



Fødevarerministeriet

### **Vedrørende notat om ”Klimaændringers effekter på dansk landbrug og muligheder for tilpasninger”**

**Susanne Elmholt**

Koordinator for  
myndighedsrådgivning

Dato: 13. marts 2012

Direkte tlf.: 8715 7685  
E-mail:  
Susanne.Elmholt@agrsci.dk

Afs. CVR-nr.: 57607556

Side 1/9

Fødevarerministeriet har i bestilling af 19/2 2012 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Landbrug om bidrag til understøttelse af regeringens klimatilpasningspolitik, der indledes med en kortlægning af mulige konsekvenser af fremtidige klimaændringer og overvejelser om klimatilpasning for landbrug.

Som led heri har professor Jørgen E. Olesen, Institut for Agroøkologi, udarbejdet nedenstående notat om ”Klimaændringers effekter på dansk landbrug og muligheder for tilpasninger”.

Med venlig hilsen

Susanne Elmholt  
Seniorforsker, Koordinator for DCA's myndighedsrådgivning



## **Klimaændringers effekter på dansk landbrug og muligheder for tilpasninger**

*Jørgen E. Olesen*

Det danske landbrugsareal udgør ca. 62 % af det samlede landareal. Danmark har en stor eksport af især animalske produkter og frø. Samlet udgør landbrugseksporten ca. 12 % af den danske eksport. Der har i de seneste år været stigende fokus på miljøeffekterne af landbruget, hvilket har ført til handlingsplaner for reduktion af udledningen af kvælstof og fosfor samt begrænsninger i pesticidforbruget. Med nedsættelsen af Natur- og Landbrugskommissionen i 2012 er der et fornyet fokus på de komplicerede samspil mellem natur, miljø og landbrug, herunder de betydelige globale udfordringer med hensyn til at kunne levere tilstrækkelige mængder fødevarer og bioenergi til den voksende globale befolkning samtidigt med at naturgrundlaget trues af stigende temperaturer og klimaekstremer. Udfordringerne omkring effekter af klimaændringer indgår derfor også i kommissoriet for Natur- og Landbrugskommissionen. Det samme gør behovet for at reducere udslippet af klimagasser fra landbruget, og på mange måder spiller de to udfordringer sammen (Smith og Olesen, 2010), nogle gange med hinanden og nogle gange mod hinanden.

### **Sårbarhed**

En temperaturstigning vil for enårige landbrugsafgrøder, som fx korn og raps reducere længden af den aktive vækstperiode, fordi afgrøderne vil modne tidligere. Jo højere temperaturstigningen bliver desto relativt større vil udbyttenedgangen blive. Kristensen et al. (2011) fandt med udgangspunkt i model estimeret ud fra observerede udbytter i vinterhvede, at klimaændringer frem til 2040 vil føre til udbyttenedgang på 6-13 % afhængig af hvilken klimamodel, der lægges til grund. Samtidigt øges variationen i udbytterne betydeligt. En del af udbyttetabet vil blive opvejet af et øget indhold af CO<sub>2</sub> i atmosfæren, men selv ved en fordobling af CO<sub>2</sub>-koncentrationen vil udbyttet formentlig kun øges med omkring 20% i de fleste afgrøder. Samtidigt vil øget CO<sub>2</sub> ikke kunne reducere den øgede variation i udbytterne.

For afgrøder som græs, sukkerroer og majs vil en temperaturstigning være favorabel, idet det er længden af hele vækstsæsonen, der er afgørende for udbyttet. Der vil derfor ske et skift mod dyrkning af mere majs i Danmark, hvor der med et varmere klima mange steder kan opnås højere udbytter end de øvrige kornarter. En fremskrivning af klimaet til 2040 viser at majsarealet vil kunne fordobles fra de nuværende ca. 7 % af det dyrkede areal (Elsgaard et al., 2012). Det vil især være dyrkning af majs til modenhed (kerne til svinefoder), der vil øges, hvor den nuværende majsdyrkning er til ensilage til kvægfoder.

For frilandsgrontsager vil højere temperaturer især i forår og efterår betyde en forlænget produktionssæson, hvilket vil være en klar markedsmæssig fordel. Øgede temperaturer vil også være en fordel for en stor del af frugtproduk-



tionen, da det vil betyde større udbytter og bedre kvalitet i produktionen. Samtidigt vil der blive mulighed for nye produktioner, som f.eks. en større udbredelse af vindyrkning i Danmark.

Øget vinternedbør og stigninger i vandstanden vil visse steder give anledning til oversvømmelser eller til så høj grundvandstand, at landbrugsmæssig udnyttelse kan blive vanskelig at opretholde. Dette kan formentlig især blive tilfældet langs en række fjorde og vandløb. Også på andre drænedede jorder med ringe fald til vandløbene kan der dog blive problemer med større nedbørintensitet, som kan gøre det vanskeligt at sikre tilstrækkelig god afvanding af markerne. Dette problem forstærkes i sommerperioden, hvis der generelt i forhold til tidligere gennemføres en reduceret grødeskæring i vandløbene, så sommervandføringen begrænses. Effekterne af dette kan blive problemer med at kunne færdes på markerne og dermed få høstet afgrøderne rettidigt, hvilket vil reducere udbyttet.

En stor del af danske sandjorder er kunstvandede. Flere klimamodeller viser mindre sommernedbør i Danmark, hvilket vil øge behovet for vanding (van Roosmaalen et al., 2009). Samtidig vil øget temperatur øge fordampningen, men en del af denne effekt modvirkes af mindre fordampning fra planterne ved øget CO<sub>2</sub> koncentration i atmosfæren. En ændring i afgrødevalget mod dyrkning af mere majs vil også øge behovet for kunstvanding. Øget behov for markvanding kan få en afsmittende effekt på vandføringen i vandløb.

Ukrudt er den skadegører, som langsomt vil tilpasse sig de ændrede klimaforhold. Det skyldes flere forhold, bl.a. at ukrudt i modsætning til skadedyr og sygdomme er stedbunden, og spredning kun sker via frø. Det betyder, at ændrede klimaforhold snarere vil fremme specifikke ukrudtsarter, der allerede er etableret i Danmark, end at øge risikoen for introduktion af nye arter. Eksempler på ukrudtsarter, der vil drage fordel af et varmere klima er hanespore og grøn skærmaks, som er forholdsvis nye ukrudtsarter i Danmark. Begge arter regnes blandt de mest tabsvoldende ukrudtsarter på verdensplan, men i Danmark er de p.t. et mindre problem og kun i sent såede eller åbne afgrøder, da de spirer sent. I Holland derimod er hanespore et af de største ukrudtsproblemer i majs, så selv mindre klimaændringer kan formodes at fremme denne arts udbredelse.

Et eksempel på en ny ukrudtsart, som kunne blive et problem på sigt, er bynkeambrosia. Frø af denne art importeres i store mængder hvert år som forurening i vildtfugleblandinger. Med det nuværende klima er bynkeambrosia ikke i stand til at producere og dermed etablere sig i Danmark, men arten er f.eks. et stort problem i og omkring Berlin, dvs. at mindre klimaændringer må antages være tilstrækkelig til, at arten kan etablere sig. Interessen for bynkeambrosia skyldes, at plantens pollen er meget allergifremkaldende.



Samspelet mellem klima, afgrøde og svampesygdomme er meget komplekst, og generelt er det svært at forudsige, hvordan de enkelte skadegørere vil påvirkes. Ikke blot vejrforholdene i den enkelte vækstsæson har betydning for angrebsstyrke, men også vejret i den forudgående sæson kan have direkte eller indirekte betydning i forhold til opbygning af smitstof og overvintrer af strå- og stubrester.

Studier, hvor man undersøger risikoen for angreb i områder, der har det samme klima, som vi forventer at få om 20-50 år, har vist, at der kun vil være en begrænset ændring i bekæmpelsesbehovene for sygdomme, men at brunrust og arter af *Fusarium* vil forekomme hyppigere i fremtiden. Overordnet set er vurderingen imidlertid, at der for en række sygdomme vil være mere favorable temperaturforhold i fremtiden. Dette er beregnet at ville øge risikoen for infektion af korn med svampetoksiner, som deoxynivalenol (DON) i fremtiden (Fels-Klerx et al., 2012).

Skadegørernes evne til tilpasning til ændrede klimaforhold er en joker i forhold til klimaændringernes mulige konsekvenser på plantesygdomme. Eksempelvis har gulrust inden for de seneste 10 år har tilpasset sig et varmere klima og er spredt til varme områder i USA (hvedebæltet) og Vestaustralien. Sådanne ændringer i svampenes aggressivitet gør det yderst vanskeligt at forudsige de aktuelle risici.

Lige som for sygdommene vil temperaturen i de kommende år være afgørende for udviklingen af skadedyr. Bladlus vil især påvirkes af temperaturstigninger. Bladlusene vil flyve tidligere på vækstsæsonen og formere sig hurtigere. Dette vil give bedre betingelser for angreb af bladlus, men der er dog andre forhold, som taler imod en hurtig opformering. Eksempelvis vil kornafgrøder modne tidligere end i dag, og dermed hurtigere blive uegnet som føde for bladlus. Desuden vil nyttedyr, som kan medvirke til at regulere skadedyr, også have bedre opformeringsforhold, hvilke igen vil virke hæmmende på opformeringen. Ved meget store temperaturstigninger vil bladlusene ændre deres livscyklus og delvis begynde at overvintrer som bladlus i stedet for æg. Dette vil give større aktivitet i efteråret og bl.a. øge risikoen for spredning af havrerødsot. Hvis det bliver almindelig praksis at sprøjte for lus i efteråret, vil man opleve en betydelig stigning i den anvendte mængde af insekticider.

Husdyrholdet vil blive påvirket indirekte gennem tilgængeligheden og prisen på foder og indirekte gennem effekter på sundhed, vækst og reproduktion. En længere vækstsæson for græsmarkerne kan give en længere afgræsningsperiode. For fritgående dyr kan der være tale om øget varmestress i forbindelse med meget varme somre. Effekterne er formentlig mindre for opstaldede husdyr, men det afhænger af staldsystemernes udformning. Et stigende antal varme somre kan medføre spontan tilpasning i form af flere stalde med naturlig ventilation og/eller stalde med klimaanlæg.



## Konsekvenser

Dansk landbrug vil generelt være gunstigt stillet med hensyn til de forventede klimaændringers virkninger på produktionspotentialer. Der er dog fortsat knyttet en betydelig usikkerhed til konsekvenserne af større klimavariation og klimaekstremer (Olesen et al., 2011; Refsgaard et al., 2012), som nogle steder vil kunne reducere dyrkningsmuligheder og rentabilitet i landbrugsproduktionen. Udnyttelse af dette potentiale forudsætter dog tilpasninger i landbrugets dyrkningspraksis, hvor der vil være betydelige regionale forskelle.

Den kortsigtede tilpasning sigter mod at optimere produktionen under de givne vilkår (fx artsvalg, sortsvalg, såtid, gødskning og pesticidanvendelse). Arealet med majs er fx steget fra 560 ha i 1965 til 172.000 ha i 2010. Stigende udbytter medfører øget behov for kvælstofgødskning. Samtidig vil øget temperatur og vinternedbør øge risikoen for kvælstof- og fosforudvaskning til vandmiljøet (Jeppesen et al., 2009; Patil et al., 2012). Modelberegninger viser, at dyrkning af efterafgrøder i betydeligt omfang vil kunne begrænse risikoen for kvælstofudvaskning (Doltra et al., 2012). I visse sædskifter vil der dog selv med dyrkning af efterafgrøder være risiko for øget kvælstofudvaskning. Risiko for tab af fosfor til vandmiljøet vil formentlig kunne begrænses gennem nye miljøvenlige teknologier.

I et nyligt afsluttet forskningsprojekt (PRECIIOUS) blev der udviklet scenarier for pesticidanvendelse i et fremtidigt klima svarende til forventede klimaændringer i 2050. Beregningerne viser en stigning i behandlingsindekset som følge af klimaændringer på 10-20 %. Til trods for dette vil udvaskningen af stærkt bundne herbicider, insekticider og fungicider ikke øges i det fremtidige klima. Derimod kan der forventes øget udvaskning af sulfonylurea herbicider og i mindre omfang af andre herbicider. På lerjord vil de direkte klimaeffekter, f.eks. mere kraftige regnskyl, give forøget pesticidudvaskning med en faktor ca. 100-10.000, fordi strømmingen gennem de øvre jordlag i væsentligt omfang sker gennem makroporer. På sandjord har den ændrede nedbørsintensitet, fordampning og temperatur mindre betydning.

Den langsigtede tilpasning involverer ændringer i landbrugets struktur, teknologianvendelse, arealanvendelse, vandingssystemer mv. samt udvikling og tilpasning af nye arter og sorter af afgrøder. De fleste tilpasninger vil kunne foregå spontant i sektoren uden overordnet styring og planlægning. Dette forudsætter dog, at klimaændringerne kommer til at foregå tilpas langsomt, og at forskning, udvikling og rådgivning inden for sektoren er opmærksom på, at ændringerne i de klimatiske grundvilkår gør, at ældre data og erfaringer skal bruges med varsomhed.

## Handlemuligheder

En optimal strategi for tilpasning i landbruget sikrer dels opretholdelsen af landbrugets konkurrenceevne dels at målsætningerne om reduktioner af landbrugets miljøpåvirkninger overholdes. Især inden for samspillet til land-



brugets miljøpåvirkning vil der være brug for styring af tilpasningen. Dette skyldes den omfattende regulering inden for dette område, hvor specielt regulering af afdræning af lavbundsarealer, vanding, gødskning og plantebeskyttelse påvirkes af klimaændringer.

På lavbundsarealer vil en øget efterårs- og vinternefbør mange steder kræve en øget dræningsindsats for at sikre en fortsat landbrugsproduktion. Samtidigt vil stigninger i vandstanden visse steder give anledning til oversvømmelser eller til så høj grundvandsstand, at landbrugsmæssig udnyttelse umuliggøres, idet det ikke bliver muligt at gennemføre effektiv afdræning af markerne i en tilstrækkelig lang periode til at dyrkningen bliver rentabel. Dette kan være tilfældet langs nogle fjorde, ådale samt vandløb med lille fald. Problemet vil nogle steder kunne løses gennem digebyggeri og bortpumpning af vandet, hvilket dog kan have negative konsekvenser for naturen. Alternativt kan disse arealer opgives til landbrugsmæssig udnyttelse og overgå til naturområder med ekstensiv drift og naturpleje. Problemet vil mange steder være koblet til øget forekomst af ekstremnefbør i form af flere dages (eller ugers) kraftig regn, som det vil være vanskeligt at få ledt bort gennem vandløbene tilstrækkeligt hurtigt. Det er behov for en kortlægning af problemets arealmæssige omfang og af tidshorisonten.

Et øget behov for markvanding kan få konsekvenser for vandføringen i vandløb, hvorfor det kan blive nødvendigt at justere de eksisterende tilladelser til vandindvinding. Ændringer i behovet for markvanding vil dog formentlig i høj grad være afhængig af ændringer i afgrødesammensætningen. Doltra et al. (2012) fandt således kun mindre stigninger i vandingsbehov for vårbyg og vinterhvede på sandjord, mens behovet steg betydeligt (30-70 mm) for kartofler. Der er også her behov for yderligere kortlægning af problemets omfang.

Under uændrede produktionsforhold og miljøregulering forventes en større udledning af fosfor og til dels kvælstof til vandmiljøet. Sådanne stigende udledninger kan indebære behov for yderligere tiltag i forhold til de foreslåede Vandplaner som opfølgning på Vandrammedirektivet, der skal sikre god kvalitet af grundvand, vandløb, søer, fjorde og indre farvande. For at reducere det mulige fremtidige fosfortab kan der være behov for allerede nu yderligere at mindske fosfortilførslen til mange danske landbrugsjorde. Den større risiko for tab af kvælstof og fosfor fra landbrugsjord under klimaændringer kan gøre det aktuelt at vurdere nødvendigheden af omlægning af en del af det nuværende areal med afgrøder i omdrift til permanent vegetation (f.eks. græs eller pil) for at mindske belastningen af miljøet. Der er dog tale om komplicerede sammenhænge mellem klimaet og udledningen af kvælstof og fosfor til vandmiljøet, og yderligere forskning i dette er nødvendig inden disse effekter kan kvantificeres og vurderes.

En del af problemet med et øget forbrug af pesticider kan vanskeliggøre overholdelse af målsætningerne i Pesticidhandlingsplanen. En del af problemet vil formentlig kunne løses gennem ny teknologi, som fx resistente afgrøder eller



mere målrettet pesticidanvendelse. Her mangler der dog viden om sammenhængen mellem klimaændringer, behovet for plantebeskyttelse og forebyggende indsats mod ukrudt, sygdomme og skadedyr.

### **Samfundsøkonomi**

Klimaændringer og øget CO<sub>2</sub> indhold i atmosfæren forventes frem til 2050 at kunne øge udbyttene i en del landbrugsafgrøder med 10-15 %, hvorimod andre afgrøder vil opleve udbyttenedgang. Samlet set må dansk landbrug - når der tages hensyn til ændringer i afgrødevalg - forventes at kunne få mindre stigninger i produktivitet som følge af klimaændringer. Under uændrede prisforhold vil dette øge værdien af planteproduktionen tilsvarende. Der vil dog også være øgede omkostninger til bl.a. gødning og pesticider, som vil reducere stigningen i nettoindtjeningen i landbruget. Udbyttestigningerne kan dog meget vel blive mindre som følge af behov for øgede begrænsninger i næringsstof- og pesticidanvendelse af hensyn til natur og vandmiljø. Samtidigt kan større udsving i klimaet og øget forekomst af ekstreme klimasituationer (tørke, oversvømmelse og hedeølger) give større udsving i udbytter samt år med svigtende produktion, hvilket er skadeligt for en landbrugssektor med en stort og konstant foderbehov. Sådanne udsving i produktionen kan øge omkostningerne til foderforsyningen i husdyrbruget.

Der kan endvidere blive begrænsninger i visse områder på opdyrkning af lavtliggende arealer og på vanding i tørre somre, hvilket vil reducere fordelene i disse regioner. På grund af store usikkerheder og manglende viden omkring de forventede klimaændringers effekter på samspillet mellem landbrug og miljø er det ikke pt. muligt at gennemføre en samfundsøkonomisk beregning af disse effekter.

### **Barrierer og muligheder**

#### *Viden og datagrundlag*

Viden om effekter af klimaændringer på landbrugets afgrødeproduktion og på relaterede miljøeffekter er blevet styrket en del i de senere år, især i kraft af nationale og europæiske forskningsprojekter, som i samarbejde med andre europæiske forskere har sammenlignet modeller og datagrundlag samt anvendt disse på de nyeste scenarier for klimaændringer. For at styrke beslutningsgrundlaget gennemføres der i det igangværende CRES-projekt under Det Strategiske Forskningsråd undersøgelser af usikkerheder på samspillet mellem klimascenarier, scenarier for arealanvendelse og modeller for afgrøder og stoftransport på mulige konsekvenser for vandforsyning, dyrkningsegnethed og kvælstofforurening i Odense Å oplandet. Forskningen har vist, at klimaekstremer kommer til at spille en betydelig rolle i fremtiden, og at den eksisterende viden og de nuværende modeller for effekter på landbruget er utilstrækkelige til dette formål. Dette er derfor et hovedfokus i kommende



forskningsprojekter, som i den nuværende bevillingssituation især søges finansieret via EU midler og i forbindelse med EU's JPI-FACCE initiativ.

### *Lovgivning*

Klimaændringer kan give problemer med dyrkning af visse jorder, som så formentlig må opgives til jordbrugsmæssige formål. Hvorvidt jorden kan eller skal anvendes til andre formål må formentlig afgøres i forhold til den lokale situation. Effekter på miljø og på behov for forsyning med fødevarer og biomasse samt til behovet for at sikre naturen spiller også ind. Dette kan tale for en større grad af planlægning af arealanvendelsen i Danmark, hvilket kan have betydning for lovgivningsmæssige initiativer.

### *Rådgivning*

I Danmark forestås rådgivningen inden for landbrugssektoren af Videncentret for Landbrug, som hvert år gennemfører en lang række dyrkningsforsøg med landbrugsafgrøder, herunder afprøvning af nye afgrøder, sorter og dyrkningsteknikker. Denne viden spredes hurtigt til landmænd gennem et effektivt rådgivningssystem, som også understøttes gennem løbende dialog med universiteterne. En del af udviklingsindsatsen støttes gennem GUDP, der dog hidtil ikke har haft fokus på konsekvenser af klimaændringer, men dog understøtter nye problemstillinger, som f.eks. dyrkning af majs.

### *Værktøjer*

Der findes en lang række internetbaserede værktøjer til rådgivning omkring bl.a. gødskning, vanding og plantebeskyttelse. Disse værktøjer vedligeholdes og udbydes af Videncentret for Landbrug. Disse værktøjer tager i varierende grad hensyn til variation i vejrforhold, men en del af dem vil dog formentlig skulle udbygges og justeres for at kunne håndtere større klimaændringer. Der er også behov for at udvide paletten af rådgivningsværktøjer, især vedrørende risiko for oversvømmelse og muligheder/behov for ændring i afdræningsforhold på markerne.

### *Finansiering*

Den væsentligste kilde til finansiering af tiltag til klimatilpasning i landbruget vil være via EU's landbrugspolitik (CAP'en). Den nuværende aftale omkring CAP'en løber til og med 2012, og i de kommende år forventes en række reformer (European Commission, 2011), som vil påvirke landbrugets produktionsforhold, og dermed også samspillet til klimaændringer. Disse reformer tænkes i højere grad at give mulighed for regionale eller lokale foranstaltninger, som både kan reducere landbrugets miljøbelastning, men også mindske sårbarheden over for klimaændringer. Da klimaændringer vil have vidt forskellige effekter i forskellige egne af Europa, er det vigtigt at der tages hensyn til lokale forhold. Det kan også blive aktuelt at sikre finansiering til større





strukturelle ændringer, så som støtte til udtagning af jord i særligt truede områder.

## Referencer

- Doltra, J., Lægdsmand, M., Olesen, J.E., 2012. Projected climate change and CO<sub>2</sub> impacts on characteristic arable cropping systems in Denmark. *Journal of Agricultural Science* (indsendt).
- Elsgaard, L., Børgesen, C.D., Olesen, J.E., Siebert, S., Ewert, F., Peltonen-Sainio, P., Rötter, R.P., Skjelvåg, A.O., 2012 (submitted). Shifts in comparative advantages for maize, oat, and wheat cropping under climate change in Europe. *Food Additives and Contaminants* (indsendt).
- European Commission, 2011. The CAP towards 2020: Meeting the food, natural resources and territorial challenges of the future. COM(2010) 672 final.
- Fels-Klerx, H.J. van der, Olesen, J.E., Madsen, M.S., Uiterwijk, M., Goodhart, P.W. (2012). Climate change affects the occurrence of deoxynivalenol in wheat in north-western Europe. *Food Additives and Contaminants* (indsendt).
- Jeppesen, E., Kronvang, B., Meerhoff, M., Søndergaard, M., Hansen, K.M., Andersen, H.E., Lauridsen, T.L., Liboriussen, L., Bekioglou, M., Ozen, A., Olesen, J.E., 2009. Climate change effects on runoff, phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. *Journal of Environmental Quality* 38, 1930-1941.
- Kristensen, K., Schelde, K., Olesen, J.E., 2011. Winter wheat yield response to climate variability in Denmark. *Journal of Agricultural Science* 149, 33-47.
- Patil, R., Lægdsmand, M., Olesen, J.E., Porter, J.R., 2012. Sensitivity of crop yield and N losses in winter wheat to changes in mean and variability of temperature and precipitation in Denmark using the FASSET model. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B Plant and Soil* (i trykken).
- Refsgaard, J.C., Arnbjerg-Nielsen, K., Drews, M., Halsnæs, K., Jeppesen, E., Madsen, H., Markandya, A., Olesen, J.E., Porter, J.R., Christensen, J.H., 2012,. Climate change adaptation strategies: Water management options under high uncertainty – A Danish example. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (accepteret).
- Smith, P., Olesen, J.E., 2010. Synergies between mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *Journal of Agricultural Science* 148, 543-552.
- van Roosmaalen, L., Sonneborg, T.O., Jensen, K.H., 2009. Impact of climate and land use change on the hydrology of a large-scale agricultural catchment. *Water Resources Research* 45, W00A16.