

DEN FORANDERLIGE AREALANVENDELSE OG EN MULIG NY GULDALDER FOR DANSK LANDBRUG?

Tommy Dalgaard, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

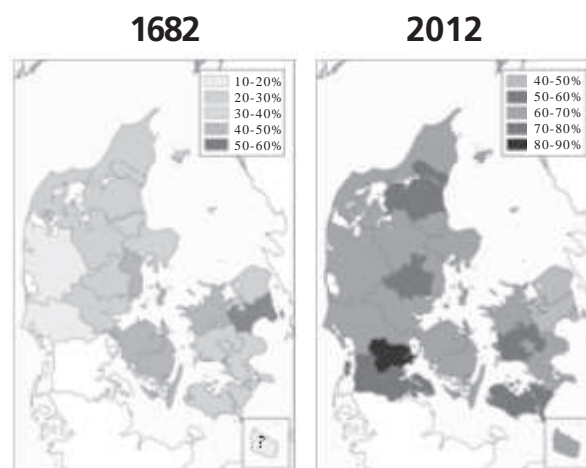
Gennem generationer har det danske landbrugsland forandret sig hastigt. Mest markant gennem det 19. og 20. århundredes opdyrkning, og frigørelsen fra naturgrundlaget gennem indførslen af nye maskiner, ekstern gødningsforsyning, dræning, sprøjtning, foderimport mv. Men hvordan vil fremtiden tegne sig? Vil de senere års tilbagevendte afhængighed af naturens bæredygtighed ift. øgede miljø-, klima- og naturbeskyttelseskrav fortsætte? Hvilke nye teknologiske muligheder vil åbne sig? Vil globaliseringen med en voksende middelklasses forbrug og fødevarerbehov betyde en ny guldalder for fødevarerproduktion? Og hvad kommer det til at betyde for afgrødevalget og balancen mellem forskellige typer af arealanvendelse og landbrug i Danmark? Dette er nogle af de spørgsmål, denne artikel tager hul på.

Verdens mest opdyrkede land under forandring

Med mere end 60% af arealet i landbrugsdrift er Danmark blandt Verdens allermest opdyrkede lande (Høye et al. 2011; Levin et al. 2013). Dagens andel med landbrug svarer til næsten dobbelt så høj en opdyrkningsgrad, som før udskiftningen og 1700-tallets landboreformer (Figur 1), men faktisk har opdyrkningen været endnu højere, da den toppede i slutningen af 1930'erne med over 75% (Kærgård og Dalgaard 2014).

Samtidig har skovarealet været stigende, og siden lavpunktet på omkring 2-4% ved fredskovforordningen i 1805 er skovarealet nu steget til omkring 15% (Figur 2). Dynamikken i arealanvendelsen har således været betydelig, og alt tyder på, at de store forandringer vil fortsætte også i de kommende generationer.

Figur 1. Det dyrkede areals andel



Udviklingen i dyrkningsprocenten i de gamle amter fra Christian den 5. første store matrikel i 1688 og markbøgerne fra 1682-1683 (Dam og Jakobsen 2008) og til de digitale indberetninger i jordbrugsregistre fra 2012 (Grafik: Mette Balslev Greve, Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi).

Figur 2. Arealandel skove og plantager i de danske sogne 1951 og 1998



Kilde: Dalgaard et al. (2009).

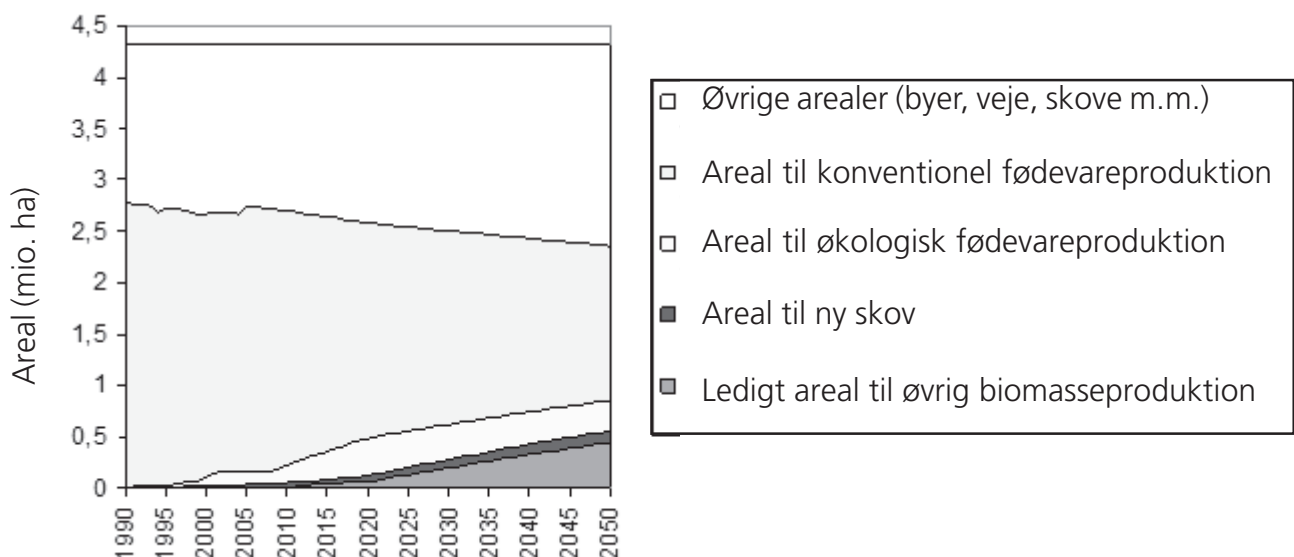
Presset på landbrugsjorden og den nødvendige effektivisering

En fremskrivning af arealanvendelsen i Danmark (Figur 3) viser, at landbrugets andel af arealet fortsat forventes at skrumpes fra omkring 60% i dag til godt 50% omkring 2050. Man kunne godt tro, dette vil betyde en tilsvarende nedgang i produktionspotentialet, men fortsætter den

hidtidige effektivisering og teknologiudvikling, vil de øgede høstudbytter og løbende tilpasninger i afgrødesammensætningen (Figur 4) samt en øget ressourceudnyttelse i husdyrproduktionen (Tabel 1) kunne mere end opveje nedgangen i produktionsarealet.

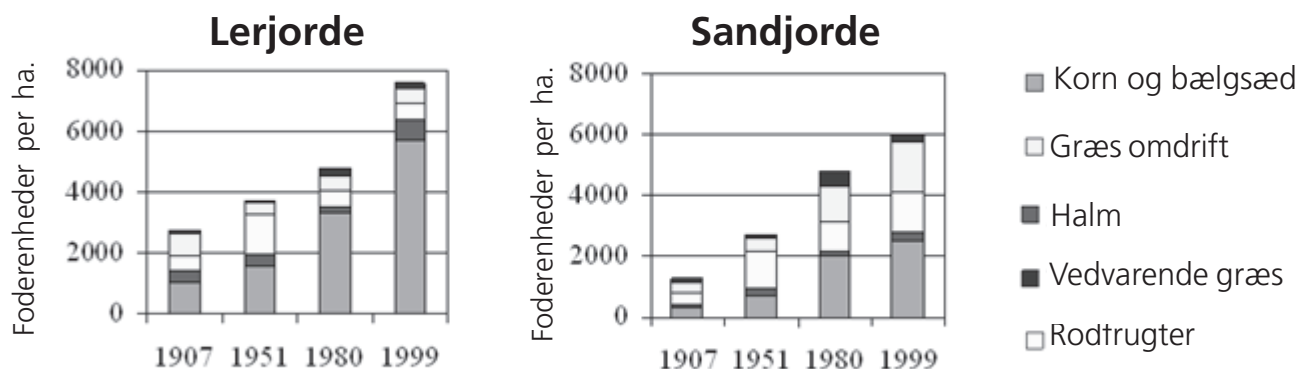
Faktisk viser opgørelserne for Klimakommissionen (Figur 3), at der både kan blive

Figur 3. Fremskrivning af arealanvendelsen i Danmark



En fremskrivning af arealanvendelsen i Danmark, under forudsætning af uændrede rammevilkår, og en stabil fødevarerproduktion. Der ses et fortsat, betydeligt fald i det dyrkede areal, men en øget anvendelse af arealer til økologiske fødevarer, skovrejsning, samt ledige arealer til øvrig biomasseproduktion i form af f.eks. energiafgrøder, øvrig non-food eller andre formål (efter Dalgaard et al. 2011).

Figur 4. Udvikling i afgrødesammensætning



Udviklingen i det gennemsnitlige arealudbytte og sammensætning af afgrøder i områder domineret af hhv. ler- og sandjord (repræsenteret ved hhv. traditioneller ager- eller hedebygder) ifølge Dalgaard et al. (2009). I de kommende år forventes en fortsat udbyttetigning kombineret med en fortsat betydelig ændring i afgrødesammensætningen.

plads til den forventede skovrejsning, et øget areal til økologisk jordbrug (som alt andet lige har en lavere mængdemæssig produktion per hektar) og et betydeligt areal til "øvrige biomasseproduktion", samtidig med at den nuværende fødevareproduktion opretholdes.

Alt efter de politiske rammebetingelser vil dette "ledige areal" så kunne udnyttes

til forskellige formål; f.eks. en øget bioenergiproduktion og/eller en øget husdyrproduktion i kombination med dedikeret naturbeskyttelse som et led i opfyldelsen af bl.a. EU's habitat- og vandrammedirektiver. Men dette er selvfølgelig afhængig af, at effektivitetsfremgangen kan oprettholdes.

Tabel 1. Effektiviteten i dansk jordbrug

		1970	2010	2050
Køer:	Tons mælk/ko/år:	4,2	9,0	13,6
	Foderenheder/kg mælk:		0,73	0,65
	% kvælstof-udnyttelse		27	30
Svin:	Smågrise/so/år:	12	25,5	35,0
	Foderenheder/slagtesvin:		2,7	2,5
	% kvælstofudnyttelse		43	50

Den teknologiske udvikling giver mulighed for en fortsat forøget effektivitet i jordbrugsproduktionen, hvorved f.eks. mælk og kød kan produceres med et stadigt mindre forbrug af indsatsfaktorer. Her ses den forventede, øgede effektivitet frem mod 2050 1 foderenhed svarer til foderværdien i 1 kg korn.

Kilde: Dalgaard et al. (2011).

En ny afhængighed af naturgrundlaget

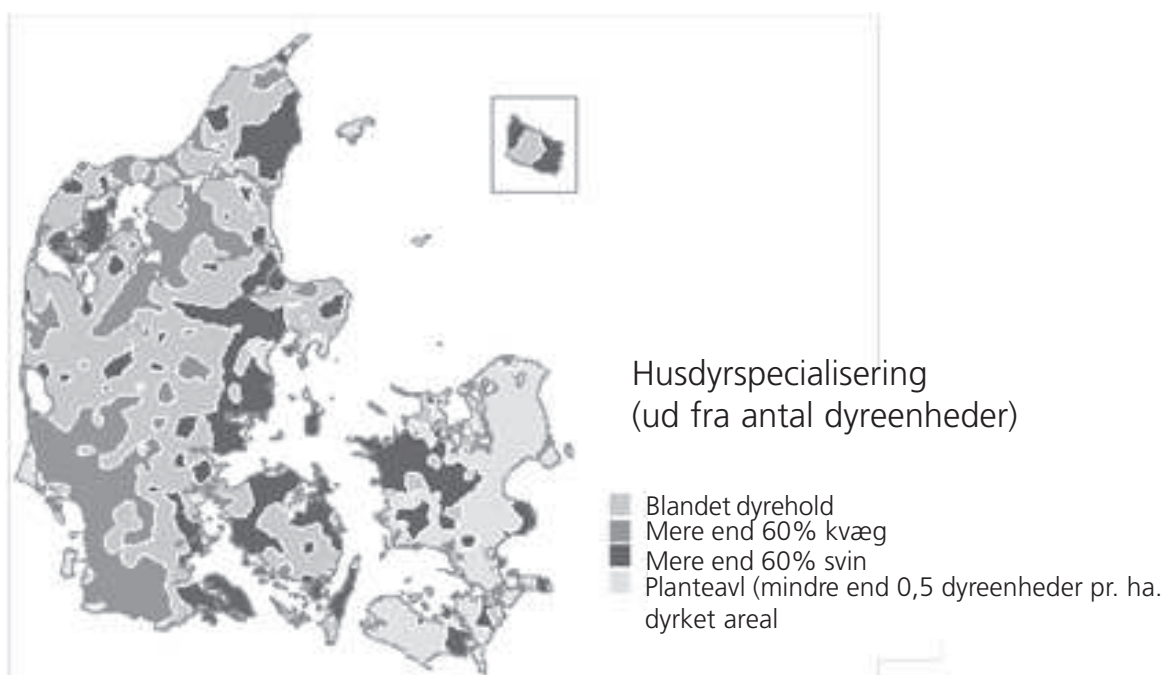
Den betydelige udbyttefremgang op gennem det 20. århundrede (Figur 4) var i høj grad drevet af en øget anvendelse af eksterne indsatsfaktorer såsom importeret gødning og foder, sprøjtemidler og ikke mindst nye maskiner og vanding, samt en dygtig implementering af disse teknologier i produktionen. Denne udvikling betød en mindsket afhængighed af naturgrundlaget, hvilket var baggrunden for den særligt markante, historiske opdyrkning i de vestdanske amter med sandjorder og tidligere heder (Figur 1). Det var da også på sandjordene og i de tidligere hede-egne, at vi så både den største procentvist og absolutte fremgang i udbyttet (Figur 4).

Som det ses af Figur 4, er der stadig tydelige regionale forskelle i afgrødesammensætningen, hvilket bl.a. hænger sammen med den regionale differentiering af husdyrproduktionen (Figur 5), hvor kvægbruget og dermed grovfoderafgrøder som græs og majs især koncentrerer i Vestdanmark. I disse år øges betydningen af disse

regionale forskelle, bl.a. fordi der stilles større og større krav til husdyrproduktionen, og fordi der stilles forskellige krav til udledningen af næringsstoffer og pesticider i de forskellige vandoplande og indvindingsområder for grundvand, samt i forhold til især de luftformige tab af ammoniak til sårbare naturområder.

I de kommende år forventes større og større fokus på sådanne oplandsspecifikke krav, og disse restriktioner vil helt sikkert præge den fremtidige udvikling af jordbruget; især i oplande med høj husdyrproduktion og høje krav til reduceret næringsstofudledning, såsom området omkring Limfjorden. Der forskes derfor intensivt i at finde attraktive løsningsscenarier, der både giver plads til den lokale udvikling af jordbrugsproduktionen og den ønskede naturbeskyttelse (se fx www.dNmark.org). Men som det fremgår af det følgende, er det en stor opgave, som vil kræve kompromisser og et udbygget samarbejde; både mellem landmænd, og mellem landbruget og det øvrige samfund gennem f.eks. udbyg-

Figur 5. Den regionale specialisering i kvæg-, svin- og planteavl



Kilde: Dalgaard et al. (2007).

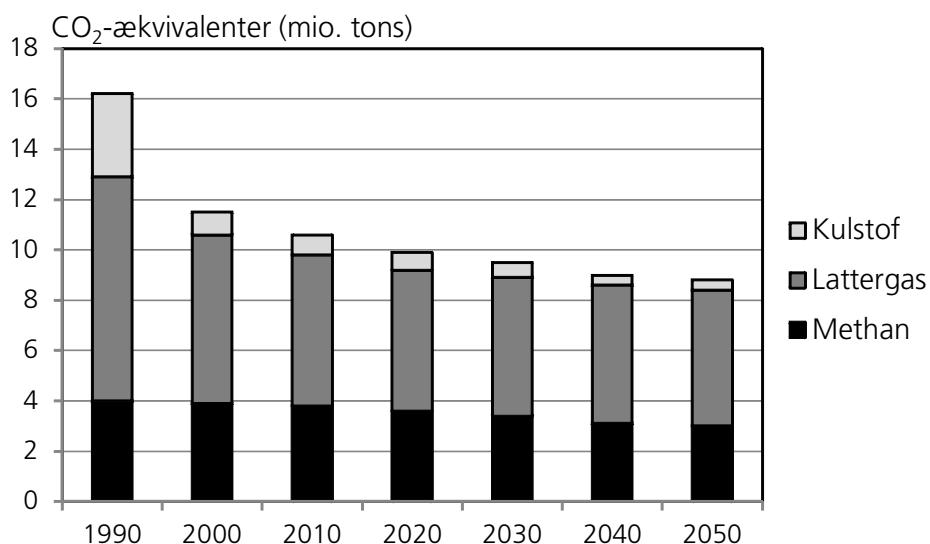
ning af nye teknologier såsom lav-emission staldsystemer, og en udbygget sektor til biogasproduktion og biomasse raffinering.

Klimaforandringernes betydning og landbruget som en del af både problemet og løsningen

Det faldende dyrkningsareal og de stigende krav til reduceret miljøbelastning er ikke det eneste, der presser landbrugets udvikling. Konsekvenserne af klimaforandringerne er et andet meget omdiskuteret emne, hvor landbruget påvirkes dels gennem tiltag til at reducere udledningen af drivhusgasser og forbruget af fossil energi, dels gennem tilpasning til de forventede forandringer i temperatur, nedbør og ekstreme vejrforhold.

Den forventede effektivitetsstigning og ændring i jordbrugets arealanvendelse (Figur 3, Tabel 1) har den klare positive sideeffekt, at landbrugets udledning af drivhusgasser falder betydeligt, i hvert fald i absolutte tal (Figur 6). Men med de nuværende teknologier er det ikke muligt at have en landbrugsproduktion, uden at der samtidig udledes en del drivhusgasser i form af især metan og lattergas (jf. 2050 situationen på Figur 6). Dvs. i et samfund, hvor udledningen af drivhusgas fra andre kilder forventes at falde endnu mere end landbrugets udledning, vil jordbrugets betydning for den samlede drivhusgasudledning således alt andet lige stige, og det samme vil samfundets fokus på at reducere drivhusgasudledningen fra landbruget derfor formentlig også.

Figur 6. Jordbrugets drivhusgas-udledning



Landbrugets teknologiske udvikling og den heraf forøgede ressourceeffektivitet reducerer løbende jordbrugets drivhusgas-udledning, her vist i form af den forventede udledning af methan (især fra drøvtyggere såsom køer), lattergas (relateret til kvælstoftab), og kuldioxid (fra den negative kulstofbalance i jorden). En række tiltag til yderligere at reducere dette udslip må dog forventes nødvendige, og der vil i den forbindelse blive behov for en betydelig innovation af jordbrugssystemerne, og en større produktion af bioenergi.

Kilde: Dalgaard et al. (2011, 2013).

Jordbruget kan imidlertid gennem produktion af bioenergi fra f.eks. biogas og dyrkning af energiafgrøder bidrage til at fortrænge fossil energi og derved mindske drivhusgasudslippet. Figur 7 viser således en beregning af bioenergiproduktionen i dag (2010) i forhold til 2050 situationen ved fremskrivningerne på Figur 3 og Figur 6, samt et muligt fremtidsbillede, hvor der satses intensivt på en yderligere forøgelse af bioenergiproduktionen. Som det ses, er der med de nuværende teknologier især et stort potentiale for en udvidet bioenergiproduktion fra egentlige energiafgrøder som pil og poppel, og fra en større biogasproduktion (især baseret på husdyrgødning) og halm. Dertil kommer de nye teknologier, der måtte udvikles, og mulige potentialer for nye og mere højtydende afgrøder, der vil kunne drage fordel af det varmere klima. F.eks. har vi over de seneste 10-15 år oplevet en betydelig fremgang i majsarealet, og i særlig høj grad i de nordlige egne (Odgaard et al. 2011). Frem mod 2050 forventes dertil måske 10% af det danske areal at blive dyrket med majs til

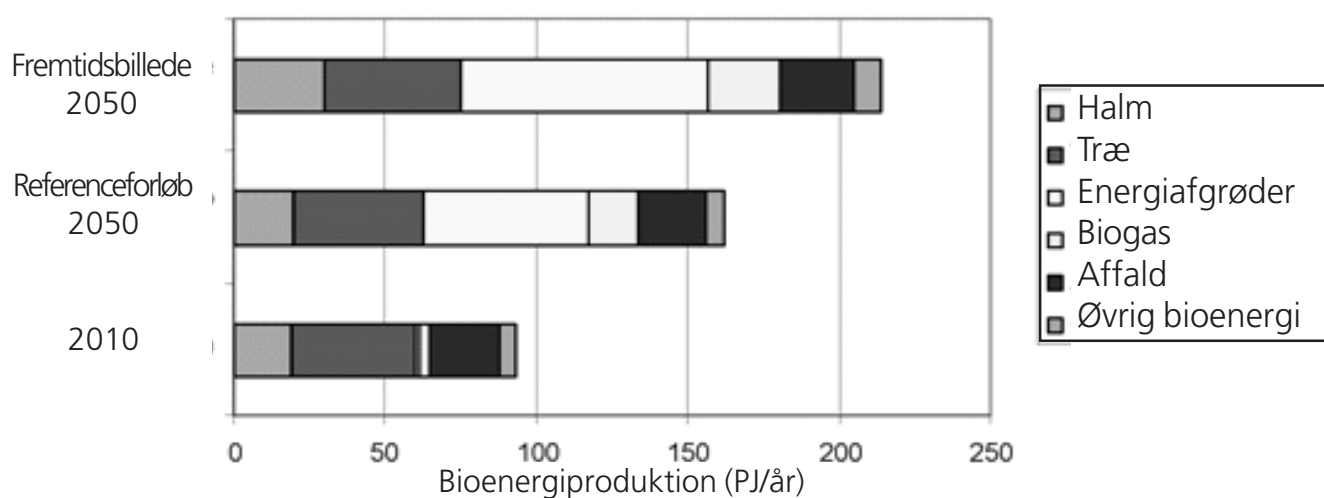
modenhed (Dalgaard et al., 2010), som med de forandrede klimaforandringer vil kunne dyrkes med økonomisk udbytte. Det ser nemlig ud til, at Danmark er heldig at ligge i et af de områder på kloden, hvor klimaændringerne alt andet lige kan blive en fordel for planteproduktionen, hvis vi formår at tilpasse os i en dynamisk verden.

Fremtidsbilleder og muligheden for en ny guldalder i landbruget?

I 2013 udgav ugebrevet Mandag Morgen et helt særnummer om den nye guldalder, som landbruget syntes på vej ind i. Siden har vi oplevet en stor krise, med svigtende priser for eksportlandbruget og en ikke afklaret kreditsituation - men på lang sigt vil analyserne stadig give det samme resultat: Den globale middelklasse er voksende, og dansk landbrug har mulighederne for at levere en række produkter med en stigende efterspørgsel.

Ovenstående fremskrivninger, som dem i Figur 3 og Tabel 1, antager en forholdsvis lineær fremskrivning af udviklingen, hvil-

Figur 7. Bioenergiproduktion frem til 2050



Sammenligning af bioenergiproduktionen i 2010 med det skitserede referenceforløb frem til 2050 (Figur 3) og i et fremtidsbillede for 2050 hvor der satses målrettet på en yderligere udvidelse af bioenergiproduktionen.

Kilde: Dalgaard et al. (2010).

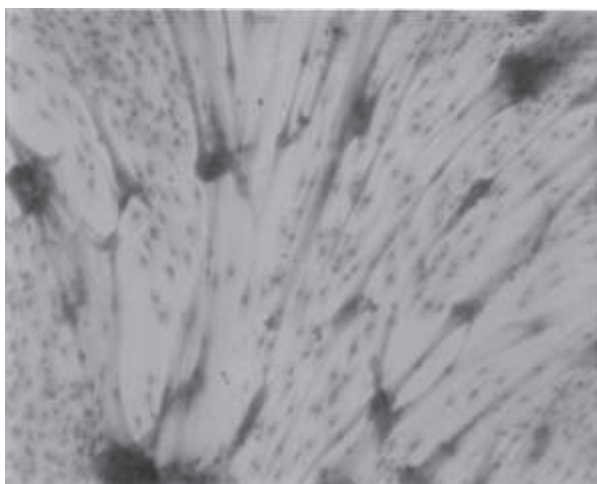
ket har holdt stik i hvert fald i tiden siden 2. Verdenskrig (Dalgaard et al., 2009b; Kærgaard og Dalgaard 2014). Men de globale udfordringer med klimaforandringer og en voksende befolkning som overudnytter klodens ressourcer er en udfordring som kan kræve helt nye løsninger og spring i teknologi. Siden 2. Verdenskrig er det især kornproduktionen, der er øget (Figur 4), men andre afgrøder såsom græs, der bedre udnytter den længere vækstsæson, vil kunne bidrage til endnu højere høstudbytter i fremtiden (Skøtt 2014), endog højere end de, der kan opnås med majs eller andre afgrøder, som ellers vil få relativt store fordele af et varmere klima.

I forbindelse med disse fremtidsperspektiver er en af teknologierne, der forskes intensivt i, raffinering af biomasse til flere formål (se f.eks. www.biovalue.dk). Især vil det være et gennembrud, hvis hidtidige lavværdi biomasser som græs, halm og affald kunne raffineres til anvendelse som højværdi proteinfoder, biobrændstof og biobaserede kemikalier til anvendelse i industrien. Sådanne teknologier vil virkelig kun-

ne påvirke fremtidens arealanvendelse betydeligt. Herunder udvikles robotter til høst og hjembringning af biomassen fra ellers svært tilgængelige lavbundsområder (Figur 8, th.), og den samme typer robotter har potentiale til at revolutionere den ellers meget arbejdsintensive grøntsags-, frugt- og bærproduktion. En sådan udviklet højværdi afgrødeproduktion kan måske endda gødes med restprodukterne fra den raffinerede biomasse fra lavbundsområderne i en slags moderne version af de traditionelle dyrkningssystemer med "eng som agers moder". Derved fremmes, hvad flere har kaldt en "bæredygtig intensivisering" af jordbruget; dvs. hvor ressourcerne kan benyttes mere intensivt uden at de spildes, men recirkuleres og derved fremmer en mere bæredygtig og "cirkulær økonomi".

Ovenstående muligheder lyder lovende, men problemet med at spå om fremtiden er, at vi ikke kender de teknologiske spring, der måtte revolutionere morgendagens jordbrug og fødevarerproduktion. I dag ved

Figur 8. Eksempler på nye teknologier i fremtidens landbrug



Kød fra muskelceller produceret *in vitro* i laboratoriet (venstre foto), og robotter, der med kamerasyn, satellitnavigation og avancerede sensorer selv kører rundt og passer markerne (højre foto), er eksempler på nogle af de nye teknologier, og som vil præge udviklingen af fremtidens jordbrug.

Kilde: Fotos fra Niels Oksbjerg tv. og Ole Green th., Aarhus Universitet.

vi, at kød kan dyrkes i laboratoriet (Figur 8, tv.), langt mere effektivt end i levende dyr, og formentlig med bedre udnyttelse af de specialdesignede kemiske forbindelser, som kan høstes og produceres via nyudviklede bioraffineringsteknikker. Måske mange af fødevarerne til verdens nye megabyer ikke nødvendigvis skal produceres på landet, men i fabrikslignede laboratorier eller i særligt designede, lukkede industrialæg med nyt effektivt LED lys og indbydende design (Figur 9, th.). Men er det det, forbrugere vil have?

Afgørende for dansk jordbrugets udvikling vil være forbrugernes efterspørgsel, og ikke mindst for den del af forbrugere, som kan og vil betale en merpris for de særlige produkter dansk jordbrug vil kunne tilbyde. I verdens storbyer ses i disse år en voksende gruppe af overvejende unge og veluddannede forbrugere, der ønsker at producere deres egne fødevarer i by-haver eller egentlige "Urban farming systems"

(Figur 9, tv.), mens andre efter krisen, især i Sydeuropa og i mere fattige byområder verden over benytter nedlagte industriområder og bygninger til fødevarerproduktion (Vejre et al. 2014). Disse produktionssystemer vil måske aldrig bidrage med en særlig betydelig del af det totale kalorieforbrug, men er alligevel et udtryk for en ny type forbrugere, der måske er mere ansvarlige overfor måden, hvorpå landbrugs- og fødevarerproduktionen praktiseres, mens de fleste forbrugere måske fortsat kigger mest på prisen når der handles ind.

Den danske landboforfatter Knud Sørensen refererer til begrebet "den iboende bonde", hvor landbrugeren ligesom i det traditionelle bondesamfund ønsker at handle ansvarligt i forhold til fællesskabet og med henblik på at give jorden videre til de kommende generationer, i den samme-

Figur 9. Nye organisationsformer og modeller for fødevarerproduktion og -forbrug



Helt nye organisationsformer og modeller for fødevarerproduktion og -forbrug skyder i disse år frem. Til højre ses The Eagle Street Roof top farm (2014), hvor en voksende bevægelse af borgere, ligesom i en række storbyer verden over, dyrker deres egne fødevarer inde i byen, som her med Empire State Building i baggrunden. Til højre en illustration fra det franske Ecotower (2014) projekt, som forsøger at udvikle koncepter til bæredygtig fødevarerproduktion i højhuse, tæt på borgerne i storbyen.

Figur 10. Landbrugsspil for gymnasieelever



Involvering af både land- og byboere i udviklingen af fremtidens jordbrug er vigtigt for at sikre koblingen mellem et bæredygtigt forbrug og en bæredygtig arealanvendelse. I www.fremtidenslandbrug.dk projektet er i den forbindelse udviklet et spil for gymnasieelever, landbrugselever eller lign. hvor samspillet mellem de forskellige interessenter i denne udvikling kan udforskes.

eller i en bedre stand end han selv overtog den. I bogen om "Fremtiden" (Høiris 2013; Dalgaard et al. 2013) argumenteres for vigtigheden af at "den iboende bybo, der vil have sikkerhed for sunde fødevarer og miljøet i sine omgivelser" kommer i lag med "den iboende bonde". Derved kan et bæredygtigt forbrug kobles med en bæredygtig arealanvendelse og et bæredygtigt primærjordbrug. I hvor høj grad dette lykkes, tror jeg kan være afgørende for landbrugets udvikling i en urbaniseret verden, hvor færre og færre har en direkte tilknytning til produktionen på landet. I Knud Sørensens novelle om Den Sidste Bonde fra 1987 beskriver han kritisk, hvordan fremtidspersonen Karl oplever moderniseringen af sit landbrug, og hvordan "... han havde set naboejendommene blive jævnet med jorden, havde set bygninger rejse sig, havde set nye medhjælpere komme... Selvejet er en illusion havde de sagt efter den fjerde udvidelse, og vist ham den trecifrede milliardgæld. Han prøvede sådan at huske, hvordan det hele havde været før, men kunne ikke helt". Måske ligner denne tænkte

fremtid dagens virkelighed vel meget, og måske er det svært at forestille sig hvordan denne virkelighed skulle være grundlaget for en ny guldalder for landbruget? Hvem ved? Et er dog sikkert, forandringerne i arealanvendelsen vil fortsætte, og kriser har før ledt til forunderlige nyudviklinger, som vi i fælleskab kan være med til at præge.

Litteratur

Dalgaard T, Kjeldsen C, Alrøe H og Noe E (2013) *Fremtidens Landbrug*. P. 161-187. In: Høiris (red.) *Fremtidens*. Aarhus Universitetsforlag, Aarhus. 469 p. ISBN 978-87-7124-034-4.

Dalgaard T, Olesen JE, Petersen SO, Petersen BM, Jørgensen U, Kristensen T, Hutchings NJ, Gyldenkerne S og Hermansen JE (2011) *Developments in greenhouse gas emissions and net energy use in Danish agriculture – How to achieve substantial CO₂ reductions?* *Environmental Pollution* 159 (2011) 3193-3203.

Dalgaard T, Jørgensen U, Petersen SO, Pedersen BM, Kristensen T, Hermansen JE og Hutchings N (2010) *Landbrugets drivhus-*

gasemissioner og bioenergiproduktionen i Danmark 1990-2050. Report for the Danish Climate Commission, Copenhagen. 55 p.

Dalgaard T, Kyllingsbæk A & Stenak M (2009) *Agroøkohistorien og det agrare landskab 1900-2000*. Kapitel 12. In: Odgaard og Rømer (eds.) *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år. Fra digevoldinger til støtteordninger*. P. 253-281. Aarhus Universitetsforlag. ISBN 978-87-7934-420-4.

Dalgaard T, Guul-Simonsen F, Kjeldsen C og Liboriussen T (2009b) *Det moderne landbrug*. I: Høiris O og Ledet T (red.) *Modernitetens Verden. Natur, menneske, samfund, kunst og kultur*. s. 423-442. Aarhus Universitetsforlag, Aarhus. ISBN 978-87-7934-480-8.

Dalgaard T, Kjeldsen C, Noe E, Kristensen IT. og Hutchings N (2007) *Et mere multifunktionelt landbrug til gavn for landdistriktsudviklingen*. S. 45-57. In: Svendsen GLH and Tanvig HW (eds.) *Landvindinger – Landdistriktsforskning og -perspektiver*. Narayana Press.

Dam P og Jakobsen JGG (2008) *Historisk-Geografisk Atlas*. In: Brandt J, Guttesen R, Korsgaard P, Hermansen B, Dalgaard T, og Reenberg A (eds.). *Atlas over Danmark*. Det Kongelige Danske Geografiske Selskab og Geografiforlaget, Odense. 179 p. ISBN 978-87-7702-554-9.

Ecotower (2014) *International sustainable city*. <http://www.eco-tower.fr/>. SOA Architects, Paris.

Høiris O (2013) *Fremtiden*. Aarhus Universitetsforlag. 469 sider.

Høye TT, Ejrnæs R, Dalgaard T, Svenning JC and Topping CJ (2012) *Hvordan sikrer vi agerlandets biodiversitet?* Kapitel 2.5. p. 48-52. In: Meltofte H (red.) *Danmarks natur frem mod 2020 – om at stoppe tabet af biologisk mangfoldighed*. Det Grønne Kontaktudvalg, c/o Danmarks Naturfredningsforening, København. ISBN: 978-87-992310-3-4.

Kærgård N og Dalgaard T (2014) *Dansk landbrugs strukturudvikling siden 2. verdenskrig*. *Landbohistorisk Tidsskrift* (under udgivelse).

Levin G, Jepsen MR og Blemmer M (2013) *BASEMAP. Technical documentation of a model for elaboration of a land-use and land-cover map for Denmark*. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 47 pp. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 11.

Odgaard MV, Bøcher PK, Dalgaard T og Svenning JC (2011) *Climatic and non-climatic drivers of spatiotemporal maize-area dynamics across the northern limit for maize production - a case study from Denmark*. *Agriculture Ecosystems and Environment* 142: 291-302.

Skøtt T (2014) *Dyrk græs i stedet for korn*. *Forskning i Bioenergi, brint og brændselsceller*. Nr. 49, Side 10-11. 11 årgang.

Sørensen K (1987) *Den sidste bonde*. I: *Marginaljord*. Gyldendal, København.

The Eagle Street Roof top farm (2014) <http://rooftopfarms.org/>

Ugebladet Mandag Morgen (2013) *Landbrugets næste guldalder*. Særnummer, den 21/1 2013.

Vejre H, Lohrberg F, Pickard D, Rojo MS, Eiter S, Scazzosi L (2014) *Urban agriculture - part of the solution*. <http://eventmobi.com/ia-congress2014/agenda/70106/370692>. Poster and Poster abstract for the Copenhagen University IARU Conference on "Global Challenges: Achieving Sustainability".