for kun at være et supplement til frilandsproduktion, grundet høje omkostninger og manglende rentabilitet ved dyrkning af mange fødevarer- og foderafgrøder i vertikale landbrug. Der kan dog vise sig at være perspektiver i det, hvis der via sortsudvikling kan udvikles afgrøder, der muliggør rentabel dyrkning i vertikale landbrug.

Der ses særligt muligheder i at sammentænke vertikalt landbrug og væksthusedyrkning. Dette gælder både i forhold til at kombinere de to dyrkningsformer, såvel som at finde inspiration fra teknologier anvendt i væksthuse.

Vertikalt landbrug er en dyrkningsform i udvikling, der for nu ikke kan erstatte basisfødevarer, men som vil have en berettigelse inden for afgrøder med kort produktionstid. Vertikalt landbrug kan dermed levere en stor mængde afgrøder per arealenhed af høj kvalitet og med stor forsyningsikkerhed, og grundet udbygningen af grøn energi i Danmark forventes dette om få år at være uden effekt på det danske klimaregnskab.

Perspektiver for vertikalt landbrug i Danmark
Den tværministerielle taskforce for vertikalt landbrug



Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Holbergsgade 6
1216 København K

www.fvm.dk