

DREAM

Danish Research Institute for  
Economic Analysis and Modelling



# Gødningsafgift med bundfradrag versus tilskud til reduceret gødningsforbrug

En simpel model til illustration af effekter på planteavl

**Peter Birch Sørensen**

**Notat udarbejdet for Ekspertgruppen for en grøn skattereform**

21. februar 2024

[www.dreamgruppen.dk](http://www.dreamgruppen.dk)

# 1. Problemstillingen

Ekspertgruppen for en grøn skattereform fremlægger i gruppens slutrapport fra februar 2024 to alternative modeller for klimaregulering af landbrugets gødningsforbrug. I den ene model pålægges landmændene en CO<sub>2</sub>e-afgift på gødning udbragt på mark, mens der gives et arealbaseret bundfradrag i den samlede afgiftsbetaling udmålt på grundlaget for udbetaling af hektarstøtten i EU's fælles landbrugspolitik. I den anden model gives et CO<sub>2</sub>e-baseret tilskud til reduceret gødningsanvendelse, hvor grundlaget for tilskuddet er forskellen mellem den gældende gødningsnorm i kvælstofreguleringen og den faktiske gødningstildeling til marken. Tilskuddet finansieres fuldt ud ved en reduktion af satsen for hektarstøtten, hvorved finansieringsbyrden fordeles på samtlige landbrugere, uanset om de faktisk reducerer deres gødningsanvendelse eller ej.

Dette notat opstiller og analyserer en simpel partiel ligevægtsmodel for planteavl til illustration af nogle centrale økonomiske mekanismer, der bestemmer effekterne af de to reguleringsmodeller på gødningsintensiteten, det dyrkede areal, planteproduktionen, planteavlernes salgspriser, jordpriserne og CO<sub>2</sub>e-udledningen. Notatet belyser, hvilke parametre der har betydning for effekterne af de to reguleringsmodeller.

Det understreges, at den opstillede model er for simpel til at give et realistisk billede af de kvantitative effekter af ekspertgruppens reguleringsmodeller for planteavl. Ekspertgruppens kvantitative skøn for effekterne er baseret på GrønREFORM-modellen, der har en langt mere detaljeret beskrivelse af landbrugssektoren og tillige giver en grundig beskrivelse af sektorens samspil med den øvrige økonomi. Analyseresultaterne i dette notat kan imidlertid bidrage til en forståelse af de vigtigste drivkræfter bag effekterne og giver tillige indsigt i de kvalitative forskelle mellem de to reguleringsmodeller for planteavl. Den simple model i dette notat kan bl.a. forklare det tilsyneladende paradoks, at en tilskudsmodel med reduceret hektarstøtte kan tænkes at give et større jordprisfald end en afgiftsmodel med bundfradrag.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at den her opstillede model alene fokuserer på den isolerede effekt af en gødningsafgift eller et tilskud til reduceret gødningsanvendelse. Ekspertgruppens samlede forslag til klimaregulering af landbruget inkluderer også en CO<sub>2</sub>e-afgift på udledninger fra husdyr samt tilskud til skovrejsning og udtagning af lavbundsjord. Disse tiltag vil have væsentlig indvirkning på planteavl via et reduceret udbud af landbrugsjord og husdyrgødning samt reduceret efterspørgsel efter husdyrfoder og strøelse.

## 2. Opsummering af analyseresultater

De kvalitative resultater fra den opstillede simple model for planteavlens er opsummeret i Tabel 1 nedenfor, hvor et dobbelt minustegn eller et dobbelt plustegn indikerer, at effekten er større i den betragtede reguleringsmodel end i det alternative reguleringsregime.

Ved en gødningsafgift med et hektarbaseret bundfradrag, der baseres på hele landmandens jordareal, uanset om det dyrkes eller ej, falder det marginale dækningsbidrag ved dyrkning af jorden, og derfor indskrænkes det dyrkede areal. Samtidigt tilskynder gødningsafgiften til at reducere gødningstildelingen per hektar af det dyrkede areal. Begge effekter medfører et fald i planteproduktionen, og derfor stiger prisen på planteavlernes produkter som følge af et lavere udbud. Det lavere gødningsforbrug medfører tillige et fald i CO<sub>2</sub>e-udledningerne. Prisen på landbrugsjord påvirkes af modsatrettede effekter, idet faldet i dækningsbidraget trækker jordprisen ned, hvorimod stigningen i prisen på planteprodukter og det hektarbaserede bundfradrag isoleret set trækker jordprisen op. Nettoeffekten på jordprisen er i princippet ubestemt, hvilket er indikeret med parenteser i første søjle af Tabel 1, men simulationer med modellen har vist, at jordprisen vil falde ved alle plausible parameterkonstellationer.

Ved et tilskud til reduceret gødningsanvendelse svarende til afgiftssatsen vil planteavlens dækningsbidrag ved dyrkning af jorden stige, og derfor stiger det dyrkede areal. Disse effekter står i modsætning til, hvad der sker i afgiftsmodellen. Tilskuddet tilskynder samtidigt til at sænke gødningsintensiteten per hektar, og denne effekt forstærkes af, at tilskuddet sænker "brugerprisen" på dyrket landbrugsjord, hvilket giver et yderligere incitament til at substituere væk fra gødningsforbrug og over mod arealininput i produktionen. Som følge af sidstnævnte effekt er faldet i gødningsintensitet (lidt) større i tilskudsmodellen end i afgiftsmodellen. Nettoeffekten af stigningen i det dyrkede areal og faldet i gødningsintensitet er et samlet fald i planteproduktionen, men produktionsfaldet er mindre i tilskudsmodellen end i afgiftsmodellen, da afgiftsmodellen i modsætning til tilskudsmodellen indebærer et fald i det dyrkede areal. Eftersom udbuddet af planteprodukter altså falder mindre i tilskudsmodellen, medfører denne model også en mindre stigning i prisen på planteprodukter. Det større arealforbrug i tilskudsmodellen betyder tillige, at faldet i det samlede gødningsforbrug og dermed i CO<sub>2</sub>e-udledningerne er mindre i tilskudsmodellen end i afgiftsmodellen.

Også i tilskudsmodellen påvirkes jordprisen af modsatrettede faktorer. Stigningen i dækningsbidraget trækker sammen med den højere pris på planteprodukter jordprisen opad, mens finansieringen af tilskuddet via lavere hektarstøtte trækker jordprisen ned. I de foretagne modelsimulationer er nettoeffekten et meget beskedent jordprisfald. Usikkerheden om denne nettoeffekt er markeret med parenteser i anden søjle af Tabel 1.

Hovedindtrykket fra de gennemførte modelsimulationer er, at der ikke er væsentlig forskel på jordpriseffekten i afgiftsmodellen og i tilskudsmodellen, hvorfor effekten på denne variabel ikke bør være afgørende for valget mellem de to reguleringsmodeller.

**Tabel 1. Kvalitative effekter af klimaregulering af planteavl**

Effekt på	Reguleringsmodel	
	Afgiftsmodel	Tilskudsmodel
Gødningsintensitet	-	--
Dækningsbidrag	-	+
Dyrket areal	-	+
Planteproduktion	--	-
Pris på planteprodukter	++	+
Jordpris	(-)	(-)
CO <sub>2</sub> e-udledninger	--	-

Kilde: Egne beregninger dokumenteret i Appendiks.

I det følgende præsenteres og analyseres den model for planteavl, der ligger til grund for de ovennævnte resultater, idet vi starter med se på effekterne af en gødningsafgift med et hektarbaseret bundfradrag.

## 3. Afgiftsmodellen

### 3.1 Produktionsforhold

Modellen beskriver en "repræsentativ" planteavler, som producerer et planteprodukt via indsats af jord, gødning og en fast inputfaktor, der ikke modelleres eksplicit, men kan tolkes som landbrugerens indsats af arbejdskraft og realkapital. Den producerede mængde  $Q$  af planteproduktet er givet ved produktionsfunktionen

$$Q = AK^\alpha, \quad A > 0, \quad 0 < \alpha < 1, \quad (1)$$

hvor  $K$  er et CES-aggregat af inputtet af gødning ( $G$ ) og inputtet af dyrket landbrugsjord ( $J$ ), med en substitutionselasticitet  $\sigma$  mellem de to produktionsfaktorer:

$$K = \left[ \gamma^{\frac{1}{\sigma}} G^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\gamma)^{\frac{1}{\sigma}} J^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}, \quad \sigma > 0, \quad 0 < \gamma < 1. \quad (2)$$

Parameterrestriktionen  $\alpha < 1$  i (1) implicerer, at det marginale udbytte af en ekstra faktorindsats er aftagende.

### 3.2 Planteavlerens adfærd

I afgiftsmodellen pålægges planteavleren en afgift med satsen  $\tau$  på det samlede gødningsforbrug  $G$ , men samtidigt tildeles han et bundfradrag i afgiftsbetalingen med satsen  $b$  for hver hektar af sin jord, der er berettiget til hektarstøtte som led i EU's fælles landbrugs-politik. Hektarstøtten gives med satsen  $h$ , og planteavlerens samlede produktionsomkostning  $C$  er dermed

$$C = (p_G + \tau)G + cJ, \quad c \equiv rP_J - h - b, \quad (3)$$

hvor  $p_G$  er kiloprisen på gødning eksklusiv afgift,  $\tau$  er CO<sub>2</sub>e-afgiften per kilo gødning, og  $c$  er brugerprisen på landbrugsjord, der inkluderer den krævede forrentning  $rP_J$  af jordens værdi, idet  $P_J$  er jordprisen, og  $r$  er den krævede afkastrate. Som led i optimeringen af driften minimerer planteavleren de samlede omkostninger (3) ved opnåelse af en given samlet faktorindsats  $K$ . Denne omkostningsminimering kan vises at medføre, at

$$G = \gamma \left( \frac{p_G + \tau}{Z} \right)^{-\sigma} K, \quad (4)$$

$$J = (1-\gamma) \left( \frac{c}{Z} \right)^{-\sigma} K, \quad (5)$$

hvor  $Z$  er følgende indeks for den gennemsnitlige produktionsomkostning, dvs. prisen på inputaggregatet  $K$ :

$$Z = \left[ \gamma (p_G + \tau)^{1-\sigma} + (1-\gamma)c^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}}. \quad (6)$$

Planteavlerens efterspørgsel efter gødning og jord til dyrkning varierer ifølge (4) og (5) positivt med den samlede faktorindsats og negativt med den relative pris på den betragtede produktionsfaktor, med en numerisk priselasticitet svarende til substitutionselasticiteten  $\sigma$ . Gødningsintensiteten  $g$  (gødningstildelingen per hektar) er givet som

$$g \equiv \frac{G}{J} = \left( \frac{\gamma}{1-\gamma} \right) \left( \frac{p_G + \tau}{c} \right)^{-\sigma}. \quad (7)$$

Ved brug af (1) kan planteavlerens driftsoverskud  $\pi$  ved dyrkning af jorden skrives som

$$\pi = pQ - ZK = pAK^\alpha - ZK,$$

hvor  $p$  er prisen på planteproduktet. Planteavleren tager outputprisen  $p$  og inputomkostningen  $Z$  for givet og vælger den samlede faktorindsats  $K$ , der maksimerer driftsoverskuddet  $\pi$ , hvilket kan vises at indebære, at

$$K = \alpha \left( \frac{p}{Z} \right) Q. \quad (8)$$

### 3.3 Ligevægtsbetingelser

En ligevægt på jordmarkedet kræver, at prisen på landbrugsjord tilpasser sig, så planteavlerne opnår den krævede forrentning af jorden, dvs. at

$$rP_J = \rho + h + b, \quad (9)$$

hvor  $\rho$  er planteavlerens marginale dækningsbidrag per hektar, dvs. den ekstra nettoindtjening, der kan opnås ved at øge arealindsatsen, og  $h$  og  $b$  repræsenterer indtjeningsbidraget fra hektarstøtten og det arealbaserede bundfradrag i gødningsafgiften. Ved sammenligning af (9) med definitionen af  $c$  i (3) ser man, at brugerprisen på jord i ligevægt må svare til dækningsbidraget  $\rho$ .

Bundfradraget per hektar beregnes på basis af det landbrugsareal  $\bar{J}$ , som er berettiget til hektarstøtte, og kalibreres i overensstemmelse med ekspertgruppens forslag således, at det samlede nedslag i afgiftsbetalingen udgør en andel  $\mu$  af den samlede umiddelbare afgiftsbelastning for planteavlens helhed. Ifølge EU's fælles landbrugspolitik kan ejere af landbrugsjord opnå hektarstøtte til arealer, der ikke aktuelt dyrkes, hvis blot jorden holdes i dyrkbar stand. Bundfradraget i gødningsafgiften kalibreres dermed således at

$$b\bar{J} = \mu\tau G_0, \quad 0 < \mu < 1, \quad (10)$$

hvor  $\tau G_0$  er den umiddelbare afgiftsbelastning, idet  $G_0$  er gødningstildelingen i udgangslige vægten, inden planteavlerne har tilpasset deres adfærd til afgiften, og hvor det samlede støtteberettigede areal  $\bar{J}$  betragtes som eksogent. Ligning (10) kan omskrives til

$$b = \mu\tau g_0 u_0, \quad g_0 \equiv \frac{G_0}{J_0}, \quad u_0 \equiv \frac{J_0}{\bar{J}}, \quad J_0 < \bar{J},$$

(11)

hvor  $g_0$  er den initiale gødningsintensitet, og  $u_0$  er den initiale udnyttelsesgrad af jorden (andelen af det samlede areal, der dyrkes aktivt), der som anført antages at være mindre end 1 som afspejling af den empiriske observation, at en del af det samlede støtteberettigede landbrugsareal ligger brak. Ved indførelsen af afgiften er  $g_0$  og  $u_0$  prædeterminerede størrelser, der baseres på gennemsnitstal for alle planteavlere, og bundfradragssatsen  $b$  er derfor eksogent givet fra den enkelte planteavlernes synspunkt. Da planteavleren i den opstillede model er "repræsentativ", afspejler  $g_0$  og  $u_0$  dog samtidigt hans initiale gødnings- og dyrkningsintensitet.

I GrønREFORM-modellen antages det på grundlag af et empirisk studie af dækningsbidraget på landbrugsjorder med forskellig bonitet, at det samlede dyrkede areal er en voksende funktion af det marginale dækningsbidrag per hektar, da et større dækningsbidrag gør det mere fordelagtigt at dyrke jorden. På samme måde antages her, at "udbuddet" af dyrket jord  $J^u$  stiger med dækningsbidraget, med en konstant udbudselasticitet  $\eta$ :

$$J^u = B\rho^\eta, \quad B > 0, \quad 0 < \eta < 1. \quad (12)$$

Antagelsen  $\eta < 1$  skal på simpel vis afspejle, at jordudbudskurven ifølge GrønREFORM er stejlt stigende, efterhånden som de yderste og relativt ufrugtbare marginaljorder inddrages til dyrkning. I Danmark er de fleste planteavlere selvejere og "udbydere" således det dyrkede areal til sig selv. "Udbudskurven" (12) skal derfor ses som værende afledt af en betingelse om, at det marginale dyrkede jordstykke som minimum skal afkaste et dækningsbidrag på nul. Planteavlerne starter med at dyrke de mest frugtbare jordstykker og tager derefter de mindre frugtbare jorder i brug indtil det punkt, hvor dækningsbidraget på marginaljorden er presset ned på nul. Hvis det skal kunne betale sig at øge det dyrkede areal ved at tage endnu mindre frugtbare jorder i brug, skal det marginale dækningsbidrag altså stige, hvilket netop er, hvad (12) udtrykker.

I en ligevægt på jordmarkedet skal udbuddet af dyrket jord svare til efterspørgslen, dvs.

$$J^u = J, \quad (13)$$

hvor jordefterspørgslen  $J$  er givet ved (5). Samtidigt kræver en ligevægt, at udbuddet af planteprodukter ( $Q$ ) svarer til efterspørgslen ( $D$ ), dvs.

$$Q = D, \quad (14)$$

hvor efterspørgslen efter planteprodukter antages at variere negativt med deres pris med en konstant numerisk priselasticitet  $\varepsilon^d$  :

$$D = kp^{-\varepsilon^d}, \quad k > 0, \quad \varepsilon^d > 1. \quad (15)$$

Forudsætningen i (15) om en numerisk efterspørgselselasticitet større end 1 er solidt understøttet af empiri. Efterspørgselselasticiteten  $\varepsilon^d$  er medbestemmende for graden af overvæltning af en omkostningsstigning i planteproduktprisen  $p$ , men overvæltningsgraden afhænger også af elasticiteten i udbuddet af planteprodukter, der betegnes  $\varepsilon^s$ . Ved at indsætte profitmaksimeringsbetingelsen (8) i produktionsfunktionen (1) og løse for  $Q$ , finder man, at

$$Q = \left[ \alpha \left( \frac{p}{Z} \right) \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \Rightarrow$$
$$\varepsilon^s \equiv \frac{\partial Q}{\partial p} \frac{p}{Q} = \frac{\alpha}{1-\alpha}. \quad (16)$$

Ved analyse af den samlede model (se Appendiks) kan man endvidere vise, at overvæltningsgraden (OVG) er givet ved den klassiske formel

$$OVG = \frac{\varepsilon^s}{\varepsilon^s + \varepsilon^d}. \quad (17)$$

Overvæltningsgraden angiver den andel af en stigning i produktionsomkostningen  $Z$ , der overvælttes i prisen  $p$  på planteprodukter.



## 4. Tilskudsmodellen

Modellen i foregående afsnit beskriver situationen, hvor gødningsanvendelsen reguleres med en afgift. Når reguleringen i stedet sker via et tilskud til reduceret gødningsanvendelse, modificeres visse af modellens ligninger. I ekspertgruppens tilskudsmodel gives et CO<sub>2</sub>e-baseret tilskud på  $\tau$  for hvert kilo, hvormed gødningstildelingen til marken sænkes i forhold til den gældende kvælstofnorm  $g_0$  for den tilladte mængde gødning per hektar. Tilskuddet gives kun, hvis jorden faktisk dyrkes, og kan således ikke opnås ved at braklægge jord. Tilskuddet  $T$  til den repræsentative planteavler kan dermed specificeres som

$$T = \tau(g_0 J - G) \quad \text{forudsat } g_0 J \geq G. \quad (18)$$

I den gældende kvælstofregulering er kvælstofnormen fastsat som den beregnede driftsøkonomisk optimale gødningsintensitet for den gennemsnitlige planteavler og svarer derfor til afgiftsmodellens initiale gødningsintensitet  $g_0$  defineret i ligning (11), der netop antages fremkommet ved driftsøkonomisk optimering.

I tilskudsmodellen inkluderer brugerprisen på jord fortsat forrentningskravet  $rP_J$ , ligesom brugerprisen fortsat holdes nede af hektarstøtten  $h$ . Ved brug af (18) finder man da, at planteavlerens samlede produktionsomkostning bliver

$$\begin{aligned} C &= p_G G + (rP_J - h)J - T \\ &= (p_G + \tau)G + \tilde{c} \tilde{J} - \tau g_0 J. \end{aligned} \quad (19)$$

Det ses, at tilskudssatsen  $\tau$  virker som en offeromkostning ved gødningsanvendelse på samme måde som afgiftssatsen i afgiftsmodellen, og at brugerprisen  $\tilde{c}$  på dyrket jord reduceres som følge af, at den gældende gødningsnorm  $g_0$  indgår positivt i grundlaget for tildelingen af tilskud med en effekt, der er proportional med det dyrkede areal.

Maksimering af planteavlerens driftsoverskud i tilskudsmodellen kan derfor vises at indebære, at ligning (4) til bestemmelse af gødningsefterspørgslen forbliver uændret, mens brugerprisen  $c = rP_J - h - b$  i ligningerne (5), (6) og (7) skal erstattes af den modificerede brugerpris  $\tilde{c}$  defineret i (19). Ligning (9) for jordprisdannelsen i afgiftsmodellen erstattes i tilskudsmodellen af den simple lignevægtsbetingelse

$$rP_J = \rho + h, \quad (20)$$

hvor tilskuddet til reduceret gødningsanvendelse er "gemt" i dækningsbidraget  $\rho$ , da tilskuddet kun kan opnås ved aktiv dyrkning af jorden, i modsætning til bundfradraget  $b$  i afgiftsmodellen, der udmåles på det samlede hektarstøtteberettigede areal  $\bar{J}$ .

I ekspertgruppens reguleringsmodel finansieres tilskuddet til reduceret gødningsanvendelse fuldt ud ved en reduktion af hektarstøtten, der gælder for alle planteavlere, uanset om de reducerer deres gødningsanvendelse eller ej. For den enkelte planteavler virker finansieringen således som en lump-sum beskatning af hans samlede jordareal  $\bar{J}$ . Idet vi betragter vores planteavler som repræsentativ for hele planteavlssektoren, indebærer finansieringsprincippet i tilskudsmodellen altså, at

$$(h_0 - h)\bar{J} = \tau(g_0 J - G), \quad (21)$$

hvor  $h_0$  og  $h$  er hektarstøttesatsen henholdsvis før og efter indførelsen af tilskuddet.

Hermed har vi opstillet den partielle ligevægtsmodel for planteavlen under de to reguleringsregimer. I næste afsnit gennemføres numeriske simulationer med modellen under de to regimer.

## 5. Simulationsresultater

### 5.1 Et grundforløb

I appendiks vises, hvorledes den opstillede model kan kondenseres med henblik på at udlede eksplicitte analytiske udtryk for effekterne af de to metoder til gødningsregulering på modellens centrale variable. I Tabel 2 er disse analytiske udtryk benyttet til en illustration af de mulige kvantitative effekter ved indsættelse af de plausible parameterværdier angivet i noten til tabellen. Det bemærkes, at værdien af parameteren  $\mu$  svarer til den værdi, der er forudsat i ekspertgruppens forslag til en afgiftsmodel med 50 pct. bundfradrag, mens værdien af parameteren  $\beta \equiv h_0 / (\rho_0 + h_0)$  afspejler et skøn for den relative betydning af hektarstøtten for landbrugets indtjening i den initiale ligevægt, baseret på nationalregnskabets tal for landbruget.

Tabel 2. Effekter af klimaregulering af planteavl i grundforløbet

(procentvise ændringer ved indførelse af afgift/tilskud på 50% af gødningspris)\*

Effekt på	Reguleringsmodel	
	Afgiftsmodel	Tilskudsmodel
Gødningsintensitet	-6,9	-7,0
Dækningsbidrag	-19,4	1,0
Dyrket areal	-1,9	0,1
Planteproduktion	-3,2	-1,6
Pris på planteprodukter	0,6	0,3
Jordpris	-2,2	-0,0
CO2e-udledninger	-8,9	-6,9

Kilde: Egne modelberegninger baseret på følgende parameterværdier:  $\alpha = 0,8$ ;  $\varepsilon^d = 5$ ;  $\sigma = 0,1$ ;  $\eta = 0,1$ ;

$\gamma = 0,3$ ;  $\mu = 0,5$ ;  $u = 0,95$ ;  $\beta \equiv h_0 / (\rho_0 + h_0) = 0,758$ ;  $\tau = 0,5$ .

Resultaterne i Tabel 2 bekræfter de kvalitative effekter opsummeret i Tabel 1. Mekanismerne bag effekterne blev forklaret i kommentarerne til Tabel 1. I modelsimulationerne bag Tabel 2 er gødningsprisen før afgift/tilskud normeret til 1, og den forudsatte afgifts-/tilskuds-sats på 0,5 indebærer derfor, at afgiften/tilskuddet ændrer planteavlens enhedsomkostning til gødning med 50 pct. På baggrund af dette kraftige stød til gødningsomkostningen

kan det måske overraske, at faldet i planteproduktionen i størrelsesordenen 2-3 pct. ikke er større. Forklaringen skal søges i følgende forhold:

Den forudsatte værdi af parameteren  $\gamma$  indebærer, at udgiften til gødning initialt kun udgør 30 pct. af omkostningen til det samlede input af jord og gødning (K). Umiddelbart stiger den samlede enhedsomkostning Z ved brugen af denne faktorkombination altså "kun" med  $0,3 \times 50$  pct. = 15 pct.

Den forudsatte værdi af parameteren  $\alpha$  indebærer endvidere, at den samlede initiale (bruger)omkostning til jord og gødning kun udgør 80 pct. af planteavlernes samlede produktionsværdi. Den umiddelbare omkostningsstigning i forhold til produktionsværdien begrænses derved til  $0,8 \times 15$  pct. = 12 pct.

Derudover medfører stigningen i den relative pris på gødning en substitution væk fra gødning over mod øget arealanvendelse (dvs. et fald i gødningsintensiteten), som yderligere reducerer omkostningsstigningen (denne effekt er dog beskeden i det betragtede grundforløb med en lav substitutionselasticitet  $\sigma$  mellem gødning og arealinput)<sup>1</sup>.

Ved en lavere produktion udløst af faldende efterspørgsel som følge af overvæltning af omkostningsstigninger i prisen på planteprodukter bevæger planteproducenterne sig ned ad deres udbudskurve, som afspejler, at de marginale og gennemsnitlige produktionsomkostninger falder, når produktionen falder. Dette bidrager yderligere til at dæmpe omkostningsstigningen i planteproduktionen.

Produktionsfaldet afhænger af, hvor meget efterspørgslen efter planteprodukter falder, hvilket igen afhænger af, hvor stor en del af omkostningsstigningen der overvælttes i prisen på planteprodukter. De forudsatte parameterværdier (af  $\alpha$  og  $\varepsilon^d$ ) implicerer, at kun godt 44 pct. af omkostningsstigningen ved gødningsreguleringen overvælttes i prisen. Det bidrager ligeledes til at dæmpe produktionsfaldet.

I tilskudsmodellen medfører tilskuddet en stigning i det marginale dækningsbidrag, som tilskynder til at udvide det dyrkede areal. Det trækker isoleret set i retning af et øget udbud af planteprodukter, som dæmper produktprisen og dermed faldet i efterspørgsel og produktion i denne model.

#### Følsomhedsanalyse

---

<sup>1</sup> Bemærk at denne elasticitet både kan dække over substitution mellem gødning og arealinput for en given afgrødetype og substitution over mod mindre gødningskrævende afgrøder. I ekspertgruppens tilskudsmodel er udgangspunktet for tilskuddet dog de afgrødespecifikke gødningsnormer, som er lavere for mindre gødningsintensive afgrøder. Det eliminerer incitamentet til at skifte over til mindre gødningsintensive afgrøder i tilskudsmodellen, hvorimod dette incitament er til stede i afgiftsmodellen. Den simple model i dette notat fanger ikke denne forskel i incitamentsvirkningen af de to reguleringsformer, men forskellen vurderes ikke at være stor ved de afgifts-/tilskudssatser, ekspertgruppen har foreslået.

Der er usikkerhed om størrelsen af en række af modellens parametre (og pga. modellens forenklinger kan den i bedste fald kun give en grov indikation af størrelsesordenen af de forskellige effekter af reguleringen). Derfor viser Tabel 3 de simulerede effekter af de to modeller for gødningsregulering ved væsentlige variationer i værdien af centrale parametre.

Tabel 3. Effekt af klimaregulering af planteavlens ved alternative parameterværdier (procentvise ændringer ved indførelse af afgift/tilskud på 50% af gødningspris)

Parameter-værdier	Afgiftsmodel			Tilskudsmodel		
	Plante-produktion	Produkt-pris	Jordpris	Plante-produktion	Produkt-pris	Jordpris
Grund-forløb*	-3,2	0,6	-2,2	-1,6	0,3	-0,0
$\varepsilon^d = 15$	-3,3	0,2	-2,4	-1,6	0,1	-0,2
$\alpha = 0,6$	-2,3	0,5	-2,0	-1,2	0,2	-0,0
$\sigma = 0,6$	-10,5	2,1	-1,1	-9,0	1,8	-0,5
$\eta = 0,9$	-11,6	2,3	-0,9	-1,2	0,2	-0,1
$\sigma = 0,6$ og $\eta = 0,9$	-16,5	3,3	-0,2	-6,6	1,3	-0,8

\* Parameterværdier som angivet i noten til Tabel 2.

Kilde: Egne beregninger baseret på den opstillede model.

I tabellens anden række er den numeriske priselastisitet i efterspørgslen efter planteprodukter tredoblet fra 5 i grundforløbet til 15, hvorved efterspørgslen reagerer langt kraftigere på en given prisstigning. Den langt højere efterspørgselselastisitet betyder imidlertid også, at overvælningsgraden falder fra godt 44 pct. i grundforløbet til 21 pct. (se ligning (17)), hvorved prisen på planteprodukter stiger væsentligt mindre. Samtidigt betyder den lavere stigning i produktprisen, at jordprisen falder mere end i grundforløbet. Det medfører et større fald i brugerprisen på jord, der bidrager yderligere til at holde omkostnings- og prisstigningen i ave. Som følge af disse forhold sker der kun et beskedent yderligere fald i produktionen i afgiftsmodellen, og i tilskudsmodellen er det yderligere produktionsfald så beskedent, at det ikke kan ses på første decimal. Konklusionen er, at effekten af gødningsreguleringen på planteproduktionen er meget lidt følsom over for selv store variationer i efterspørgselselastisiteten i den opstillede model.

I tredje række af Tabel 3 sænkes inputelasticiteten  $\alpha$  i planteavlernes produktionsfunktion fra 0,8 i grundforløbet til 0,6, hvorved priselasticiteten i planteudbuddet reduceres fra 4 til 1,5, jf. (16). Det mere uelastiske udbud medfører en lavere overvælningsgrad og et større omkostningsfald ved en given sænkning af produktionen, og følgelig falder produktionen mindre end i grundforløbet. Den lavere stigning i produktprisen og den deraf følgende dæmpende effekt på dækningsbidraget bevirker dog, at jordprisen falder lidt mere end i grundforløbet.

Den fjerde række i Tabel 3 hæver substitutionselasticiteten mellem jord og gødning mærkbart fra 0,1 i grundforløbet til 0,6. Det udløser et langt større fald i gødningsintensiteten som reaktion på den højere marginale (offer)omkostning ved gødningsanvendelse, men da jordudbuddet er meget uelastisk, fører planteavlernes forsøg på at erstatte gødning med et øget arealininput kun til en meget begrænset forøgelse af det dyrkede areal i forhold til grundforløbet. Resultatet bliver i stedet, at den øgede jordefterspørgsel (målt i forhold til grundforløbet) dæmper faldet i jordprisen i afgiftsmodellen, mens den lavere gødningsintensitet medfører et større fald i udbuddet af planteprodukter med en deraf følgende noget større stigning i deres pris, som i ligevægt giver et betydeligt større fald i efterspørgsel og produktion. I tilskudsmodellen sker der også et væsentligt større fald i produktionen end i grundforløbet, men her sker der samtidigt et større fald i jordprisen. Årsagen er, at det større fald i gødningsforbruget udløser større tilskud, hvis finansiering kræver et større fald i hektarstøtten, der sætter sig i lavere jordpriser.

I femte række af Tabel 3 øges elasticiteten i jordudbuddet kraftigt fra 0,1 i grundforløbet til 0,9, hvilket fører til væsentligt anderledes effekter af gødningsreguleringen og store forskelle i effekterne af de to reguleringsmodeller. I afgiftsmodellen, hvor afgiften sænker dækningsbidraget, betyder den større jordudbudselasticitet mht. dækningsbidraget et langt større fald i det dyrkede areal, hvorved produktionsfaldet og prisstigningen på planteprodukter også bliver markant større. Samtidigt medfører det større fald i jordudbuddet, at jordprisen falder væsentligt mindre. I tilskudsmodellen, hvor tilskuddet øger det marginale dækningsbidrag, giver den højere jordudbudselasticitet derimod en større stigning i udbuddet af areal til dyrkning og dermed et mindre produktionsfald og en lidt mindre stigning i produktprisen samt et lidt større fald i jordprisen.

Den nederste række i Tabel 3 viser den kombinerede effekt af at hæve substitutionselasticiteten mellem jord og gødning samt elasticiteten i jordudbuddet i forhold til grundforløbet. Som vi har set, trækker begge disse ændringer i retning af en større stigning i produktprisen og et mindre jordprisfald i afgiftsmodellen målt i forhold til grundforløbet, hvorimod begge parameterændringer giver et større jordprisfald i tilskudsmodellen. I taleksemplet i nederste række er disse ændringer i forhold til grundforløbet tilstrækkelige til at udløse et større jordprisfald i tilskudsmodellen end i afgiftsmodellen. Det kan overraske, da man umiddelbart ville tro, at afgiftsmodellen, der på trods af bundfradraget indbringer et positivt nettoprovenu, vil slå hårdere ud i jordprisen end den provenuneutrale tilskudsmodel.

Et nærmere blik på jordpriseffekterne

Til forståelse af jordpriseffekterne kan det være nyttigt at betragte ligningerne (22) og (23), der gengiver de i appendiks udledte udtryk for reguleringens effekter på jordprisen i de to reguleringsmodeller, hvor en hat over en variabel angiver den procentvise ændring i variabelen ved indførelse af en afgift hhv. et tilskud af størrelsen  $\tau$  per kilo udbragt gødning, og hvor det er indres, at  $\beta \equiv h_0 / (\rho_0 + h_0) < 1$ :

$$\text{Jordprisændring i afgiftsmodel: } \hat{P}_J = (1 - \beta) \left[ \hat{\rho} + \overbrace{\tau \mu u_0 \left( \frac{\gamma}{1 - \gamma} \right)}^- \right], \quad (22)$$

$$\text{Jordprisændring i tilskudsmodel: } \hat{P}_J = (1 - \beta) \left[ \hat{\rho} + \overbrace{\tau u_0 \left( \frac{\gamma}{1 - \gamma} \right) \hat{G}}^+ \right]. \quad (23)$$

Jo større hektarstøttens relative betydning for planteavlernes indtjening er, dvs. jo større værdi parameteren  $\beta$  antager, jo mindre vil andre forhold ifølge (22) og (23) indvirke på jordprisen, hvilket er intuitivt. Det er ligeledes intuitivt, at en stigning i dækningsbidraget alt andet lige trækker jordprisen op, og vice versa. I afgiftsmodellen, hvor dækningsbidraget falder, trækker denne effekt jordprisen ned, hvorimod den trækker i retning af en højere jordpris i tilskudsmodellen, hvor dækningsbidraget stiger. Til gengæld påvirkes jordprisen i tilskudsmodellen negativt af faldet i gødningsforbruget, da faldet i gødningstildelingen drives af gødningstilskuddet, som finansieres via en nedskæring af hektarstøtten, der presser jordprisen ned, jf. det sidste led på højresiden af (23). Modsætningsvis trækker det hektarbase-rede bundfradrag i afgiftsmodellen jordprisen opad i denne model, hvilket ses af tilstedeværelsen af parameteren  $\mu$  på højresiden af (22), der angiver andelen af den umiddelbare afgiftsbelastning, som tilbageføres til planteavlerne via bundfradraget. Størrelsen af de forskellige modsatrettede effekter på jordpriserne i de to reguleringsmodeller vil afhænge af den relative størrelse af modellens forskellige elasticiteter og af politikparameteren  $\mu$  samt af parameteren  $\gamma$ , der angiver gødningsudgiftens initiale andel af produktionsomkostningerne.

De numeriske eksempler i Tabel 3 illustrerer, at det ikke er entydigt, hvilken model for gødningsreguleringen, der har den største effekt på jordpriserne. Usikkerheden om den relative størrelse af de relevante elasticiteter tilsiger som nævnt, at valget mellem de to reguleringsmodeller ikke bør baseres på deres forventede effekt på jordpriserne. Som anført i Tabel 1 er det derimod et robust resultat, at såvel produktionsfaldet som faldet i CO<sub>2</sub>e-udledningen er mindre i tilskudsmodellen end i afgiftsmodellen, hvilket afspejler et uundgåeligt dilemma mellem ønsket om store CO<sub>2</sub>e-reduktioner og ønsket om at minimere struktureffekterne af klimareguleringen.

## A. Appendiks

Dette tekniske appendiks benytter den opstillede model for planteavlens til at udlede analytiske udtryk for effekterne af gødningsreguleringen i de to reguleringsregimer.

Afgiftsmodellen

Vi fokuserer først på afgiftsmodellen i afsnit 3, som kan komprimeres til følgende ligningsystem i de tre ubekendte  $p$ ,  $\rho$  og  $Z$ , hvor vi udnytter, at  $c = \rho$  i ligevægt:

$$(A.1) \quad \text{Omkostningsminimering:} \quad Z = \left[ \gamma (p_G + \tau)^{1-\sigma} + (1-\gamma) \rho^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}}.$$

$$(A.2) \quad \text{Ligevægt på markedet for planteprodukter:} \quad A^{\frac{1}{1-\alpha}} \left[ \alpha \left( \frac{p}{Z} \right) \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} = k p^{-\varepsilon^d}.$$

$$(A.3) \quad \text{Ligevægt på markedet for dyrket jord:} \quad B \rho^\eta = (1-\gamma) \left( \frac{\rho}{Z} \right)^{-\sigma} \underbrace{\alpha \left( \frac{p}{Z} \right) k p^{-\varepsilon^d}}_K.$$

Vi kan uden tab af generalitet vælge vore måleenheder således, at  $p_G = p = \rho = 1$  i den initiale ligevægt før afgiftens indførelse, hvor det tillige gælder, at  $\tau_0 = 0$ , således at ændringen i afgiften  $d\tau$  i forhold til udgangsligevægten er  $d\tau = \tau$ . Ved udnyttelse af disse initialbetingelser samt (16) får vi ved log-linearisering af (A.1) til (A.3) følgende matrixsystem, hvor en hat over en variabel angiver den relative ændring i variabelen:

$$(A.4) \quad \begin{pmatrix} -(1-\gamma) & 0 & 1 \\ 0 & \varepsilon^d + \varepsilon^s & -\varepsilon^s \\ \eta + \sigma & \varepsilon^d - 1 & 1 - \sigma \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\rho} \\ \hat{p} \\ \hat{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma \tau \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Determinanten  $\Delta$  til matricen på venstresiden af (A.4) er



$$\Delta = -\left\{(1-\gamma)\left[(\varepsilon^s + \varepsilon^d)(1-\sigma) + \varepsilon^s(\varepsilon^d - 1)\right] + (\eta + \sigma)(\varepsilon^s + \varepsilon^d)\right\} < 0, \quad (\text{A.5})$$

hvor fortegnet for  $\Delta$  følger af, at  $\gamma < 1$ ,  $\sigma \leq 1$ , og  $\varepsilon^d > 1$ . Ved at anvende Cramer's Regel på systemet (A.4) finder vi nu, at

$$\hat{\rho} = \left(\frac{\tau\gamma}{\Delta}\right)\left[(\varepsilon^s + \varepsilon^d)(1-\sigma) + \varepsilon^s(\varepsilon^d - 1)\right] < 0, \quad (\text{A.6})$$

$$\hat{p} = -\left(\frac{\tau\gamma}{\Delta}\right)\varepsilon^s(\eta + \sigma) > 0, \quad (\text{A.7})$$

$$\hat{Z} = -\left(\frac{\tau\gamma}{\Delta}\right)(\eta + \sigma)(\varepsilon^s + \varepsilon^d) > 0. \quad (\text{A.8})$$

Variablen  $\hat{Z}$  angiver den relative stigning i omkostningen ved brug af input-aggregatet Z ved pålæggelsen af afgiften  $\tau$ . Ved at kombinere (A.7) og (A.8) får vi overvælningsgraden

$$OVG \equiv \frac{\hat{p}}{\hat{Z}} = \frac{\varepsilon^s}{\varepsilon^s + \varepsilon^d}, \quad (\text{A.9})$$

som ses at svare til (17).

Ved log-linearisering af de øvrige relationer i afgiftsmodellen og brug af sammenhængen  $c = \rho$  finder man endvidere, at

$$\hat{g} = \sigma(\hat{\rho} - \tau), \quad (\text{følger af (7)}) \quad (\text{A.10})$$

$$\hat{J} = \eta\hat{\rho}, \quad (\text{følger af (12) og (13)}) \quad (\text{A.11})$$

$$\hat{Q} = -\varepsilon^d\hat{p}, \quad (\text{følger af (14) og (15)}) \quad (\text{A.12})$$

$$\hat{G} = \hat{g} + \hat{J}. \quad (\text{følger af definitionen } g \equiv G/J) \quad (\text{A.13})$$

Da CO<sub>2</sub>e-udledningen er proportional med gødningsforbruget, angiver (A.13) samtidigt den relative ændring i udledningen. Det ses, at man ved brug af resultaterne i (A.6) til (A.8) kan udlede effekterne i (A.10) til (A.13).

Sluttelig kan vi udlede effekten på jordprisen. Ifølge (9) gælder (idet "dx" angiver den absolute ændring i variabelen x), at

$$rdP_J = d\rho + db \Rightarrow \hat{P}_J \equiv \frac{dP_J}{P_J} = \frac{d\rho + db}{rP_J}, \quad (\text{A.14})$$

da hektarstøttesatsen  $h$  holdes konstant i afgiftsmodellen. I udgangsligevægten, hvor  $b_0 = 0$ , gælder ifølge (9) og definitionen  $\beta \equiv h_0 / (\rho_0 + h_0)$ , at  $\beta = h_0 / rP_J$  og

$$\frac{d\rho}{rP_J} = \frac{\rho}{rP_J} \hat{\rho} = \left( \frac{rP_J - h}{rP_J} \right) = (1 - \beta) \hat{\rho}. \quad (\text{A.15})$$

Ifølge (7) gælder endvidere i den initiale ligevægt, hvor  $p_G = \rho = c = 1$  og  $\tau = 0$ , at

$$g_0 = \frac{\gamma}{1 - \gamma}. \quad (\text{A.16})$$

Da  $b = 0$  og  $\rho = 1$  initialt, og det initialt ligeledes gælder, at  $\rho = rP_J - h = rP_J(1 - \beta)$ , får vi dermed af (11), at

$$\frac{db}{rP_J} = \frac{b}{rP_J} = (1 - \beta) \mu \tau u_0 \left( \frac{\gamma}{1 - \gamma} \right). \quad (\text{A.17})$$

Ved at indsætte (A.15) og (A.17) i (A.14) får vi det udtryk for  $\hat{P}_J$ , som er angivet i (22).

Tilskudsmodellen

I tilskudsmodellen gælder (A.2) fortsat, men (A.1) og (A.3) erstattes af

$$Z = \left[ \gamma (p_G + \tau)^{1 - \sigma} + (1 - \gamma) (\rho - \tau g_0)^{1 - \sigma} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma}}, \quad (\text{A.18})$$

$$B\rho^\eta = (1 - \gamma) \left( \frac{\rho - \tau g_0}{Z} \right)^{-\sigma} \alpha \left( \frac{p}{Z} \right) k p^{-\varepsilon^d}, \quad (\text{A.19})$$

hvor  $\rho - \tau g_0$  er brugerprisen på dyrket landbrugsjord. Dermed erstattes (A.4) af systemet

$$\begin{pmatrix} -(1 - \gamma) & 0 & 1 \\ 0 & \varepsilon^d + \varepsilon^s & -\varepsilon^s \\ \eta + \sigma & \varepsilon^d - 1 & 1 - \sigma \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\rho} \\ \hat{p} \\ \hat{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{\tau \sigma \gamma}{1 - \gamma} \end{bmatrix}, \quad (\text{A.20})$$

hvor vi ved log-lineariseringen af (A.18) har udnyttet resultatet i (A.16), som initialt også gælder i tilskudsmodellen. Matricerne på venstresiderne af (A.4) og (A.20) ses at være identiske, så determinanten til matricen i (A.20) er fortsat givet ved (A.5). Ved brug af Cramer's Regel i systemet (A.20) finder man, at

$$\hat{\rho} = - \left( \frac{\tau}{\Delta} \right) \left( \frac{\gamma}{1 - \gamma} \right) \sigma (\varepsilon^s + \varepsilon^d) > 0, \quad (\text{A.21})$$

$$\hat{p} = -\left(\frac{\tau}{\Delta}\right)\sigma\gamma\varepsilon^s > 0, \quad (\text{A.22})$$

$$\hat{Z} = -\left(\frac{\tau}{\Delta}\right)\sigma\gamma(\varepsilon^s + \varepsilon^d) > 0. \quad (\text{A.23})$$

Resultaterne i (A.11) til (A.13) gælder fortsat i tilskudsmodellen, men da (7) erstattes af

$$g \equiv \frac{G}{J} = \left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)\left(\frac{p_G + \tau}{\rho - \tau g_0}\right)^{-\sigma}, \quad (\text{A.24})$$

finder man ved brug af (A.16), at (A.10) skal erstattes af

$$\hat{g} = \sigma\left[\hat{\rho} - \left(\frac{\tau}{1-\gamma}\right)\right]. \quad (\text{A.25})$$

Der udestår hermed kun at udlede tilskudsmodellens effekt på jordprisen. Fra (20) fås

$$rdP_J = d\rho + dh \Rightarrow$$

$$\hat{P}_J \equiv \frac{dP_J}{P_J} = \frac{d\rho + dh}{rP_J}. \quad (\text{A.26})$$

Resultatet i (A.15) vedrørende størrelsen af  $d\rho/rP_J$  holder fortsat, og af (21) følger, at

$$\begin{aligned} dh \cdot \bar{J} &= \tau \cdot dG = \tau(dg \cdot J_0 + g_0 \cdot dJ) = \tau g_0 J_0 (\hat{g} + \hat{J}) \Rightarrow \\ dh &= \tau u_0 \left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right) \hat{G}, \end{aligned} \quad (\text{A.27})$$

hvor vi endnu en gang har benyttet (A.16). Endvidere gælder initialt, hvor  $\rho/rP_J = 1 - \beta$  og  $\rho = 1$ , at

$$\frac{dh}{rP_J} = \frac{dh}{\rho} \frac{\rho}{rP_J} = \frac{dh}{\rho} (1 - \beta) = dh(1 - \beta). \quad (\text{A.28})$$

Indsættelse af (A.15), (A.27) og (A.28) i (A.26) giver nu det udtryk for jordpriseffekten i tilskudsmodellen, som er anført i (23).

Simulationsresultaterne i Tabel 2 og 3 er fundet ved at indsætte de forudsatte parameter-værdier i de relevante analytiske udtryk ovenfor.