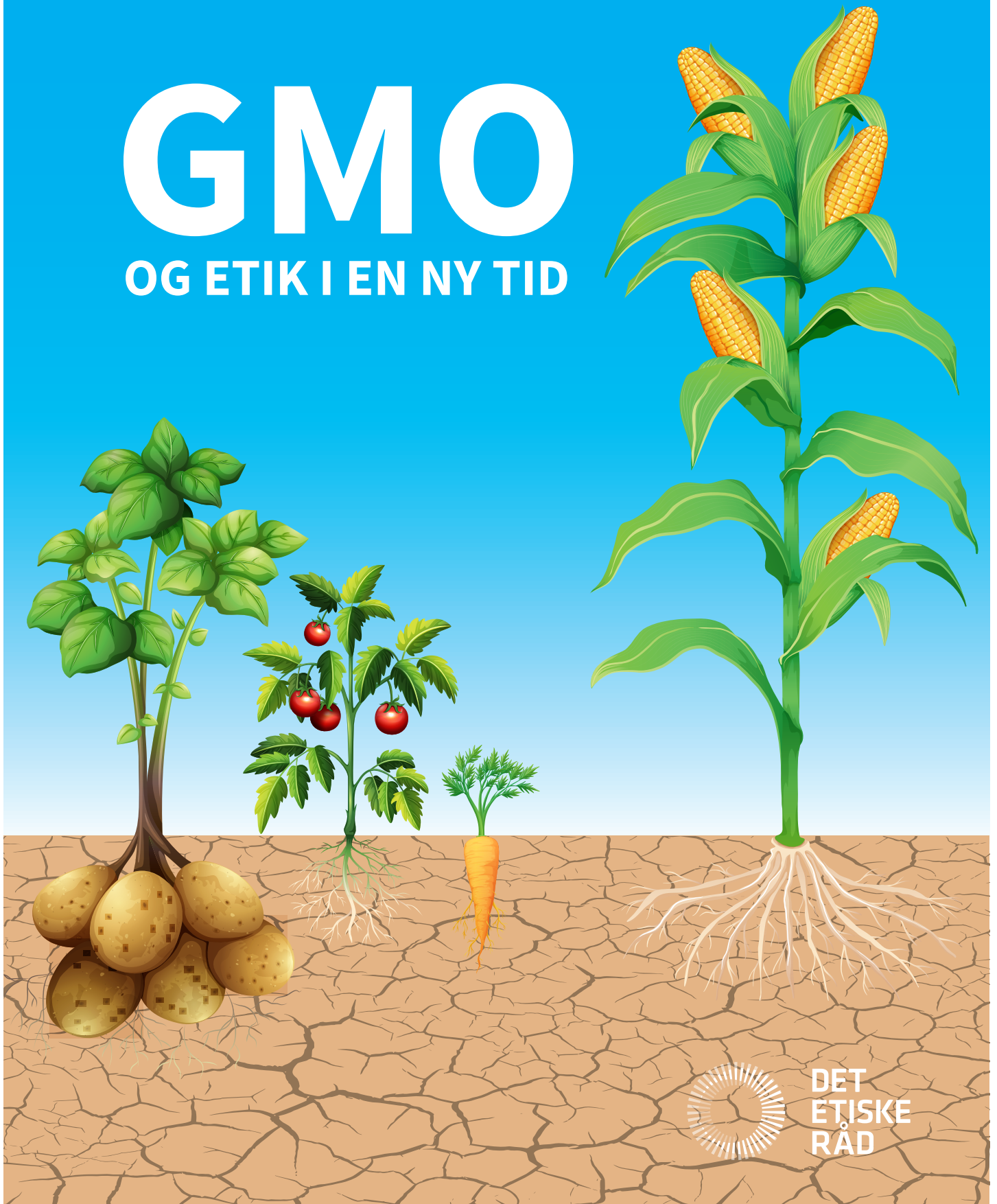


Udtalelse fra Det Ethiske Råd

GMO

OG ETIK I EN NY TID



DET
ÉTISKE
RÅD

INDHOLD

GMO og etik i en ny tid / 5

1. Introduktion / **5**
2. Hvorfor er der behov for at ændre hurtigt på de planter, vi spiser? / **6**
 - 2.1 Traditionel forædling / **8**
 - 2.2 Genteknologi og CRISPR / **9**
3. Europæisk modstand mod GMO / **9**
4. CRISPR som redskab til at tilføre positive klimaegenskaber / **12**
5. EU's GMO-lovgivning og mutagenese-undtagelsen / **15**
6. Etik: Er genmodifikation af planter forkert i sig selv – forkert i alle tilfælde? / **16**
 - 6.1 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er særligt risikabelt / **17**
 - 6.1.1. Genmodifikation er særligt risikabel / **18**
 - 6.1.2. Genteknologi er ikke (altid) risikabel / **18**
 - 6.2 Genmodifikation af planter er værdifuldt, hvis det kan yde et bidrag til at opfylde FN's verdensmål / **18**
 - 6.2.1. Positive konsekvenser for klima og bæredygtighed bør tælle med ved bedømmelsen af en GMO / **19**
 - 6.2.2. Bidraget til bæredygtighed kan ikke opveje problemerne ved GMO / **19**
 - 6.3 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er unaturligt / **20**
 - 6.3.1 Det er ikke forkert at ændre ved naturen, selv om naturen har værdi i sig selv / **20**
 - 6.3.2. At ændre ved naturen er i modstrid med den værdi, naturen har i sig selv / **21**
7. Rådets anbefalinger / **21**
 - 7.1 Det er etisk problematisk at afvise GMO-sorter, hvis de kan bidrage til at afbøde eller løse væsentlige problemer, og der ikke er gode argumenter for at afvise dem / **21**
 - 7.1.1 Fravær af særlige risici / **23**
 - 7.1.2 Bidrager til en bæredygtig udvikling / **23**
 - 7.2 Det er etisk problematisk at anvende genteknologi til at ændre ved planter / **24**

Baggrundsnotater / 26

1. **Genteknologisk "re-domesticering" som et redskab i forhold til klimaudfordringen / 27**

Hvad er udfordringen? / **27**

Re-domesticering af tomat ved hjælp af CRISPR / **27**

Domesticering af vilde planter / **29**

Er præcisionsmutagenese vha. CRISPR mere usikkert end traditionel forædling? / **31**
2. **Baggrundsnotat om naturlige fødevarer / 35**

Er det forkert, fordi det er unaturligt? / **38**

Behov for debat / **38**

3. Baggrundsnotat om restriktioner på GMO / 39

- Indledning / **39**
- Risiko og forsigtighed / **39**
- Sikkerhedsgodkendelse / **41**
- Forbud / **41**
- Naturlighed og økologi / **42**
- Biocentrisme / **42**
- Økocentrisme / **44**
- Økologi / **44**
- Skepsis over for teknologiske løsninger / **45**
- Intet teknologisk fix / **46**
- Hybris / **46**
- Moral hazard / **47**
- Forbrugerens ret til at vælge / **48**

4. Baggrundsnotat: Skyldes GMO-modstand at naturlighed opfattes som godt i sig selv? / 49

- Introduktion / **49**
- Grunde til at acceptere naturlighedshypotesen / **50**
- Ideer om naturlighed og dens værdi: Forurening og afsky / **51**
- Grunde til at tvivle på naturlighedshypotesen / **54**
- Konklusion / **58**

Følgende artikler indgår som baggrundsmateriale:

Röcklinsberg H and Gjerris M (2018): Potato crisps from CRISPR-Cas9 modification – aspects of autonomy and fairness, in Springer S and Grimm H: Professionals in Food Chains. Wageningen Academic Publishers pp. 430-35 / **59**

Myskja B, Schouten H & Gjerris M (2015): Ethical distinctions between different kinds of plant breeding. In: Dumitras DE, Mugurel JI & Aerts S (eds.): Know your food: food ethics and innovation. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, pp. 95-100 / **59**

FORORD

Denne udtalelse er udarbejdet af en arbejdsgruppe nedsat af Det Etske Råd i vinteren 2018-19.

Rådet vil gerne takke følgende eksperter for at have stillet deres viden til rådighed i arbejdsgruppen:

Mickey Gjerris, lektor i bioetik ved Københavns Universitet,
Rikke Bagger Jørgensen, Seniorforsker emeritus ved Institut for Vand og Miljøteknologi, DTU,
Klemens Kappel, professor i filosofi ved Københavns Universitet,
Jørgen E. Olesen, professor ved Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet og
Michael Broberg Palmgren, professor i plantefysiologi ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet.

Fra Det Etske Råd deltog Anne-Marie Axø Gerdes, Henrik Nannestad Jørgensen og Morten Bangsgaard (formand for arbejdsgruppen) i arbejdet.

Rådet vil desuden takke Andreas Christiansen, postdoc ved institut for medier, erkendelse og formidling ved Københavns Universitet, for at have udarbejdet baggrundsnotatet om etiske restriktioner på GMO og notatet *Skyldes GMO-modstand at naturlighed opfattes som godt i sig selv?* Torben Chrintz, videnskabelig rådgiver i Tænk tanken Concito, June Rebekka Bresson fra Noah, Friends of the Earth og Arne Holst-Jensen, medlem af Bioteknologirådet og seniorforsker ved Veterinærinstituttet i Norge takkes for at bidrage med oplæg på rådets møder.

Morten Andreasen og Anne Lykkeskov har arbejdet på udtalelsen i rådets sekretariat.

Udtalelsen er behandlet af rådet på tre møder i oktober 2018 samt i januar og februar 2019.

Anne-Marie Axø Gerdes
Formand for Det Etske Råd

Christa Kjøller
Sekretariatschef

GMO OG ETIK I EN NY TID

Meget er sket, siden de genmodificerede organismer gjorde deres indtog i Europa for over 30 år siden, og Det Etiske Råd mener, tiden er inde til en helt ny GMO-debat. Nye typer GMO'er kan potentielt spille en positiv rolle for arbejdet med flere af FN's Verdensmål for bæredygtig udvikling fra 2015. I denne udtalelse er spørgsmålet om, hvorvidt GMO kan og bør være et redskab til at udvikle planter, som har gavnlige egenskaber i forhold til verdensmålet om at handle hurtigt for at bekæmpe klimaforandringer og deres konsekvenser brugt som eksempel på GMO's potentialer. Andre eksempler kunne være målene om at stoppe sult, om at støtte bæredygtig brug af økosystemer og om at sikre bæredygtigt forbrug og produktionsformer. Det Etiske Råd tager stilling til, om det ville være etisk problematisk at afvise GMO'er med nyttige egenskaber, hvis de ikke vurderes at være mere risikable end tilsvarende konventionelt udviklede sorter. Rådets stillingtagen har desuden betydning for overvejelser om at ændre EU's godkendelsessystem for GMO og andre nye sorter.

1. INTRODUKTION

Den folkelige modstand, der har været rettet imod genmodificerede organismer (GMO), og især GMO-planter, siden de først blev introduceret i Europa for over 30 år siden¹, har i høj grad været baseret på etiske argumenter. Genmodifikation blev set som en særligt indgribende teknik, der ændrer ved naturen på hidtil usete måder. Da man ikke havde erfaringer med så indgribende ændringer, har der også været frygt for, hvilke risici i form af utilsigtede hændelser, som kunne opstå på både kort og langt sigt.

I de 30 år har flere ting imidlertid ændret sig, og det gør det efter Det Etiske Råds mening aktuelt at tage en fornyet diskussion af de etiske implikationer ved at genmodificere planter:

- **Teknikkerne er blevet forbedret**, og især har CRISPR-metoden, som blev udviklet i 2012, muliggjort, at man langt enklere, hurtigere og mere præcist kan ændre gener uden at indsætte genmateriale fra andre arter. Man kan desuden lave små ændringer, såsom at tænde og slukke for gener²
- Der foreligger nu over 20 års forskning i **risici** som viser, at der ikke er videnskabelig evidens for, at GMO i sig selv er mere risikabelt at anvende, end konventionelle forædlingsteknikker^{3,4}

1 Genetisk modificering af afgrødeplanter blev udviklet i 1970'erne og siden 1980'erne er teknologien anvendt til at tilføje nye egenskaber til planter, se National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press, 5

2 Ændring kan omfatte et eller flere af de følgende forhold ved genet: selve genets kode (baserne i DNA), dets funktionelle produkt (aminosyrer og/eller foldingsstruktur i protein), eller dets aktivitetsniveau (fra helt slukket til hyperaktivt)

3 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016

4 EU Commission. 2010. A decade of EU-funded GMO research (2001-2010), 16

- **Samfundsnytte:** Nogle udviklere, fx universiteter og mindre frøforædlere, er begyndt at udvikle GMO'er med relevans for håndtering af alvorlige samfundsmæssige problemer, herunder klimaudfordringen og biodiversitetsudfordringen

Der fremstår i dag et billede af, at alle GMO'er ikke bør falde ens ud i en etisk vurdering. Intet tyder på, at genmodifikation i sig selv har betydning for, hvor risikable nye planter er. Det aktualiserer spørgsmålet om hvorvidt EU's såkaldte udsætningsdirektiv⁵ er tidssvarende med sit krav om, at alle genetisk modificerede organismer skal gennem samme omfattende og kostbare godkendelses-procedure, før de kan frigives til dyrkning i EU. Det rejser også spørgsmålet om, hvorvidt det er et etisk problem, hvis lovgivningen forhindrer udvikling og markedsføring af GMO'er, som fx har positive effekter, uden at de skønnes at være mere risikable, end tilsvarende konventionelle sorter.

GMO er ifølge EU: en organisme, bortset fra mennesker, hvori det genetiske materiale er blevet ændret på en måde, der ikke forekommer naturligt ved formering og/eller naturlig rekombination.

Såvel planter som dyr kan altså være GMO'er, men i denne udtalelse fokuseres på genetisk modificerede planter.

I det følgende bruges klimaudfordringen som eksempel på en alvorlig trussel, hvor GMO kunne yde et positivt bidrag. Samme principielle overvejelser vil gøre sig gældende i forhold til brug af GMO på andre områder. Klimaforandringerne udgør en akut trussel mod både nuværende og fremtidige menneskers livsgrundlag, og vinduet for handling i forhold til at undgå temperaturstigninger på over 1,5°C over det præindustrielle niveau er ganske snævert. Det står klart, at hverken GMO eller nogen anden enkeltløsning vil være tilstrækkelig til at løse dette problem, men stadig mere taler for, at vi står i en situation, hvor der ikke er råd til at afvise noget tiltag, der kan bidrage til at forebygge eller begrænse følgevirkningerne af klimaforandringerne, med mindre der er gode grunde til at afvise disse tiltag. Rådet mener derfor, det er tid til en fornyet diskussion af GMO.

2. HVORFOR ER DER BEHOV FOR AT ÆNDRE HURTIGT PÅ DE PLANTER, VI SPISER?

I oktober 2018 kom the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, med deres rapport⁶ om, hvad det ville kræve at begrænse den globale opvarmning til 1,5°C over det præindustrielle niveau – det mål, som verdens ledere satte i Paris

5 Europaparlamentets og Rådets direktiv 2001/18/EF af 12. marts 2001 om udsætning i miljøet af genetisk modificerede organismer og om ophævelse af Rådets direktiv 90/220/EØF

6 IPCC. 2018. *Global Warming of 1.5°C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers*

i 2015.⁷ Svaret var, at det stadig kunne nås, men at det blandt andet ville kræve hidtil usete omlægninger i anvendelsen af klodens landareal, som vil betyde, at der bliver meget mindre areal til landbrugsproduktionen, fordi store arealer i stedet bør anvendes til permanent plantedække, fx med plantet eller selvsået skov og andre naturtyper. Mennesker har siden industrialiseringen udledt så store mængder CO₂, at temperaturen allerede nu er steget med 1° C. Det er årsagen til de forandringer, vi allerede i dag ser i form af mere ekstremt vejr, smeltende is i de arktiske områder, stigende havvandstande, m.m.

Parisaftalen 2015

På COP21 i Paris i december 2015 indgik de 196 medlemslande i FN's klimakonvention (UNFCCC) en juridisk bindende klimaafale – Parisaftalen. Den indebærer enighed om en langsigtet målsætning om at begrænse den globale temperaturstigning til under to grader – og om at arbejde for at begrænse temperaturstigningen til 1,5°C over det præindustrielle niveau

IPCC's rapport om global opvarmning på max 1,5°C

Efter vedtagelsen af Parisaftalen i 2015 bad landene The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) om at bruge tiden frem til 2018 på at udarbejde en rapport om mulighederne for at nå målet om at holde den globale opvarmning på 1,5°C over det præindustrielle niveau.

De 91 eksperter bag rapporten slår fast, at skal målet nås, skal netto-udledningen af CO₂ være 0 i 2050. Men det er ikke tilstrækkeligt; derudover skal CO₂ fjernes fra atmosfæren. Et redskab er her at plante skov på meget store arealer og kombinere med såkaldt BioEnergy Carbon Capture and Storage (BECCS), hvor træet brændes af på kraftværker, hvor CO₂ suges op og pumpes ned i undergrunden. En yderligere mulighed kunne være at udvikle endnu mere højtydende afgrøder til biomasseproduktion, evt. vha. CRISPR og kombinere med BECCS. Det er dog omdiskuteret, om denne teknologi vil kunne virke.

Hvis temperaturstigningerne ikke skal accelerere, vil det blive nødvendigt ikke bare at nedbringe udledningerne af drivhusgasser fremover, men også at fjerne CO₂ fra atmosfæren. Da træer og andre planter kan optage CO₂, er et centralt redskab mere natur i stor skala, herunder selvsået og plantet skov.⁸ Beskyttelse af en række naturtyper, såsom tørvemoser, regnskov og havgræsbede kan have en positiv effekt i forhold til at begrænse klimaforandringerne ved at binde og oplagre

7 UN. 2015. Paris agreement, se: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

8 IPCC. 2018, s 22

kulstof og dermed reducere mængden af kuldioxid i atmosfæren.⁹ Det globale areal til dyrkning af fødevarer vil derfor skulle reduceres meget betydeligt.¹⁰ Det er en enorm udfordring, som kun bliver større af, at verdens befolkning ifølge FN vil vokse fra 7,5 mia. i 2017 til 11,2 mia. i 2100.¹¹ Der skal altså skaffes mad til en hastigt voksende global befolkning samtidig med, at der sker en dramatisk reduktion af landbrugsarealet. Det skal ske samtidig med, at klimaforandringerne mange steder udfordrer landbrugsproduktionen, fordi de fører til tørke eller oversvømmelse med havvand, så jorden ikke kan dyrkes.

En af forudsætningerne for, at der kan produceres flere fødevarer på mindre areal og med mere ekstremt vejr, som følge af klimaforandringerne, vil være, at man kan udvikle meget effektive og **højtydende** planter, som kan give større udbytte på mindre areal. Det vil også være gavnligt at udvikle planter, som i højere grad **binder CO₂** i jordlaget eller kan klare sig med mindre gødning eller pløjning, da begge aktiviteter øger udledningen af CO₂ fra fossile kilder (**klimaforebyggelse**). Desuden skal der udvikles planter, som kan tilpasse sig de klimaforandringer, vi allerede ser også i Danmark, og som vi vil se meget mere af fremover, fx ved at kunne håndtere meget store udsving i nedbør mm (**klimatilpasning**). Den type planter vil måske kunne udvikles med traditionel forædling, men med CRISPR kan sorterne i mange tilfælde udvikles hurtigere og mere præcist.

2.1 Traditionel forædling

Henover de tusindvis af år, hvor mennesket har været agerbrugere, har man udvalgt de bedste eksemplarer blandt de høstede afgrøder, som man har krydset med hinanden for at samle de bedste egenskaber. På den måde har man via planternes naturgivne genetiske variation ændret på egenskaberne – og dermed den genetiske sammensætning – i afgrødeplanterne. At udvikle nye sorter gennem krydsning tager lang tid, normalt 12-16 år.

Udviklingen af nye, mere værdifulde plantesorter kaldes forædling. Man sonderer traditionelt mellem *konventionel* og *bioteknologisk* forædling. Det er dog lidt misvisende, da konventionel forædling også benytter bioteknologi, fx såkaldt DNA-markør baseret selektion, kromosomfordobling m.m.

De traditionelle mutagenese-teknikker, som stadig anvendes, blev udviklet i 1940'erne som svar på den udfordring, at man ofte ikke kunne finde den genetiske variation i arten selv, der muliggjorde de nødvendige fremskridt, vha. traditionel forædling. Man begyndte at ændre på levende organismers arvmasse ved at inducere mutationer fx ved at bestråle dem med en radioaktiv kilde eller udsætte

9 Barfod, A et al. 2019. Vi kan stadig nå at bremse klimakrisen, men uddør en art, er den væk for altid. *Politiken* 24. februar.

10 IPCC angiver, at det areal, som skal udgå af landbrugsproduktionen, er på størrelse med hele USA's areal (10 mio. km²), hvortil kommer, at de angiver, at der er behov for plantning af energifgrøder svarende til Australiens areal (op til 7 mio. km²)

11 UN. 2017. World population prospects. 2017 revision

dem for mutagene kemikalier.¹² Både spontane og inducerede mutationer øger den genetiske variation, som forædleren baserer sit arbejde på. I begge tilfælde er resultatet tilfældige mutationer, dvs. det er ikke muligt at styre, hvor de opstår. Induceret mutagenese udgør på den måde en ”upræcis genmodifikation”.

Langt de fleste mutationer er enten neutrale eller uhensigtsmæssige, både for plantens evne til at overleve i naturen og som afgrødeplante. Når man identificerer en attraktiv egenskab/mutation, må man derfor i gang med mange runder *tilbagekrydsning*, hvor man krydser mutant-planten med højtydende sorter og udvælger det afkom, der har bevaret det attraktive træk, men som så vidt muligt ikke har arvet de dårlige mutationer. Også denne metode er altså normalt tidskrævende og der er ingen garanti for, at alle dårlige mutationer fjernes. Genmodifikation, som ikke tilfører gener fra andre arter, kaldes under et for **mutagenese**.

2.2 Genteknologi og CRISPR

Det revolutionerende ved genteknologien, da den kom frem, var at den gjorde det muligt at ændre mere målrettet ved plantens gener. Det blev fx muligt at overføre gener fra andre planter inden for samme eller nært beslægtede arter – såkaldt **cis-genese** – og dermed har man mindsket eller helt undgået det efterfølgende forædlingsarbejde. Og det blev muligt at tilføre DNA fra organismer, planten ikke kan reproducere sig med naturligt – såkaldt **transgenese**.

De første teknikker til genmodificering var upræcise og tidskrævende at arbejde med, så udviklingen gik i starten betydeligt langsommere, end man først havde forventet. I de seneste år er der imidlertid sket en hurtig og omfattende teknologisk udvikling. Især har **CRISPR**-metoden, som blev udviklet i 2012, muliggjort, at man langt enklere, hurtigere og mere præcist kan ændre gener uden at indsætte genmateriale fra andre arter. CRISPR-teknikken kan altså bruges til alle de tre typer af modifikationer, men gør det muligt at modificere mere præcist, end man kunne med tidligere teknikker. Derfor bruger mange udtrykket ”genetisk editering” eller, når der er tale om ændringer, som ikke tilfører planten genetisk materiale udefra, men typisk blot slår et eller flere udvalgte gener i stykker: ”præcisionsmutagenese”, om ændringer frembragt med CRISPR.¹³

3. EUROPÆISK MODSTAND MOD GMO

Da det begyndte at blive kendt i offentligheden, at forskerne arbejdede på at ændre i generne, der blev opfattet som organismens ”grundopskrift”, vakte det en del bekymring. Særligt tanken om at flytte gener fra helt andre organismer ind i planterne vakte bekymring. Ville forskerne nu til at designe hele naturen, og kunne de overhovedet overskue de langsigtede konsekvenser af det, de var gået i gang med?

Der var også frygt for, at GMO fødevarer ville være farlige at indtage, og at de ændrede planter ville sprede sig ukontrollabelt i naturen. Men i 2016 udkom en

¹² van Harten AM. (1998). *Mutation Breeding: Theory and Practical Applications*, 353 pp. Cambridge: Cambridge University Press.

¹³ Landbrugsstyrelsen. 2018. *Hvad kan de nye planteforædlingsteknikker bruges til og hvordan skal de reguleres?*

omfattende amerikansk gennemgang af al forskning fra 20 år med GMO. Den viste, at de eksisterende GMO-planter hverken har vist sig at give helbredsskader hos de husdyr, der er blevet fodret med dem, eller de mennesker, som har spist dem.¹⁴ Andre store undersøgelser har vist det samme: Genetisk modifikation er ikke i sig selv mere risikabel at anvende, end konventionelle forædlingsteknikker.¹⁵ GMO-modstandere har flere gange fremført, at fodring af dyr med GM-foder har ført til sygdomme som sterilitet, tumorer eller tidlig død. I ingen tilfælde har den dokumentation, modstanderne fremlagde, kunnet leve op til kravene for videnskabelige undersøgelser.¹⁶

Man bør dog være opmærksom på, at risikovurderingerne er baseret på dyrkning af ganske få typer GMO'er. At der ikke her er fundet risici, er ingen garanti for, at man ikke vil finde dem fremover i andre typer af GMO. Eksempelvis er problemet med spredning (invasivitet) afhængig af de egenskaber, der ændres eller indsættes. Og indtil nu har man næsten udelukkende set typer af egenskaber, der kun giver en fordel i det dyrkede økosystem, hvor der fx sprøjtes med herbicider. Sådanne ændringer vil ikke klare sig godt uden for markerne. Men andre egenskaber, som fx salt- eller tørketolerance, kunne give en fordel i det fri og måske i højere grad give planterne et øget spredningspotentiale.

Så de hidtidige risikovurderinger viser, at *ikke alle* GMO'er er risikable for mennesker eller naturen – dvs. at der ikke er baggrund for at afvise alle GMO'er som risikable. Men undersøgelserne kan ikke tages til indtægt for, at *ingen* GMO'er vil være risikable. Man kan godt forestille sig, at der på et tidspunkt vil udvikles GMO'er med andre træk, som er risikable. På samme måde kunne der i fremtiden udvikles nye sorter med andre teknologier, som kunne være risikable.¹⁷ Dette kunne tale for, at der er behov for et godkendelsessystem, som ikke behandler alle GMO'er som risikable og alle andre nye sorter som ikke-risikable. Et system som i højere grad ser på, hvilken type ændring, der er tilført, og ud fra det afgør, hvilke sorter der er behov for at risikovurdere.

Modstanden mod GMO fra befolkningerne især i Europa er imidlertid ikke blevet mindre med årene. Hvor accepten af at anvende genteknologi til at udvikle nye sygdomsbehandlinger til mennesker har været voksende siden genteknologiens barndom, har det samme ikke gjort sig gældende på planteområdet. Det ser der ud til at være flere grunde til, som vi skal komme tilbage til herunder.

Den største modstand findes i Europa, og der er indtil 2017 kun godkendt en enkelt afgrøde til dyrkning i EU. Det er en majssort (MON810), som har været dyrket på ca. 100.000 ha årligt i en række sydeuropæiske lande.¹⁸

14 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press,

15 EU Commission. 2010. A decade of EU-funded GMO research (2001-2010), 16

16 American Association for the Advancement of Science. 2012. *Statement by the AAAS Board of Directors On Labeling of Genetically Modified Foods*

17 Et eksempel på at også konventionel forædling kan give alvorlige og utilsigtede effekter er Lenape kartofflen, se Zitnak A and Johnston GR. 1970. Glycoalkaloid content of B5141-6 potatoes. *American Potato Journal*, Vol 47, no 7: 256-260

18 Landbrugsstyrelsen. 2018. *Hvad kan de nye planteforædlingsteknikker bruges til og hvordan skal de reguleres?*

I resten af verden vinder GMO frem. Hidtil har fire typer GMO-afgrøder (sojabønne, majs, bomuld og olieraps) og to typer træk (herbicid-tolerance og insekt-resistens) været helt dominerende. Tilsammen dækkede GMO med disse to træk 99 % af det areal, som er tilplantet med GMO i 2017.¹⁹ Den globalt set mest udbredte GMO-afgrøde er RoundupReady soja, der ved hjælp af genmodifikation er gjort resistent over for ukrudtsmidlet glyfosat, som er det aktive stof i Roundup fra det multinationale frø- og kemikaliefirma, Monsanto. Resistensen betyder, at den genetisk modificerede soja ikke påvirkes, når landmanden sprøjter med Roundup, mens andre planter, ukrudt m.m, dør. Et eksempel på en insektresistent afgrøde er Bt bomuld, som udtrykker et gen fra en bakterie, der gør, at planten producerer giftstoffet Bt-toksin. Stoffet er giftigt for bestemte skadelige insekter, som dermed bekæmpes, uden at landmanden behøver anvende sprøjtemidler. Det er en fordel, fordi man dermed undgår at sprede giftstoffer, som vil ramme flere organismer i og uden for marken og ikke kun de insekter, der skader afgrøderne.²⁰

Der er dog også problemer forbundet med denne brug af GMO. I nogle tilfælde har man set, at insekter og ukrudtsplanter har udviklet resistens mod et sprøjtemiddel, sandsynligvis som resultat af lokalt overforbrug af det pågældende middel.²¹

Fælles for mange af de rapporterede problemer er i det hele taget, at de ikke er resultatet af genmodifikation, sådan at de vil genfindes i enhver GMO. De angår kun nogle *bestemte GMO'er*, nemlig de i dag dominerende typer, som er udviklet til en bestemt type landbrug, karakteriseret ved monokultur. Den store popularitet af GMO-planter med egenskaber som fx RoundUp-tolerance, har endda givet anledning til monokulturer af planter med dette transgen.

Derfor er mange kritikere ikke imponerede over denne type GMO. De ser det som problematisk, at sorterne er udviklet af den agrokemiske industri, som henvender sig til landbrug baseret på stordrift, monokultur og et højt forbrug af eksterne ressourcer, og hvor salget af såsæd kobles til salget af kemikalier, hvilket langt hen ad vejen ikke er bæredygtigt. At disse GMO-sorter er patenterede, mens der ikke i Europa har været tradition for at patentere nye sorter, har også ført til udbredt kritik. Patenteringen gør, at landmænd, hvis de skulle ønske det, ikke kan tage såsæd fra til næste års såning, men er tvunget til at købe dem hos frøfirmaet. Dette kan især være problematisk for landmænd i ulande.

Det, at GMO-sorter med disse to træk er så dominerende, har gjort, at mange kritikere ser GMO som uløseligt forbundet med brug af sprøjtemidler, afhængighed af multinationale frø- og kemikaliefirmaer, mindre diverse dyrkningssystemer og patentering. Tilsammen har disse forhold bidraget til, at europæerne har haft svært ved at se GMO som et fremskridt, og modstanden har været uændret høj gennem alle årene.

19 ISAAA. 2017. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*. ISAAA Brief 53, 105

20 ISAAA. 2017. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY, p 3

21 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016, 144

4. CRISPR SOM REDSKAB TIL AT TILFØRE POSITIVE KLIMAEGENSKABER

Der er imidlertid i de senere år foregået en del forskning på universiteter og hos mindre producenter i at udvikle genmodificerede plantesorter, der er udviklet med helt andre træk og formål end de to nævnte. Her udvikles planter, som fx er mere modstandsdygtige mod sygdomme, som er sundere at spise, som holder sig længere (så madspildet nedbringes) m.m.²²

Desuden udvikles der som nævnt sorter, som har gunstige klimaegenskaber, herunder:

- Sorter som er **højtydende** og dermed arealeffektive, samtidig med at de kan klare sig med **mindre gødning, sprøjtning eller pløjning** (fx re-domesticeret tomat) eller **lagre mere CO₂** i rødderne (fx flerårige kornsorter) (**klimaforebyggelse**),
- Sorter som kan tilpasse sig klimaforandringerne, fx ved at være mere **tørkerobuste eller salttolerante (klimatilpasning)**.

Både konventionel og økologisk produktion er et godt stykke fra at leve op til behovet for at gøre planteproduktionen bedre klimatilpasset. Konventionel produktion er højtydende men klima- og miljøbelastende. Økologisk produktion er i mange tilfælde mere skånsomt over for miljøet,²³ men yder et mindre udbytte per hektar eller per dyr, og kræver derfor mere areal, der kunne være brugt til naturarealer, fx skov. Begge kan vise sig at opleve en betydelig udbyttenedgang, hvis der ikke udvikles sorter, der er mere klimarobuste. Genteknologi er en af flere metoder, der ser ud til at kunne bidrage med løsninger.²⁴

Et nyt forskningsfelt tager udgangspunkt i, at mange af de egenskaber, der efterspørges for at opnå ovennævnte mål, allerede findes i planternes oprindelige vilde slægtninge, som de kommercielle varianter engang blev udviklet fra. Eller i vilde plantearter, der hidtil ikke er blevet udviklet til moderne fødevarerproduktion. Det har givet forskerne den idé, at man, frem for at avle videre på de nuværende afgrøder, tager udgangspunkt i disse vilde arter og forædler dem igen, men denne gang mere målrettet – såkaldt *de novo* domesticering eller oversat til dansk ”re-domesticering”.^{25,26} Denne proces baserer sig på at mutere såkaldte domesticeringsgener i den endnu ikke kultiverede plante^{27,28}.

22 Bioteknologirådet. 2018. *Genteknologiloven – invitation til offentlig debat. Sammendrag*

23 En vidensyntese fra 2015 viste dog fx, at kvælstofbelastningen fra økologiske svinebrug var væsentlige større end fra konventionelle svinebrug. http://icrfs.dk/fileadmin/icrfs/Diverse_materialer_til_download/Vidensynte_WEB_2015__Fuld_laengde_400_sider.pdf

24 Af andre metoder kan nævnes moderne MAS, og ændret landbrugspraksis - fx rotationspraksis, afgrødevalg, 2 sorter per sæson etc.

25 Østerberg JT, Xiang W, Olsen LI, Edenbrandt AK, Vedel SE, Christiansen A, Landes X, Andersen MM, Pagh P, Sandøe P, Nielsen J, Christensen SB, Thorsen BJ, Kappel K, Gamborg C, Palmgren M. (2017) Accelerating the domestication of new crops: Feasibility and approaches. *Trends in Plant Science*. 22(5):373-384.

26 Zsögön A, Cermak T, Voytas D, Peres LE. (2017). Genome editing as a tool to achieve the crop ideotype and *de novo* domestication of wild relatives: Case study in tomato. *Plant Science*. 256:120-130.

27 Doebley JF, Gaut BS, Smith BD. (2006) The molecular genetics of crop domestication. *Cell*. 127(7):1309-21.

28 Comai L. (2018). The taming of the shrub. *Nature Plants*. 4(10):742-743

Et domesticeringsgen er et gen, der, når det muteres, resulterer i en plante med en fordelagtig egenskab for menneskelig udnyttelse af planten. Som regel resulterer mutationen i at genet eller dets delikate regulering ødelægges. Det giver et tab af en egenskab, der er vigtig for den vilde plante, men som kan være uhensigtsmæssig fra et dyrkningssynspunkt. Fx taber den vilde ris sine modne frø, når vinden blæser, medens de bliver siddende på den kultiverede ris. Det er et tab for planten i naturen, fordi den nu har svært ved at sprede sig, men en fordel for den landmand, der vil høste risen. Man kender efterhånden mange domesticeringsgener. Antallet af domesticeringsgener har været diskuteret²⁹, men forsøg i efteråret 2018^{24,25} har vist at man kan *de novo* domesticere vild tomat med bare seks mutationer. Det åbner for, at vilde eller semi-kultiverede afgrøder, der allerede har de positive egenskaber, man måtte være interesseret i, nu i princippet kan *de novo* domesticeres ved at mutere gener, der viser lighed med domesticeringsgener i nære slægtninge. Det forekommer fx tvivlsomt, at transgen- eller mutationsteknologier kan bruges til at få en given plante til at lagre mere CO₂ i roden. Men kender man en plante i naturen, der allerede har denne egenskab, vil man i princippet kunne domesticere den vha. mutationsteknologi samtidigt med, at den bevarer evnen til at lagre CO₂ i roden. I sidste ende vil øget kulstoflagring i roden dog kræve øget fotosyntese, hvis udbyttet skal opretholdes.

Domesticeringsgener

Man har de senere år sekventeret planters arvmasse og fundet ud af, hvad det er for gener – såkaldte ”domesticeringsgener” – der gør dem kommercielt attraktive, fx frugtstørrelse og -antal, holdbarhed og form.

I baggrundsnotatet beskrives et eksempel på en sådan re-domesticeret sort, som er udviklet ved brug af CRISPR. Det drejer sig om helt ny forskning^{30,31} hvor en oprindelig tomat har opnået flere, større og mere robuste frugter (vilde tomaters frugter er ganske små, så de er lavtydende) alene som følge af få og minimale CRISPR-inducerede mutationer i plantens DNA. Den oprindelige tomat har i sig selv en række af de egenskaber, der er eftertragtede, og som vanskeligt kan fremavles i moderne tomatorter:

- Robusthed over for tørke, hvilket kan begrænse behovet for kunstvanding og øge udbyttet i perioder med tørke
- Robusthed over for skadedyr, hvilken kan begrænse behovet for brugen af bekæmpelsesmidler (pesticider)

29 Torkamaneh D, Laroche J, Rajcan I, Belzile F. (2018). Identification of candidate domestication-related genes with a systematic survey of loss-of-function mutations. *Plant Journal*. 96(6):1218-1227.

30 Li T, Yang X, Yu Y, Si X, Zhai X, Zhang H, Dong W, Gao C, Xu C. (2018). Domestication of wild tomato is accelerated by genome editing. *Nature Biotechnology*. doi: 10.1038/nbt.4273

31 Zsögön at al. 2018. De novo domestication of wild tomato using genome editing. *Nature Biotechnology* 1. Oktober, doi:10.1038/nbt.4272

- Et højt indhold af lycopen, som anses for sundhedsfremmende
- Salttolerance, der svarer til tolerance over for vandmangel, siden salt trækker vand ud af planten³²

Her er CRISPR altså anvendt til at lave præcisionsmutagenese; dvs. 'interne' ændringer i plantens gener, men udført mere præcist, end ved traditionel mutagenese. Der er ikke tilført gener fra andre organismer.

Det andet eksempel vedrører arbejdet med at modificere det vilde græs *Thinopyrum intermedium* (på engelsk: *Intermediate wheatgrass* (på dansk ser man undertiden betegnelsen "hvedegræs" anvendt), hvor traditionel forædling hidtil er foregået meget langsomt, og hvor brugen af CRISPR sandsynligvis vil kunne fremskynde forædlingsprocessen. Også denne sort er mere lavtydende, end de fremavlede, moderne sorter, men har til gengæld en række attraktive klimaegenskaber, først og fremmest fordi den er flerårig og har et stort rodnet (op til 3 meter dybt). Den kan ligesom plænegræs "klippes", dvs. man høster ikke rødderne og pløjer ikke. Det giver en række fordele for både landmand, miljø og klima:³³

- planten kan overleve lange perioder med begrænset nedbør og er dermed bedre tilpasset de vejrudsving, global opvarmning medfører
- planten er bedre til at optage næringsstoffer, hvilket stiller mere begrænsede krav om tilførsel af gødning og giver mindre udvaskning af næringsstoffer
- planten binder mere kulstof i jorden til gavn for klimaet
- ukrudtsplanter har sværere ved at finde fodfæste, hvilket reducerer behovet for ukrudtsmidler eller manuel lugning
- landmanden kan undgå mange ture gennem markerne med gødning, sprøjtning, pløjning, harvning, osv., der udleder CO₂ og er tidskrævende
- jordkvaliteten øges, fordi rødderne begrænser erosion og tilfører kulstof og struktur, og jorden ikke presses sammen af hyppig kørsel med maskiner

Med den første kortlægning af genomet for *T. intermedium* i 2018³⁴ og kendskab til hvedens domesticeringsgener, er der håb om en langt mere målrettet forædlingsproces. Det kan vise sig vanskeligt og tidskrævende gennem konventionel forædling at udvikle en sort, der har alle egenskaberne til at gøre den både kommercielt brugbar og klimavenlig. Man har på forskellige vis forsøgt at krydse *T. intermedium* med andre hvedevarianter som spelt, men de varianter, der har opnået en markant udbyttefremgang, har fx mistet flerårigheden. Igen her kunne man forestille sig, at man kunne bruge CRISPR til at domesticere afgrøden gennem målrettede mutationer i domesticeringsgener, og uden tab af gode gener som led i krydsningsarbejdet. At forædle et allerede flerårigt græs til at blive en flerårig kornsort

32 Zsögön et al. 2018

33 Lubofsky, E. 2016. The promise of perennials: Working through the challenges of perennial grain crop development. *CSA News* Vol. 61 No. 11, p. 4-7

34 Kantarski, T, Larson, S, Zhang, X et al. 2017. Development of the first consensus genetic map of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) using genotyping-by-sequencing. *Theoretical and Applied Genetics*, Vol 130, no 1: 137-150

kunne måske være nemmere end at få en enårig moderne kornsort som fx hvede til at blive flerårig.

Selv med brugen af CRISPR er det ikke givet, at man vil opnå sorter, der på én gang er både klima- og miljøvenlige, højtydende og kommercielt attraktive. Men uanset metode vil man formentlig kunne opnå fremskridt. Som det fremgår i det foregående, vurderes det, at man ved at kunne bruge CRISPR til at foretage præcisionsmutagenese vil kunne opnå fremskridt langt hurtigere end ellers.

Takket være CRISPR kan selv små forskningsmiljøer og firmaer i dag i endnu højere grad end før være med til at anvende genteknologisk forædling, som måske kan gøre fødevarerproduktionen væsentligt mere klimatilpasset. Problemet i forhold til at få udviklet GMO med samfundsnyttige egenskaber er imidlertid i Europa, at universiteter og mindre producenter ikke kan få godkendt deres planter til udsætning, fordi de ikke har råd til at gennemgå de omfattende sikkerhedsvurderinger, EU-lovgivningen kræver.

5. EU'S GMO-LOVGIVNING OG MUTAGENESE-UNDTAGELSEN

Modstanden i de europæiske befolkninger mod GMO førte i 2001 til, at EU vedtog det såkaldte udsætningsdirektiv,³⁵ som siger, at genetisk modificerede organismer skal gennem en godkendelses-procedure, før de kan frigives til dyrkning i EU. De skal altså opfylde en lang række krav, som nye sorter, der er blevet til ved andre metoder, ikke skal opfylde. Blandt andet skal producenten foretage omfattende miljø- og sundhedsmæssige risikovurderinger af at udsætte den pågældende GMO i det fri.

Da udførelsen af disse risikovurderinger er forbundet med store økonomiske omkostninger, opstår paradoksalt nok den situation, at det kun er de multinationale frøfirmaer, som har råd til at risikovurdere deres GMO'er. Forskere på universiteter og i mindre firmaer er reelt afskåret fra at søge godkendelse af deres planter i EU pga. omkostningerne ved at udføre risikovurderingerne.

Et andet paradoks ved lovgivningen har været diskuteret på det sidste. Fra starten har nye sorter, som har fået ændret deres gener gennem bestråling eller kemisk behandling, været undtaget fra godkendelsesproceduren ved den såkaldte mutagenese-undtagelse i direktivet. Begrundelsen er, at de "traditionelt er blevet brugt i en række anvendelser, og gennem lang tid har vist sig sikre."³⁶

Der synes på den baggrund at brede sig en enighed om, at mutagenese ikke mere kan betragtes som risikabelt. Forskere har over for dette påpeget, at den type genetiske forandringer, man ville foretage, hvis man begyndte at bruge CRISPR til at indføre domesticeringsgener som beskrevet oven for, er langt mere begrænsede og kontrollerede. Man ville med andre ord ikke troværdigt kunne hævde, at den usikkerhed, der måtte knytte sig til brugen af CRISPR, gør teknikken mere risikabel

35 Europaparlamentets og Rådets direktiv 2001/18/EF af 12. marts 2001 om udsætning i miljøet af genetisk modificerede organismer og om ophævelse af Rådets direktiv 90/220/EØF

36 Ibid betragtning 17

end den praksis, vi allerede bruger og har brugt uden de store problemer i mange år – tvært imod synes usikkerheden langt mindre. I baggrundsnotatet neden for er dette mere uddybende beskrevet.

Sådanne overvejelser er EU-domstolen blevet bedt om at tage stilling til, og deres dom kom den 25. juli 2018. Til manges overraskelse udtalte domstolen, at det fortsat kun skal være organismer, der er fremstillet ved hjælp af traditionelle mutageneseteknikker, som er udelukket fra direktivets krav om sikkerheds-godkendelse.³⁷ Domstolens begrundelse var, at ”udviklingen af disse nye teknikker/metoder gør det muligt at producere genetisk modificerede sorter i et tempo og i en størrelsesorden, der ikke står i forhold til dem, der følger af anvendelsen af traditionelle tilfældige mutagenesemetoder.”

Mens GMO-modstanderne generelt har været tilfredse med dommen, har den fået forskerverdenen til at kræve lovgivningen ændret. De ønsker, at lovgivningen skal ophøre med at tage udgangspunkt i, *med hvilken teknologi* planten er blevet fremstillet, og i stedet se på *hvilke egenskaber*, den har fået tilført.³⁸ Der kan være brug for fortsat at risikovurdere organismer, som har fået bestemte typer af egenskaber – det kunne fx være egenskaber med særlig risiko for uønskede effekter på miljø og helbred – før man tager dem i anvendelse. Men andre typer af ændringer, som tilfører egenskaber, man ved ikke medfører forhøjet risiko, bør ikke være omfattet af de omfattende risikovurderingskrav.³⁹

6. ETIK: ER GENMODIFIKATION AF PLANTER FORKERT I SIG SELV – FORKERT I ALLE TILFÆLDE?

Vi står i dag i en situation, hvor begge sider i debatten hævder, at etiske hensyn taler for deres synspunkt: Modstanderne fremfører, at det er etisk problematisk at ændre så grundlæggende ved naturen, som man gør med genteknologi, og at det er forkert at udsætte mennesker og natur for risici ved at dyrke GMO. Tilhængerne lægger vægt på, at hvis en teknologi kan hjælpe med at løse meget alvorlige problemer, som kan koste menneskeliv, og hvis der ikke er påvist særlige risici ved at gøre det, vil det være forkert ikke at tage den i brug.

Etisk set er det relevant at skelne mellem, om noget, fx en bestemt teknologi, er *forkert eller problematisk i sig selv*, uanset hvad den anvendes til. En del af kritikken mod GMO har haft den karakter, at *alle* anvendelser af genteknologi på planter anses for at være forkerte. Andre kritikere finder, at anvendelse af genteknologi på planter er forkert, men at der i nogle situationer er andre hensyn, der gør teknologien etisk acceptabel at anvende.

³⁷ Domstolens dom, sag C-528/16, 25. juli 2018

³⁸ Det er her vigtigt, at man her skelner mellem den rent fysiske ændring, fx om der er tale om en stor indsættelse eller en udskiftning af et enkelt basepar på den ene side, og den funktionelle (fænotypiske) ændring (selve egenskaben man tilfører), fx om egenskaben er godt kendt og allerede findes i den aktuelle fødevarerplante, eller om der er tale om en helt ny egenskab, som er hentet fra en anden art eller lavet syntetisk.

³⁹ The European Societies of Plant Biology. 2018. *Regulating genome edited organisms as GMO's has negative consequences for agriculture, the society and economy*

En anden tilgang kunne være at anse genteknologi for at være forkert eller problematisk i det omfang, den anvendes på bestemte måder, som *fører til forkerte udkommer*. På samme måde som de færreste formentlig anser knive for at være problematiske i sig selv, mens det naturligvis er forkert, hvis man anvender den til at stikke et menneske ned. Hvis kritikken af GMO har denne karakter, åbnes der for, at GMO kan anvendes til samfundsnyttige formål som fx at bidrage til bekæmpelse af klimaforandringerne, eller til formål, som ikke er risikable. Men ikke til anvendelser, som fx er risikable, fordi de har uønskede effekter på miljøet eller sundheden hos dyr og mennesker. Nogle GMO'er vil da være problematiske – fordi de er risikable, ikke fordi de er udført med genteknologi.

Mange af de kritikker, som er fremført mod GMO – fx at de fremmer sprøjtemidler, de er patenterede, de er udviklet af multinationale firmaer eller de plantes på områder, hvor der har vokset regnskov – er ikke en kritik af GMO som sådan, men af de forhold, der omgiver bestemte anvendelser af visse GMO'er. Disse argumenter angår altså problemer ved *nogle helt bestemte* GMO'er. Problemet opstår, når disse overvejelser bruges til at argumentere mod *alle* GMO'er

Det er betænkeligt, fordi en GMO sagtens kan være udviklet på et universitet, ikke være patenteret, ikke kræve fældning af regnskov, ikke være pesticidresistent m.m. Der er ikke tale om egenskaber, som skyldes genmodifikationen i sig selv, og som derfor alle GMO'er har. Derfor kan de ikke begrunde en generel modstand mod GMO. I stedet kan de være argumenter for det meget mindre omfattende udsagn, at nogle GMO'er er problematiske, fx dem der tolererer pesticider. Det, der gør dem problematiske, er altså, at de tolererer pesticider. Da alle GMO'er ikke tolererer pesticider, er der ikke tale om et generelt argument mod GMO'er; det har ingen relevans for GMO'er, som ikke tolererer pesticider.

I det følgende vil vi fokusere på generelle argumenter mod GMO; dvs. argumenter som ofte fremføres som begrundelse for at afvise brug af GMO som sådan, fordi genmodificering af planter ses som problematisk i sig selv. Vi vil dog også se på et 'modsat' argument som går på, at vi moralsk set bør anvende de typer GMO, som kan gavne fx ved at fremme verdensmålene, hvis der ikke er meget gode argumenter for ikke at gøre det. De tre argumenter er: 1. Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er særligt risikabelt, 2. Genmodifikation er værdifuldt, hvis det kan yde et bidrag til at opfylde FN's verdensmål og 3. Genmodifikation er forkert, fordi det er unaturligt.

6.1 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er særligt risikabelt

Et flertal af europæerne opfatter GMO som risikabel at indtage (59 %) og skadelig for miljøet (53 %).⁴⁰ Hvis det er en egenskab ved alle genmodificerede planter, at de er risikable på denne måde, må det altid anses for forkert at udvikle GMO. Ved den hidtidige anvendelse af GMO er der imidlertid ikke påvist skader på mennesker eller natur, som skyldes genmodifikation. Det betyder naturligvis ikke, at der ikke i fremtiden vil blive udviklet GMO'er, som vil vise sig at være risikable at indtage, eller

40 European Commission. 2010. *Biotechnology report – Special Eurobarometer*

som vil kunne sprede sig ukontrollabelt i naturen. Nogle vil fremføre, at der kan være langtidseffekter ved de undersøgte GMO'er, som først vil vise sig på et senere tidspunkt, mens andre vil hævde, at 20 år er så lang tid, at man nu har tilstrækkelig sikkerhed til at sige, at der ikke er belæg for at anse alle genmodificerede planter for risikable – selvom de vil medgive, at der stadig kan være grund til at risikovurdere andre typer GMO, før de tages i brug. Argumenterne for og imod dette lyder ofte:

6.1.1. Genmodifikation er særligt risikabel

At der ikke er fundet særlige risici ved genmodificerede planter endnu betyder ikke, at der ikke på langt sigt vil dukke problemer op. At ændre på planters gener med genteknologiske metoder er risikabelt på måder, andre forædlingsmetoder ikke er. Og hvis der om nogle år opstår sygdomme hos mennesker eller skader på økosystemer, forskerne ikke havde forudset, er det for sent at skrue udviklingen tilbage. Det er en egenskab ved teknologien, at den bevæger sig ind på områder, mennesker ikke kan overskue. Derfor bør vi undlade at anvende den i planteavl ud fra det såkaldte *forsigtighedsprincip*. Princippet fortolkes ofte sådan, at hvis der er begrundet mistanke om, at en aktivitet vil kunne skade mennesker eller miljø alvorligt, må indgreb over for den ikke udsættes, alene fordi der er videnskabelig usikkerhed i forhold til en teknologisk risici.⁴¹

6.1.2. Genteknologi er ikke (altid) risikabel

Som ovenfor nævnt har 20 år med risikovurderinger af GMO ikke vist, at GMO generelt er risikabel. Der kan naturligvis ikke gives sikkerhed mod, at skader vil vise sig i fremtiden, hvis man laver andre typer af ændringer, end dem, man nu har erfaringer med. Men det kan der heller ikke, hvis andre typer ændringer tilføres med fx stråling eller kemi.

Det forekommer i dag ubegrundet fortsat at hævde, at der er videnskabelig usikkerhed om, hvorvidt genmodificering i sig selv fører særligt store risici med sig. Det er typen af ændring – den tilførte egenskab – der har betydning for risikoen, ikke teknikken, som er anvendt. Lige ting bør bedømmes ens, og en given ændring udført med CRISPR er ikke mere risikabel, end samme ændring udført med bestråling eller kemi (som giver utilsigtede mutationer, man ikke kender konsekvenserne af). Om der skal foretages risikovurderinger før ibrugtagning af en ny sort, bør derfor afhænge af den tilførte egenskab og ikke af teknologien, der er brugt til at foretage ændringen.

6.2 Genmodifikation af planter er værdifuldt, hvis det kan yde et bidrag til at opfylde FN's verdensmål

Fokus i GMO-diskussionen er ofte på at undgå negative træk (som unaturlighed), eller uønskede konsekvenser (som helbredsrisici eller uønsket påvirkning af naturen).

Hvis man grundlæggende finder, at genmodifikation er en så risikabel eller unaturlig teknologi, at det er problematisk at anvende den, kan der være grund til at overveje, om brug af GMO i nogle situationer kan være gavnlige på en måde, som bør tælle

41 Peter Pagh i Gyldendals Store Danske Encyclopædi (http://denstoredanske.dk/Samfund,_jura_og_politik/Jura/Landboret_og_milj%C3%B8ret/forsigtighedsprincip)

tungere end betænkelighederne. Positive klimaegenskaber eller bæredygtighed generelt kunne udgøre sådanne gavnlige egenskaber. Hvis genmodifikation kan yde et væsentligt bidrag til at rette op på de bæredygtighedsproblemer, som på mange områder, herunder klimaområdet, er alvorlige, vil det i nogle opfattelser kunne opveje de problemer med manglende naturlighed, man oplever.

Et andet synspunkt kan være, at det er nødvendigt at se på de samlede konsekvenser ved at tage GMO i brug; det vil sige både se på konsekvensen af at anvende en given GMO og ved ikke at anvende den. Hvis konsekvenserne for bæredygtigheden (og dermed for menneskers livsvilkår) er bedre ved at tage en given GMO i anvendelse end ved ikke at gøre det, bør man tage den i brug.

Om – og i givet fald hvor meget – positive egenskaber som fx bæredygtighed bør tælle i bedømmelsen af givne GMO'er, er der delte meninger om:

6.2.1. Positive konsekvenser for klima og bæredygtighed bør tælle med ved bedømmelsen af en GMO

Hvis den globale temperaturstigning skal holdes under 1,5°C over det præindustrielle niveau, er det nødvendigt at producere meget mere mad på et meget mindre areal og med brug af færre ressourcer. Genmodifikation vil, brugt rigtigt, kunne bidrage til dette, selvom teknologien naturligvis ikke alene kan løse problemerne med at nedsætte landbrugets CO₂-belastning og udfordringen med at føde en hastigt voksende global befolkning. Situationen er dog så alvorlig, at vi ikke kan undlade at bruge *alle* tilgængelige redskaber for at sikre den fremtidige fødevarereproduktion. Det er ikke et spørgsmål om at bruge genteknologi *eller* kostomlægninger; i den nuværende situation er vi nødt til at bruge alle redskaber, hvis der ikke er gode grunde til ikke at gøre det. Det samme gør sig gældende, hvis en given GMO kan bidrage til at løse andre alvorlige problemer, bør man anvende den.

6.2.2. Bidraget til bæredygtighed kan ikke opveje problemerne ved GMO

Det er rigtigt, at det på flere områder er et problem, at vores levevis ikke er bæredygtig, så fx klimaforandringerne truer livsvilkårene for mennesker og natur. Derfor kan det være nødvendigt at acceptere løsninger, man ellers finder problematiske, som det mindste onde. Men problemerne ved at anvende en så radikalt unaturlig teknologi som genmodifikation er så store, at det i den store sammenhæng beskedne bidrag til modvirkning af klimaforandringerne, nogle GMO'er kan yde, ikke kan opveje dem. Det er utroværdigt at sætte sin lid til, at genteknologi kan yde et vigtigt bidrag til klima eller bæredygtighed i og med, at vi efter 30 år med GMO ikke har set overbevisende resultater i den retning. Der er andre redskaber, som fx ændrede forbrugsmønstre i retning af mere plantebaseret kost, som antagelig vil bidrage langt mere til bæredygtigheden, end genmodifikation af planter. Der er en tendens til at sætte urealistiske forhåbninger til, at teknologien kan løse alle problemer, så vi ikke behøver at lave om på den levevis, vi har vænnet os til, baseret på et ikke bæredygtigt, højt forbrug. Det skygger for erkendelsen af, at det, der skal til, er en grundlæggende ændring i levevis, og at vi vænner os til et langt lavere og mere bæredygtigt forbrug.

6.3 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er unaturligt

Når man spørger de europæiske borgere om deres syn på GMO, angiver 70 %, at de anser dette for at være unaturligt.⁴² Andre undersøgelser peger på, at mange laver en kobling mellem, at noget er unaturligt, og at det er forkert.⁴³ Modstanden kan begrundes sådan, at naturen og det naturlige har en værdi, som gør, at mennesker ikke bør ændre på den. Der kan være flere opfattelser af, hvad det er, mennesker ikke bør ændre på. Et bud kan være, at mennesker slet ikke bør prøve at beherske naturen og udnytte den til egne formål. Et andet bud er mere begrænset; at visse processer i naturen bør få lov at foregå uforstyrret af mennesker. Så selvom en skov er plantet af mennesker, kan den godt være naturlig, hvis væksterne i den får lov at udvikle sig uden for megen menneskelig indgriben. Forstået på den måde behøver det ikke at være for unaturligt, hvis mennesker ændrer planter ved traditionel forædling, fordi den antages at ligge tæt op ad de ændringer, naturen selv kunne have udviklet. I den forståelse bliver det, mennesker ikke bør give sig af med, helt at fravige naturens processer fx ved at indsætte gener fra andre arter.⁴⁴

Trods den store tilslutning til argumentet er det imidlertid vanskeligt at få præcis fat på, hvorfor det er forkert at gøre ting, som ændrer naturen eller bryder radikalt med dens normale evolution (se bilag om naturlige fødevarer). Det skyldes, at mennesker hver dag og hele tiden ændrer på naturen, fx ved at behandle sygdomme eller forædle planter og dyr, uden at det ses som forkert. Spørgsmålet bliver derfor, hvorfor genmodificering af planter er unaturligt på en måde, som er forkert, mens andre unaturlige handlinger ikke er forkerte. Herunder gengives nogle centrale argumenter for, at det er forkert at ændre radikalt ved naturen. Derefter nogle argumenter for det modsatte synspunkt: at det ikke i sig selv er forkert at ændre ved naturen:

6.3.1 Det er ikke forkert at ændre ved naturen, selv om naturen har værdi i sig selv

Vi ændrer hele tiden naturen, fx gennem traditionel forædling. Når der er klart naturlige ting, som fx kræftkuder eller flodbølger, vi anser for at være negative, og klart unaturlige ting, som fx blindtarmsoperationer eller computere, vi anser for at være positive, viser det, at naturlighed ikke kan anvendes som målestok for, om noget er godt eller dårligt. Dertil kommer, at det ikke er klart, hvordan man skal forstå 'det naturlige', endsige sætte en bestemt grænse og sige, at når vi overskrider den, bevæger vi os over i det 'for unaturlige'. Det er fx ikke sådan, at genteknologiske ændringer nødvendigvis er meget omfattende, og at den samme ændring aldrig ville kunne opstå af sig selv i naturen. CRISPR-teknologi kan anvendes til at lave store ændringer men også til ændringer, der svarer til dem, der laves i traditionel forædling (mutagenese) eller kan opstå spontant i naturen.

Men at naturen har værdi i sig selv, betyder ikke, at mennesker ikke kan ændre naturen. Det er et vilkår, at vi udnytter naturen, men vi skal selvfølgelig samtidig passe

42 European Commission. 2010. *Biotechnology report – Special Eurobarometer*

43 Scott S, Inbar Y, Wirz C, Brossard D and Rozin P. 2018. An Overview of Attitudes Toward Genetically Engineered Food. *Annual Review of Nutrition* no 38: 459–79

44 For mere om gradualistisk opfattelse af naturlighed se også: Sandin, Per. 2017. How to Label 'Natural' Foods: a Matter of Complexity. *Food Ethics*, Volume 1, Issue 2, pp 97–107

på den. Det betyder, at hvis vi påvirker naturen så meget, at det truer nuværende og kommende menneskers livsgrundlag, fx ved at forårsage temperaturstigninger over de 1,5°C over det præindustrielle niveau, eller hvis artsudryddelsen fortsætter med den eksisterende hastighed i biodiversitetskrisen, er det moralsk problematisk i alvorlig grad.

6.3.2. At ændre ved naturen er i modstrid med den værdi, naturen har i sig selv

Mennesket bør i højere grad søge at indrette sig på at leve i den givne natur frem for hele tiden at forsøge at omforme den, så den passer til vores ønsker, og med at betragte naturen udelukkende som en ressource. Det er forkert i sig selv, at mennesker konstant søger at underkaste naturen og ændre på den, og det har bragt os derhen, hvor vi er nu, med klimakrise og andre bæredygtighedskriser. Det er korrekt, at mennesker ikke kan undgå at ændre på naturen og udnytte den for selv at leve, men jo mere vi fjerner os fra det naturlige, og jo mere højteknologiske hjælpemidler, vi udvikler, jo mere problematisk er det.

Genteknologi er forkert, fordi den er mere unaturlig end traditionel forædling, og dermed et skridt længere i den forkerte retning. I forhold til klimakrisen og de øvrige kriser, mennesker har skabt, er genteknologien snarere en del af problemet end af løsningen. Den eneste vej frem er, at menneskene besinder sig på, at vi er en del af naturen, ikke naturens beherskere. Vi bør finde en måde at leve med den, fremfor at ændre mere og mere ved naturens balancer med de alvorlige konsekvenser, vi kan iagttage omkring os.

Lov om Etisk Råd angiver, at ”Respekt for naturen og miljøet hviler på den forudsætning, at naturen og miljøet har værdi i sig selv.” Medlemmerne tilslutter sig dette på det overordnede plan, som dog ikke indebærer en forpligtelse på bestemte filosofiske tilgange for det enkelt rådsmedlem.

7. RÅDETS ANBEFALINGER

7.1 Det er etisk problematisk at afvise GMO-sorter, hvis de kan bidrage til at afbøde eller løse væsentlige problemer, og der ikke er gode argumenter for at afvise dem

Nogle medlemmer (Morten Bangsgaard, Anne-Marie Axø Gerdes, Kirsten Halsnæs, Mia Amalie Holstein, Poul Jaszczak, Henrik Gade Jensen, Bolette Marie Kjær Jørgensen, Henrik Nannestad Jørgensen, Rune Engelbreth Larsen, Eva Secher Mathiasen, Rico Mathiesen, Jacob Giehm Mikkelsen, Lise von Seelen, Karen Stæhr og Signild Vallgård) finder, at der i dag findes en række eksempler på GMO'er, som viser lovende tegn på at kunne afbøde eller løse væsentlige problemer; vi har her vist to.

Medlemmerne finder, at der skal indføres et godkendelsessystem, som ikke lægger hindringer i vejen for GMO'er alene på grund af den *teknologi*, der er anvendt for at fremstille dem (proceskrav). I stedet bør der lægges vægt på *typen af egenskab*, en ny sort er tilført, sådan at kravet om risikovurdering skal gælde sorter, som har

øget sandsynlighed for at udgøre en risiko for menneskers helbred eller miljøet (produktkrav).

Siden GMO kom frem for over 30 år siden er meget sket: teknikkerne til genmodifikation er blevet bedre og meget mere præcise. 20 års dyrkning af herbicid- og insektresistente planter har ikke vist dokumenterede tilfælde af skader på mennesker eller natur, som skyldes genmodifikationen i sig selv.

I de 30 år er en række bæredygtighedsproblemer blevet mere akutte. Fx truer den globale opvarmning allerede på kort sigt millioner af menneskers livsvilkår, og bringes temperaturstigningerne ikke under kontrol, vil konsekvenserne for vores børn og børnebørn blive uoverskuelige. Dette bør tælle tungt i en etisk afvejning. GMO kan ikke i sig selv løse klimaudfordringen, men situationen er i dag så alvorlig, at alle redskaber bør tages i brug, medmindre der er vægtige argumenter for ikke at gøre det.

Vi har her beskrevet to typer af GMO'er, re-domesticering af vild tomat og af vild hvedegræs, som har en række gavnlige klimaegenskaber, og som der ikke ser ud til at være gode argumenter for ikke at tage i brug. Den ene er ændret ved hjælp af CRISPR, men uden at få tilført gener fra andre arter, der er alene tale om at 'slukke for' gener i planten (præcisions-mutagenese). Den anden vil kunne udvikles på samme måde, men er det ikke endnu.

Sådanne ændringer er meget tæt på de mutationer, som hele tiden sker i naturen af sig selv, så det er vanskeligt at se, at de kan opfattes som radikalt unaturlige. De behøver ikke i sig selv under kontrollerede forhold kollidere med naturens egenverdi eller forværre effekterne af generelle menneskelige negative påvirkninger i en geologisk epoke, flere og flere forskere betegner som Antropocæn – den tidsalder, hvor mennesket påvirker naturen langt mere end omvendt – frem for Holocæn, som er den officielle betegnelse for perioden siden sidste istid.

Ændringerne kunne i princippet opnås med traditionelle mutagenese-teknikker (selvom disse teknikker typisk ville ændre mere upræcist og langsommeligt), og må derfor ikke anses for mere risikable end ændringer, man i dag accepterer uden at kræve risikovurdering, fordi de erfaringsmæssigt har vist sig ikke at være risikable. At nye sorter kan udvikles hurtigere vha. CRISPR kan måske udgøre et problem, hvis deres egenskaber ikke risiko-vurderes; men en øget hastighed i sortsudvikling kan netop ses som en styrke i en situation med hastige klimaforandringer, hvor der kan være behov for at udvikle nye sorter på kort tid.

Som nævnt er en række andre argumenter, som ofte fremføres mod GMO, heller ikke relevante for de GMO'er, som er beskrevet i denne udtalelse: de er ikke udviklet eller patenteret af multinationale firmaer, de vil antagelig nedbringe frem for at fremme brugen af pesticider, vand og andre naturressourcer, og de har desuden andre gavnlige miljøeffekter såsom at kunne øge jordkvaliteten, begrænse erosion og tilføre jorden kulstof og struktur.

Eksemplerne viser, at argumenterne om, at enhver form for genmodificerede planter er mere unaturlige eller mere risikable, end planter udviklet ved traditionelle metoder, er uholdbare.

7.1.1 Fravær af særlige risici

Nogle af disse medlemmer (Morten Bangsgaard, Anne-Marie Axø Gerdes, Mia Amalie Holstein, Poul Jaszczak, Henrik Gade Jensen, Bolette Marie Kjær Jørgensen, Henrik Nannestad Jørgensen, Rune Engelbreth Larsen, Eva Secher Mathiasen, Jacob Giehm Mikkelsen, Lise von Seelen, Karen Stæhr og Signild Vallgård) *finder*, at fraværet af særlige risici er tilstrækkeligt til, at nye sorter bør godkendes.

7.1.2 Bidrager til en bæredygtig udvikling

Andre af medlemmerne (Kirsten Halsnæs, Rico Mathiesen) *finder*, at det bør være et egentligt krav ved godkendelsen af nye GMO'er, at de både må anses for ikke at være risikable og at de samlet set vil bidrage til en bæredygtig udvikling. De lægger vægt på at GMO må vurderes ift. de mulige positive konsekvenser i form af at skabe øget adgang til fødevarer, til fattigdomsbekæmpelse, sundhed og andre af FN's verdensmål, og til en positiv virkning på klimaet i form af nye afgrøder med en høj kulstofbinding. Dette skyldes, at man i demokratiske samfund bør reagere, når der på et område i længere tid har været så massiv folkelig modstand mod en teknologi, som tilfældet har været på GMO-området. Politikerne bør ikke overhøre en sådan modstand og lempe GMO-kravene, medmindre der er særligt gode argumenter for at gøre det. I den situation er fraværet af forhøjet risiko ikke tilstrækkeligt til at fravige kravet om udvidet risikovurdering. Der bør tillige stilles krav om, at sorten vil kunne bidrage til en bæredygtig udvikling.⁴⁵ Et sådant godkendelseskriterium kendes fra den norske genteknologilov.⁴⁶

Et stort flertal af rådets medlemmer *finder* således, at ikke alle GMO'er bør forbydes alene pga. den proces, genteknologi, som er anvendt til at fremstille dem. Nogle typer af GMO er forenelige med såvel fravær af særlige risici, som bidrag til bæredygtighed og respekt for naturens egne processer. Sådanne GMO'er bør man ikke afvise, eller lægge hindringer i vejen for ved at stille krav til risikovurdering af dem, som ikke stilles til lignende nye sorter udviklet med traditionelle metoder.

Derfor bør Danmark arbejde for, at godkendelsesprocedurerne ændres til at være *produktbaserede* (ser på organismens egenskaber og risici uanset tilblivelsesform) frem for *procesbaserede* (ser på metoden eller teknologien, som er anvendt til at modificere planten). Det bør være slutproduktet – kombinationen af egenskab, planteart og dyrkningsområde – som afgør, om en ny sort skal igennem en risikovurderingsproces, eller om den kan tages i brug efter en administrativ vurdering.

45 Se også Zetterberg, C and K Björnberg. 2017. Time for a New EU Regulatory Framework for GM Crops? *J Agric Environ Ethics* 30:325–347

46 Lov om framstilling og bruk av genmodifiserte organismer m.m. (genteknologiloven) fra 1993. Det angives i §10, at "Utsetting av genmodifiserte organismer kan bare godkjennes når det ikke foreligger fare for miljø- og helsemessige skadevirkninger. Ved avgjørelsen skal det dessuten legges vesentlig vekt på om utsettingen har samfunnsmessig nytteverdi og er egnet til å fremme en bærekraftig utvikling"

Et sådant system kan sammensættes på forskellig vis, og der er i de senere år fremkommet forskellige forslag. I Canada har man et godkendelsessystem, der er baseret på vurdering af slutproduktet. Alle såkaldte *planter med nye egenskaber* skal godkendes, uanset hvilken teknologi som er anvendt til at fremstille dem.⁴⁷ I Norge har man længe haft et godkendelsessystem, hvor krav til samfundsnytte, bæredygtighed og etik har central betydning for godkendelse af GMO. Det norske Bioteknologiråd har netop fremsat et forslag til en ny godkendelsesprocedure for GMO (såvel planter som dyr), der har tre niveauer for krav til godkendelse, afhængigt af den genetiske ændring, der er foretaget.⁴⁸ Andre forslag til ændring af godkendelsesprocedurerne er kommet fra den hollandske regering, som foreslår at undtage planter frembragt med såkaldte *New Plant Breeding Techniques* herunder CRISPR, hvis de må anses for mindst lige så sikre, som planter frembragt ved traditionel forædling.⁴⁹

Det Etske Råd lægger vægt på, at hovedfokus i bedømmelsen af, hvilke nye sorter som skal risikovurderes, ligger på karakteren af den tilførte ændring, ikke på den anvendte teknik.

7.2 Det er etisk problematisk at anvende genteknologi til at ændre ved planter.

Et medlem (Herdis Hansen) finder, at genteknologi er eksponent for en tankegang, der grundlæggende ser målet for mennesker som stadig at øge beherskelsen af naturen, og den muliggør en langt mere omfattende indgriben i naturens egne processer, end traditionel forædling.

Denne form for naturbeherskelse er forkert, fordi den ikke respekterer den værdi, naturen har i sig selv. Derfor bør teknologien ikke anvendes, og de europæiske politikere bør lytte til flertallene i deres befolkninger og respektere deres ønske om at undgå genmodificerede fødevarer.

Medlemmet anerkender, at klimaforandringerne er alvorlige, og at det er væsentligt at finde metoder til at holde de globale temperaturstigninger under 1,5°C over det præindustrielle niveau. Det betyder imidlertid ikke, at genmodifikation vil være et velegnet redskab til at nå dette mål.

Gennem historien har mennesker hele tiden øget deres beherskelse af naturen, og vi er nu nået et stade, hvor man har forslået at døbe vores tidsalder *antropocænen* – den tidsalder, hvor mennesket påvirker naturen langt mere end omvendt.

47 Se kriterierne her: <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/eng/1300137887237/1300137939635>

48 Bioteknologirådet. 2018. *Forslag til oppmykning av regelverket for utsetting av genmodifiserte organismer.*

49 The Netherlands Ministry of Infrastructure and the Environment. 2017. *Proposal for discussion on actions to improve the exemption mechanism for genetically modified plants under directive 2001-18-EC.* Se desuden forslag fra Bioøkonomierat. 2018. *Genome editing, Europe needs new genetic engineering legislation - preliminary version*

Klimaforandringerne er kun ét af resultaterne af denne tilgang til naturen og den manglende respekt for dens balancer. Det er menneskers konstante forsøg på at underkaste naturen og ændre på den, der har bragt os derhen, hvor vi er nu. Genteknologi er eksponent for denne tilgang til naturen; den er mere unaturlig end traditionel forædling, fordi den muliggør et brud med de processer, som foregår i naturen. Med genteknologi kan mennesker 'kortslutte' de evolutionære mekanismer, og introducere ændringer, som ikke ville kunne opstå i naturen uden menneskelig indgriben. Ved at fjerne sig længere fra de naturlige processer, går genteknologi yderligere et skridt i den forkerte retning.

Naturen og det naturlige har værdi i sig selv, og mennesket bør i højere grad søge at indrette sig på at leve i den givne natur frem for hele tiden forsøge at omforme den, så den passer til vores ønsker.

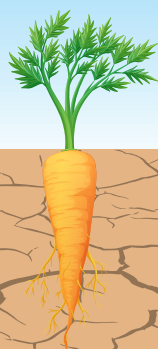
Bekæmpelse af klimaforandringerne kræver et radikalt anderledes natursyn og en meget mindre materialistisk livsform. Det er nødvendigt med et opgør med den tankegang, der ser 'det gode liv' som afhængigt af forbrug, som er helt løsrevet fra, hvad naturgrundlaget kan bære. Den eneste løsning er, at vi begynder at tilpasse vores levevis til naturens balancer og respekterer de begrænsninger, naturgrundlaget sætter. En så grundlæggende unaturlig teknologi som genmodificering kan ikke tilbyde løsninger på disse problemer, for den er i sig selv eksponent for den tankegang, at naturen skal ændres for at imødekomme vores behov.

Der findes ingen lette løsninger eller teknologiske fix, som kan løse problemet med klimaforandringerne eller nogen af de øvrige komplekse kriser, som FN's klimamål adresserer. At foregive, at genteknologi kan udgøre sådan et teknologisk fix, risikerer bare at fjerne fokus fra det egentlige problem og forhale erkendelsen af, at helt grundlæggende ændringer er nødvendige.

Medlemmet kan således ikke støtte bestræbelser på at lempe på godkendelses-systemet for GMO. Et system baseret på produkt- frem for proces-godkendelse vil uvægerligt føre til, at en række GMO'er vil blive udsat i naturen med kun en overfladisk risikovurdering. Dette er ikke i overensstemmelse med forsigtigheds-princippet og respekterer ikke den store modstand, som borgerne i EU nærer mod genmodificerede fødevarer.

Udtalelse fra Det Ethiske Råd

BAGGRUNDS- NOTATER



DET
ÉTISKE
RÅD

1. GENTEKNOLOGISK ”RE-DOMESTICERING” SOM ET REDSKAB I FORHOLD TIL KLIMAUDFORDRINGEN

Hvad er udfordringen?

De sorter, der i dag er til rådighed, er som nævnt på flere måder utilstrækkelige set i lyset af en række aktuelle udfordringer. I en verden med et forandret klima, pres på natur og miljø og voksende befolkningstal, er der behov for, at planteproduktionen er bedre *klimatilpasset* – fx bedre kan klare lange perioder med skiftevis lidt og meget vand eller andre former for mere ekstremt klima – og *klimabeskyttende*, fx ved at binde mere kulstof i planterne eller i jorden. Desuden er der brug for, at de er relativt højtydende, så der kan produceres mere på et mindre areal, og de frigjorte landbrugsarealer i stedet kan tilplantes med skov, som binder CO₂. Samtidig skal landbrugets pres på natur og miljø helst begrænses.

Både konventionel og økologisk produktion er et godt stykke fra at leve op til disse krav. Konventionel produktion er højtydende men miljøbelastende; økologisk produktion er ofte mere skånsomt over for miljøet, men yder et mindre udbytte per hektar eller per dyr og kræver derfor mere areal, der kunne være brugt til fx skov. Begge kan vise sig at opleve en betydelig udbyttenedgang, hvis der ikke udvikles sorter, der er mere klimarobuste.

Mange af de egenskaber, der efterspørges, kan dog frembringes eller findes allerede, nemlig i de oprindelige vilde slægtninge, som de kommercielle varianter engang blev udviklet fra. Eller i vilde plantearter, der hidtil ikke er blevet udviklet til moderne fødevarerproduktion. Det har givet forskerne den idé, at man, frem for at avle videre på de nuværende afgrøder, tager udgangspunkt i disse vilde arter – såkaldt *de novo* domesticering eller oversat til dansk ”re-domesticering”. I det følgende introduceres to eksempler på de forhåbninger, muligheder og barrierer, der knytter sig til denne idé.

Det er værd at bemærke, at de udfordringer, der her nævnes, også kan blive forsøgt løst på mange andre måder, fx gennem traditionel forædling eller ved at kødforbruget nedsættes. Alle løsninger har dog deres udfordringer.

Re-domesticering af tomat ved hjælp af CRISPR

Når du i dag står i supermarkedet og vælger en tomat, kan du vælge mellem mange forskellige former, smage, farver og størrelser. De er dog alle temmelig forskellige fra den oprindelige tomat, de kommer fra. Den vokser i Sydamerika – en lang ranglet plante med tomater på størrelse med ribs. Man kan nogle gange købe dem som netop ”ribstomater” (*Solanum pimpinelliflorum*).

Ribstomat har dog nogle smagsnuancer, en levedygtighed (fx salt- og tørketolerance) og en robusthed over for skadelige organismer, den moderne tomat (*Solanum lycopersicum*) har tabt undervejs i forædlingsarbejdet. Formentlig fordi man primært har fokuseret på at fremavle tomater med hyldeholdbarhed, størrelse, robusthed over for at sprække, evnen til at modne hele klasen samtidig, osv.

Sådanne egenskaber er vigtige i moderne planteavl, men med tabet af robusthed og behovet for et højt udbytte, har man haft behov for at udvikle den intensive dyrkning, der i vidt omfang involverer brug af gødning og pesticider, og som derfor kan påvirke miljø, natur og sundhed negativt. Sorter med den oprindelige arts robusthed vil typisk være mindre vandings-, gødnings- og pesticidkrævende.

Man kan naturligvis fortsætte forædlingen af de moderne sorter, men især robustheden er vanskelig at fremavle eller overføre via genteknologi, da den skyldes et samspil af mange gener, som er udvalgt gennem millioner af års evolution.

De senere års sekventering af afgrødegenomer har lidt overraskende vist, at mange af de egenskaber, der har gjort moderne afgrøder kommercielt attraktive, til gengæld er genetisk enkle og dermed nemmere kan overføres vha. genteknologi. De skyldes nemlig, at enkeltgener er blevet slået i stykker. I den moderne tomat har man således identificeret en række mutationer, som øger udbyttet i forhold til den oprindelige tomat. Sådanne gener, der gennem tiden er blevet selekteret gennem forædling, kaldes *domesticeringsgener*.

Det har affødt en idé om at mutere domesticeringsgener i oprindelige afgrøder frem for, som i dag, at tilføre den moderne afgrøde nye gener, fx fra den oprindelige vilde slægtning. Udfordringen ved at anvende krydsningsforædling er dels, at det vil tage lang tid, dels at man nemt taber mange af de gode gener undervejs, som måske ikke engang er kortlagt. Mutagenese egner sig primært til at udvikle helt ny genetisk variation.

I 2018 viste forskere, at man vha. CRISPR-Cas9 med stor præcision kan give den oprindelige tomat en række domesticeringsgener. Ved alene at mutere seks gener i den vilde tomat, *S. pimpinelliflorum*, skabte de en tomat, der er væsentligt tættere på en moderne tomat – men med smag og robusthed som den oprindelige tomat⁵⁰. Større tomater kunne opnås ved alene at mutere de genetiske kontrolelementer, der bestemmer domesticeringsgenernes aktivitet⁵¹.

Udviklingen skyldes ikke mindst CRISPR-Cas9, der gør det muligt at ”programmere” præcist, hvor i arvemassen der skal ændres, og hvilken ændring der skal gennemføres. CRISPR kan desuden bruges til at ændre flere gener på én gang (”multiplexing”).

50 Zsögön, Agustin et al. 2018. De novo domestication of wild tomato using genome editing. *Nature Biotechnology*. 36: 1211-1216
Li, Tingdong et al. 2018. Domestication of wild tomato is accelerated by genome editing. *Nature Biotechnology*. 36: 1160-1163

51 Rodríguez-Leal D, Lemmon ZH, Man J, Bartlett ME, Lippman ZB. (2017). Engineering quantitative trait variation for crop improvement by genome editing. *Cell* 171:470-480

DOMESTICERING AF VILDE PLANTER

Den hvede, der dyrkes på markerne, er karakteristisk for størstedelen af de afgrøder, der dyrkes i dag: Hvis man skal opnå et tilfredsstillende udbytte, kræver de regelmæssig nedbør, betydelig tilførsel af næringsstoffer og effektiv bekæmpelse af ukrudt og skadedyr, m.m. Det skyldes som nævnt bl.a. den forædlingsproces, afgrøden har været igennem. I hvedes tilfælde ikke mindst valget af én-årige varianter, der skal høstes/genplantes på ny hvert år. Sådanne planter danner et begrænset rodnet, og bruger de fleste kræfter på at udvikle relativt store kornaks.

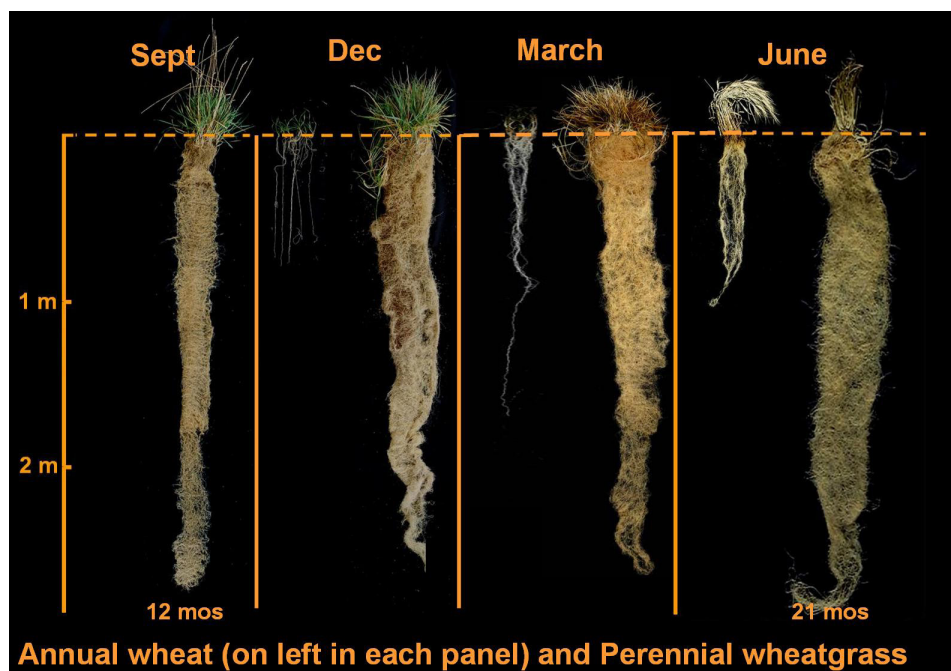
Hvede hører til græsfamilien, der består af over 4.000 arter, herunder velkendte afgrøder som majs, ris, rug, byg og havre.

Intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) er en nærtbeslægtet art, der ikke er udviklet som en højtydende afgrøde. Den er dog ikke mindst interessant set i sammenhæng med de udfordringer, der blev nævnt oven for. Den er nemlig flerårig og kan ligesom plænegræs ”klippes”, idet vækstpunktet (meristemet) forbliver intakt, fordi det sidder ved overgangen til rødderne nede ved jorden. Man høster altså ikke rødderne og pløjer ikke, og planten danner et bunddække. Det giver en række fordele for både landmand, miljø og klima. Udviklingen af et stort rodnet (op til 3 meter dybt) gør:⁵²

- at planten kan overleve lange perioder med begrænset nedbør og dermed er bedre tilpasset de vejrudsving, global opvarmning medfører
- at planten er bedre til at indfange næringsstoffer, hvilket stiller mere begrænsede krav om tilførsel af gødning og giver mindre udvaskning af næringsstoffer
- at mere kulstof bindes i jorden til gavn for klimaet
- at ukrudtsplanter har sværere ved at finde fodfæste, hvilket reducerer behovet for ukrudtsmidler eller manuel lugning
- at landmanden kan undgå mange ture gennem markerne med gødning, pløjning, harvning, osv., der udleder CO₂ og er tidskrævende. Mindre forædlede planter er typisk også mere robuste over for skadelige organismer, fordi de er afhængige af at have et naturligt forsvar. Det kan begrænse behovet for sprøjtning med pesticider
- at jordkvaliteten øges, fordi rødderne begrænser erosion og tilfører kulstof og struktur, og jorden ikke presses sammen af hyppig kørsel med maskiner

52 Lubofsky, E. 2016. The promise of perennials: Working through the challenges of perennial grain crop development. *CSA News*. Vol. 61, no. 11: 4-7

Figur 1: Forskelle i rodstørrelse på enårig og flerårig hvede i løbet af et år



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:4_Seasons_Roots.jpg

Det er desværre udfordrende at få sådanne planter til at yde på en økonomisk bæredygtig måde, da de ikke som moderne kornsorter har været igennem hundrede- eller tusindvis af års af forædlingsarbejde. Her er nogle af de udfordringer, forædlerne kæmper med i sammenhæng med Intermediate wheatgrass:

- lille størrelse af korn, som både giver et lille udbytte (ca. en fjerdedel af moderne hvede) og besværliggør høst
- at kornet slås ned i dårligt vejr – for at få større frø, er man ofte nødt til at fremavle højere planter, men højere planter tipper nemmere ned, så akset knækker eller kommer til at hænge nedad, hvilket dels stopper deres vækst, dels gør høst vanskeligt
- ustabil udbytte – planternes udbytte dykker efter to-tre år og vil formentlig maksimalt kunne dyrkes fem år ad gangen. Især når de efter nogle år danner et tæt vækstlag, begrænser de deres frøproduktion

I 2016 har man udviklet den første kortlægning af genomet for *Intermediate wheatgrass*⁵³, som fremadrettet vil kunne bruges til at holde styr på forholdet mellem gener og egenskaber under forædlingsarbejdet, uanset om dette foregår vha. genteknologi eller ved traditionel forædling. Sammen med et kendskab til hvedens domesticeringsgener muliggør det en langt mere målrettet forædlingsproces.

53 Kantarski, Traci et al. 2017. Development of the first consensus genetic map of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) using genotyping-by-sequencing. *Theoretical and applied genetics*. Vol. 130, 1: 137-150

Det løser dog ikke det problem, at det kan vise sig vanskeligt og tidskrævende gennem konventionel forædling at udvikle en sort, der har alle egenskaberne til at gøre den både kommercielt brugbar og klimavenlig. Man har på forskellige vis forsøgt at krydse wheatgrass med andre hvedevarianter som spelt, men de varianter, der har opnået en markant udbyttefremgang, har fx mistet flerårigheden. Igen her kunne man forestille sig, at man kunne bruge CRISPR til at domesticere afgrøden gennem målrettede mutationer af domesticeringsgener, og uden tab af gode gener undervejs i krydsningsarbejdet. Uanset hvilken forædlingsteknik, man vælger, er det usandsynligt, at man vil kunne fremavle en plante med alle de nævnte fordele og samtidig et udbytte som moderne hvede. Men man vil kunne arbejde sig nærmere dette mål, og brugen af CRISPR vil kunne gøre det hurtigere og mere præcist.

Er præcisionsmutagenese vha. CRISPR mere usikkert end traditionel forædling?

Det har mødt kritik, at brugen af CRISPR til at mutere fx domesticeringsgener i vilde arter er underlagt en langt mere restriktiv lovgivning end traditionel forædling, jf. oven for. Diskussionen har i høj grad gået på, hvor stor risikoen er for utilsigtede mutationer, der i princippet kunne have uventede negative effekter på miljø eller sundhed.

Det er således velkendt, at CRISPR kan komme til at foretage mutationer andre steder end der, hvor den skulle. Over for dette har tilhængere påpeget, at denne usikkerhed under alle omstændigheder er langt mindre end den, der gælder mutageneseteknikken, som ikke er underlagt den restriktive GMO-lovgivning – og som i øvrigt ikke har medført oplagte skader. Faktisk ser det ud til, at omfanget af utilsigtede mutationer ikke behøver at være større end det, der opstår spontant ved fx de løbende celledelinger under en plantes vækst, fx pga. solens UV-stråler.

I det følgende beskrives forskellene mere udførligt.

Mutagenese – mange ukendte mutationer

Mutagenese ved stråle- og kemikaliebehandling rammer tilfældigt og – afhængigt af dosis – giver anledning til mange mutationer i hver plante på en gang.⁵⁴ Et regnestykke med udgangspunkt i brødhvede kan illustrere antallet af mutationer, der kan blive resultatet af induceret mutagenese. I et kontrolleret forsøg med brødhvede resulterede en ikke-skadelig dosis af kemikaliet ethylmethansulfonat (EMS), der hyppigt anvendes til induceret mutagenese, i størrelsesordenen 42 mutationer per 1 million basepar i DNA'et.⁵⁵ Den haploide arvmasse i brødhvede (dvs. alene arvmassen fra den ene forælder) består af 16 gigabaser (Gb),⁵⁶ hvilket er det samme som 16.000 millioner basepar. Det betyder, at efter endt EMS behandling i dette forsøg er brødhvedens arvmasse forsynet med 16.000 x 42 mutationer, i alt 672.000 mutationer.

54 Parry MAJ, Madgwick PJ, Bayon C, Tearall K, Hernandez-Lopez A, Baudo M, Rakszegi M, Hamada W, Al-Yassin A, Ouabbou H, Labhili M, Phillips AL. (2009). Mutation discovery for crop improvement. *Journal of Experimental Botany* 10; 2817-2825

55 Slade AJ, Fuerstenberg SI, Loeffler D, Steine MN, Facciotti D. (2005). A reverse genetic, nontransgenic approach to wheat crop improvement by TILLING. *Nature Biotechnology* 23, 75–81.

56 International Wheat Genome Sequencing Consortium (IWGSC). (2018). Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. *Science* 361:6403.

Antallet af mutationer afhænger af plantearten, mutationskilden og dens dosis. Byg, fx tåler en mindre dosis fordi den har et mindre antal kopier af hvert gen end hvad hvede har (hvede er hexaploid, hvor byg er diploid). I byg resulterede eksempelvis en ikke-skadelig dosis af EMS i 1 mutation per 1 million basepar⁵⁷. Arvemassen i byg er på 5 gigabaser⁵⁸. Således vil der efter endt EMS behandling være omtrent $5.000 \times 1 = 5.000$ mutationer i hver plante, hvilket stadig er et betragteligt antal. I alle tilfælde gælder det derfor, at for at kunne få én mutation, der har en effekt, man måtte være interesseret i, er prisen, at man får en stor mængde af andre og tilfældige mutationer i plantens arvemasse.

Ved efterfølgende forædling avler man videre på de planter, der måtte have fået en ønsket egenskab. Dette sker ved tilbagekrydsning til et ophav, der ikke er blevet muteret, og herved kan en stor del af de utilsigtede mutationer fjernes. Det er imidlertid ikke praksis inden for traditionel mutationsforædling at dokumentere, i hvor høj grad dette mål er nået. Reelt kender man ikke effekten af alle de utilsigtede mutationer, der måtte være tilbage, selv efter selv et omfattende tilbagekrydsningsprogram. Man må antage, at de fleste af de utilsigtede mutationer, der er til stede når planten markedsføres, findes i den del af plantens DNA, der ikke har en funktion (nonsense-DNA), ellers ville planten ikke være konkurrencedygtig med andre sorter. Men selv om en mutation ikke har en åbenlys effekt på plantens egenskaber, vil den kunne have svækket en egenskab hos planten, som er vigtig for dens overlevelse i konkurrence med raske planter. Vores kulturplanter er således langt mindre robuste i naturen end deres vilde slægtninge, fx fordi de har tabt resistensen mod plantesygdomme, og dette kan være et utilsigtet resultat af forædlingsprocessen – nemlig tab af naturlige egenskaber.^{59,60}

Sådan tab af egenskaber i forædlingsprocessen behøver ikke at være et nyt fænomen. Fx bærer den ris, der dyrkes i Kina og Japan (*japonica* varieteten), på en mutation, der har ødelagt et protein, der er vigtigt for en effektiv kvælstofoptagelse.⁶¹ Dette protein er intakt i den ris, der dyrkes i Indien (*indica* varieteten), og forklarer, hvorfor den indiske form har et langt mindre behov for kvælstofholdig gødning end den ris, der dyrkes i Kina og Japan. Hvordan og hvornår mutationen er opstået, ved man ikke.

57 Caldwell DG, McCallum N, Shaw P, Muehlbauer GJ, Marshall DF, Waugh R. (2004). A structured mutant population for forward and reverse genetics in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Journal* 40:143-50.

58 Mascher M *et al.* (2017). A chromosome conformation capture ordered sequence of the barley genome. *Nature* 544:427-433.

59 Bevan MW, Uauy C, Wulff BB, Zhou J, Krasileva K, Clark MD. (2017). Genomic innovation for crop improvement. *Nature* 543:346-354.

60 Palmgren MG, Edenbrandt AK, Vedel SE, Andersen MM, Landes X, Østerberg JT, Falhof J, Olsen LI, Christensen SB, Sandøe P, Gøbbel C, Kappel K, Thorsen BJ, Pagh P. (2015). Are we ready for back-to-nature crop breeding? *Trends in Plant Science* 20:155-64.

61 Hu B, Wang W, Ou S, Tang J, Li H, Che R, Zhang Z, Chai X, Wang H, Wang Y, Liang C, Liu L, Piao Z, Deng Q, Deng K, Xu C, Liang Y, Zhang L, Li L, Chu C. (2015). Variation in NRT1.1B contributes to nitrate-use divergence between rice subspecies. *Nature Genetics* 47:834-8.

CRISPR-baseret præcisions-mutagenese

Af det foregående fremgår det, at hvis man er bekymret for utilsigtede bivirkninger af en enkelt mutagenese-ændring udført med CRISPR-teknologi, burde man være mere nervøs for utilsigtede bivirkninger ved at lave mange tilfældige og ukontrollerede mutationer, som tilfældet er ved traditionel mutagenese.⁶²

Omfanget af utilsigtede mutationer (såkaldte *off-target* mutationer) ved anvendelse af CRISPR i planter er endnu ikke helt fyldestgørende undersøgt, da metoden jo er ret ny. *Off-target* mutationer giver anledning til bekymring, når metoden anvendes på mennesker, men er et mindre problem i planter, da de efterfølgende undersøges, og planter uden utilsigtede mutationer udvælges. De foreløbige resultater tyder dog på at CRISPR-metoden er særdeles præcis ved brug i planter. Som i andre biologiske systemer afhænger præcisionen af et omhyggelig design af det guideRNA⁶³, der leder det klippende enzym mod sit mål.^{64,65}

I et forsøg med modelplanten *Arabidopsis thaliana* blev CRISPR værktøjet sat til at mutere 14 forskellige gener samtidigt i arvemassen, og efterfølgende blev hele arvemassen sekventeret på både ophavet og mutanten for at detektere mulige *off-target* mutationer.⁶⁶ I dette forsøg kunne ingen *off-target* mutationer forårsaget af CRISPR detekteres. *Off-target* mutationer forårsaget af CRISPR kunne heller ikke detekteres i et forsøg på tomat, hvor et gen var blevet muteret, og hele arvemassen efterfølgende var blevet sekvenseret i ophavet og mutanten og sammenlignet.⁶⁷ Dette udelukker dog, ikke at *off-target* mutationer kan forekomme.

I et andet forsøg med tomat viste det sig fx, at et større område end tilsigtet var blevet klippet bort fra omkring det sted, som CRISPR var dirigeret hen til.⁶⁸ Imidlertid må omfanget af de *off-target* mutationer, der måtte opstå som følge af brug af CRISPR i planter, forventes at være meget lavt, og på ingen måde sammenligneligt med antallet af *off-target* mutationer i traditionel mutagenese.

62 Mutationerne i traditionel mutagenese opstår langt hurtigere (i løbet af minutter eller timer) end når der genediteres (hvilket tager måneder eller år). Det der tager tid ved traditionel mutagenese er tilbagekrydsninger. Der er ikke noget krav om antallet af tilbagekrydsninger og der kontrolleres aldrig at der er renset ud i *off-target* mutationerne (simpelthen fordi de aldrig bliver registreret).

63 Læs evt. mere om opbygningen af CRISPR i Det Etske Råds undervisningsmateriale om brugen af CRISPR i landbruget her: <http://www.etiskraad.dk/etiske-temaer/natur-klima-og-foedevarer/undervisning-til-gymnasieskolen/gmo/genetisk-modifikation-af-planter>

64 Endo M, Mikami M, Toki S. (2015). Multigene knockout utilizing *off-target* mutations of the CRISPR/Cas9 system in rice. *Plant and Cell Physiology* 56:41-7.

65 Zischewski J, Fischer R, Bortesi L. (2017) Detection of on-target and off-target mutations generated by CRISPR/Cas9 and other sequence-specific nucleases. *Biotechnology Advances* 35:95-104.

66 Peterson BA, Haak DC, Nishimura MT, Teixeira PJPL, James SR, Dangl JL, Nimchuk ZL (2016). Genome-wide assessment of efficiency and specificity in CRISPR/Cas9 mediated multiple site targeting in *Arabidopsis*. *PLoS ONE* 11: e0162169.

67 Nekrasov V, Wang C, Win J, Lanz C, Weigel D, Kamoun S. (2017) Rapid generation of a transgene-free powdery mildew resistant tomato by genome deletion. *Scientific Reports* 7:482.

68 Rodríguez-Leal D, Lemmon ZH, Man J, Bartlett ME, Lippman ZB. (2017). Engineering quantitative trait variation for crop improvement by genome editing. *Cell* 171(2):470-480.

Da antallet af *off-target* mutationer i CRISPR-redigerede er mindre end i planter, der har været udsat for traditionel mutagenese, og taget i betragtning at det ikke efterfølgende kan detekteres om mutationerne er opstået på den ene eller den anden måde, har mange forskere (se fx ^{69,70,71}) appelleret til, at mutagenese udført med præcisionsteknologi som CRISPR ikke udsættes for strengere sikkerhedskrav, end de der gælder for mutagenese udført med bestråling eller kemi.

Genetisk modifikation vha. CRISPR – ”præcisionsmutagenese”

Teknikken fremkalder små målrettede mutationer i plantens arvemasse, der typisk deaktiverer et gen. Fx medfører deaktivering af et bestemt væksthæmmende gen i tomat, at den får de store frugter, vi kender fra moderne tomatavl. Fra naturens side er tomaten et lille bær på få gram, hvis vækst holdes nede af det gen, der er muteret i den kultiverede tomat.

Trans-/cisgen modifikation – ”gensplejsning”

Teknikken indfører hele gener i plantens arvemasse. Genet kan komme fra en anden art (transgen), fx kommer det gen, der gør visse GMO-afgrøder resistente imod ukrudtsmidlet Roundup, fra en bakterie; eller fra samme art (cisgen).

Traditionel mutagenese – kemisk/fysisk mutagenese

Teknikken involverer, at frø fra planten udsættes for bestråling eller en mutationsfremkaldende væske, der forårsager tusinder af mutationer, som er spredt tilfældigt over plantens arvemasse. Mange gener bliver ødelagt eller evt. ændret, og man håber her på, at en af disse er gavnlige. Formålet er altså at skabe nye værdifulde egenskaber.

Andre traditionelle forædlingsteknikker

De ældste former for forædling går på, at man baserer det følgende års frøproduktion på et udvalg af de bedste afkom (fx de største korn), eller at man krydser de bedste planter med hinanden (krydsningsforædling). Traditionel forædling benytter sig af en række molekylære teknikker, herunder nogle der medfører markante genetiske ændringer i planterne. Et eksempel er induktion af triploiditet (et helt ekstra sæt af kromosomer i hver celle ud over de to, der er fra mor og far), som gør bananer og agurker sterile, hvilket gør, at de ikke rummer kerner.

69 <http://www.sciencemediacentre.org/expert-reaction-to-court-of-justice-of-the-european-union-ruling-that-gmo-rules-should-cover-plant-genome-editing-techniques/>

70 Wight AJ. (2018). Strict EU ruling on gene-edited crops squeezes science. *Nature* 563:15-16.

71 Jansson S. (2018). Gene-edited plants on the plate: the ‘CRISPR cabbage story’. *Physiologia Plantarum* 164:396-405.

2. BAGGRUNDSNOTAT OM NATURLIGE FØDEVARER

I mange sammenhænge hører man det argument i diskussioner, at noget er forkert, fordi det er 'unaturligt.' Historisk er argumentet brugt imod alt fra homoseksuelle forhold til brug af diverse sygdomsbehandlinger som fx kunstig befrugtning. På fødevarerområdet lægges der stor vægt på, om fødevarer er naturlige. I de fleste situationer er det imidlertid ret uklart, hvordan man skal forstå 'det naturlige' og hvad der gør noget 'unaturligt.' Det er desuden uklart, hvorfor noget er forkert, fordi det kan ses som unaturligt.

På fødevarerområdet bliver 'naturlighed' anset som en væsentlig værdi, og alle producenter prøver at fremstille deres produkter som 'naturlige', fordi forbrugerne udtrykker en stærk præference for naturlig mad, og tager afstand fra fødevarer, som opfattes som unaturlige. Når forbrugerne afviser genmodificerede fødevarer, angiver de oftest 'unaturlighed' som begrundelsen, og 70 % af europæerne anså i en meningsmåling GMO for at være unaturlige.⁷²

Nogle undersøgelser udført af psykologer viser, at forbrugernes præference for naturen og det, at noget er naturligt, til dels begrundes i hensyn som, at naturlige fødevarer opfattes som sundere, renere og at de smager bedre. Men derudover angiver mange også, at de ville foretrække en minimalt bearbejdet og dermed mere naturlig vare, selvom den var kemisk identisk med en anden vare, som mennesker havde spillet en større rolle i at fremstille. Det fortolkes sådan, at det, at noget er naturligt, i sig selv opfattes som en værdi af forbrugerne.⁷³

Meget tyder imidlertid på, at der bag denne tilsyneladende tilslutning til et ideal om naturlighed gemmer sig et væld af forståelser af, hvad 'natur' betyder, og hvornår noget er 'naturligt'. Det kan være en fordel at gøre sig disse underliggende uenigheder klart, så de forskellige debattører ikke taler forbi hinanden. For før vi kan diskutere, om det naturlige er værdifuldt etisk set, er det nødvendigt at vide, hvad vi taler om, når vi taler om det naturlige.

Selvom begrebet bruges meget ofte, findes der ikke nogen almindelig anerkendt definition af, hvad naturen eller 'det naturlige' er. I stedet defineres det oftest ved det, det ikke er. Den skotske filosof, David Hume (1711-1776) konstaterede, at naturen oftest ses som modsætningen til:

1. Det mirakuløse eller overnaturlige
2. Det civiliserede/menneskeskabte
3. Det kunstige

⁷² European Commission. 2010. Biotechnology. Special Eurobarometer 341. <http://ec.europa.eu/COMMFrontOffice/PublicOpinion/index.cfm/ResultDoc/download/DocumentKy/55674>

⁷³ Rozin, Paul et al. 2004. Preference for natural: instrumental and ideational/moral motivations, and the contrast between foods and medicines. *Appetite Volume 43 (2): 147-54*; Rozin, Paul et al. 2005. The Meaning of «Natural», Process More Important Than Content. *American Psychological Society Volume 16 (8)*

Hvis naturen skal forstås som det modsatte af det overnaturligt, og man afviser, at det overnaturlige findes, så er alting i verden naturligt. Så det er nok ikke det, de fleste mener, når de taler om det naturlige.

Hvis det naturlige derimod skal forstås som det modsatte af det, mennesker har skabt (civilisationen), så er det naturlige det, der ikke er påvirket af mennesker. Men det gælder i dag kun nogle få urskove og fjerne naturområder, og intet i Danmark vil være omfattet af den definition.

Andre har forsøgt en yderligere indkredsning af, hvor megen menneskelig involvering, der kan accepteres, før noget ikke længere opfattes som naturligt. Det naturlige kan forstås som:

- *Det vilde* forstået som det uopdyrkede land, de utæmmede husdyr, de ikke-forædlede planter
- *Det landlige* forstået som modsætningen til det urbane, altså også landbrugsarealer og kulturlandskaber
- *Det grønne* forstået som det levende, lavteknologiske og organiske, det som fandtes før den industrielle revolution. Det findes også i byer i form af fx parker, husdyr og potteplanter. Kategorien omfatter også høvlet træ, læder og bomuld men ikke mere syntetiske produkter som spånplader, nappa og akryl
- *Det fysiske* forstået som det, naturvidenskaben kan beskrive, modsat det subjektive, sociale og kulturelle. Den menneskelige krop hører her med til naturen, mens den menneskelige tænkning og videnskaben står udenfor⁷⁴

Som disse kategorier viser, ligger folks accept af, hvor megen menneskelig indgriben, der kan accepteres, før noget bliver unaturligt, på et spektrum fra ingen indgriben overhovedet til de typer af indgreb, man så indtil bestemte historiske perioder, fx indtil den industrielle revolution. Men med alle disse bud, hvordan så finde frem til en fælles forståelse af 'det naturlige', som de fleste kan tilslutte sig?

Hume foreslår at se det naturlige som modsætningen til det kunstige, hvor det kunstige forstås som det, der er skabt af mennesker *med et bestemt mål for øje*. Et forslag til en definition med dette udgangspunkt er:

*Noget er kunstigt hvis det i det mindste delvist er resultatet af menneskers formålsbestemte handlinger.*⁷⁵

Det naturlige er så alt det, der ikke er resultatet af sådanne handlinger. Men er mennesker så ikke naturlige, de er jo ofte resultatet af, at andre mennesker – deres forældre – bevidst har handlet med det formål at få børn? Og er klimaforandringerne så naturlige i og med, at de ikke er resultatet af noget, mennesker gør bevidst, men er uønskede konsekvenser af andre ting, mennesker gør?

74 Fink, Hans. 2003. Et mangfoldigt naturbegreb. I *Naturens værdi. Vinkler på danskernes forhold til naturen*, redigeret af Peter Agger et al. København: Gads forlag

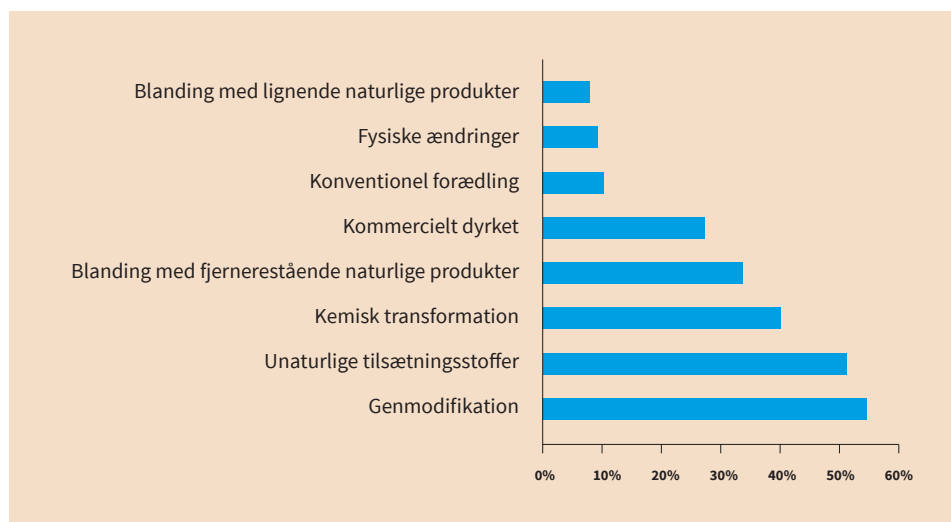
75 O'Neill, John et al. 2008. *Environmental values*. Routledge introductions to Environment Series

Det er altså i realiteten meget vanskeligt at finde en betydning af naturligt, der indfanger de mange måder, begrebet bruges på. På fødevarerområdet er det endnu mere vanskeligt, for stort set alle fødevarer er jo fremavlet og bearbejdet af mennesker, så med flere af de nævnte definitioner er ingen fødevarer naturlige.

Forskellige undersøgelser har prøvet at indkredse, hvad forbrugerne så mener, når de taler om naturlig mad. Her ser man igen en tendens til at definere det naturlige ud fra hvad det ikke er. En stor undersøgelse dækkende 5 europæiske lande og USA viser, at på tværs af landene associerer et stort flertal af forbrugerne naturlig mad som det, der ikke er tilsat forskellige stoffer (især kemiske) og som ikke er forarbejdet.⁷⁶

Når noget tilsættes en fødevarer, opfattede flertallet af deltagerne i undersøgelsen den som 'forurenede', og dens naturlighed som reduceret. Men det er ikke lige meget, hvad der tilsættes. Kemiske ændringer (fx konservering), eller fjernelser af naturlige komponenter (fx fedt) eller tilsætninger af naturlige eller unaturlige stoffer i beskedent omfang (fx farvestoffer) samt helt markant genmanipulation, fører til, at fødevareren opfattes som markant mindre naturlig end før. Derimod har fysiske ændringer (fx frysning eller blendning) for de fleste kun mindre effekt på opfattelsen af naturlighed.

Som det ses af tabellen, opfattes konventionelt avlsarbejde ikke som unaturligt i nævneværdig grad, på trods af, at der her, som forskerne anfører, "er tale om massiv menneskelig intervention over hundredevis af generationer, som har ført til omfattende ændringer af vilde dyrs genotyper og fænotyper. Genetiske ændringer med indsættelse af et enkelt gen fører derimod til minimale ændringer i genotype og fænotype."⁷⁷ Alligevel reducerer genmanipulation opfattelsen af naturlighed med 54,1 %, mens konventionel avl kun reducerer den med 9,8 %.



Kilde: Rozin, Paul 2005

76 Rozin, Paul et al. 2012. European and American perspectives on the meaning of natural. *Appetite* Volume 59 (2): 448–55

77 Rozin, Paul 2005

Den britiske filosof, Anne Chapman, har foreslået at se naturlighed som noget, der kommer i grader, sådan at jo mere mennesker søger at kontrollere naturen og fjerne sig fra de processer, som foregår i den, jo mere unaturlig er praksissen. Bomuld er ud fra denne definition mere naturligt end polyester, fordi polyester er helt igennem menneskeskabt og ikke ville eksistere uden menneskelig indgriben, mens bomuld er en plante, som vokser i naturen. På samme måde finder hun genmodificerede planter mere unaturlige end konventionelt dyrkede.

Er det forkert, fordi det er unaturligt?

I første omgang virker det altså vanskeligt at afgøre, hvad det vil sige, at fødevarer er naturlige. Men selv hvis der kunne opnås enighed om det, er det næste spørgsmål, om noget er godt eller etisk set værdifuldt, fordi det er naturligt? Og er noget omvendt forkert, fordi det er unaturligt?

Der synes ikke at være en sådan simpel sammenhæng i og med, at mange naturfænomener, såsom vulkanudbrud og kræftsvulster, ikke opfattes som gode, mens unaturlige ting som blindtarmsoperationer og tandbørstning af de fleste opfattes som gode. Det, at noget er naturligt, ser ikke ud til at kunne bruges som målestok for, om det er godt i sig selv.

Behov for debat

Alt dette gør os ikke klogere, end at vi må konstatere, at der ikke er nogen entydig definition af, hvornår en fødevare er naturlig, og hvad der skal til, før den bliver unaturlig. Der er heller ingen enkel forbindelse mellem, om noget er godt eller sundt, og at det er naturligt. Fluesvampe eller rådden naturmælk er for eksempel ikke sunde.

Alligevel har den store interesse for naturlige fødevarer naturligvis en årsag, og der kunne være behov for en debat om, hvad interessen skyldes. Et bud kunne være, at diverse fødevarskandaler og debatten om at mange fødevarer har et ringe næringsindhold giver en utryghed og en søgning mod enkle fødevarer, som er sunde at indtage. Skulle det være sundhed i højere grad end naturlighed, som er målet, vil debatten få en anderledes karakter.

3. BAGGRUNDSNOTAT OM RESTRIKTIONER PÅ GMO

Af Andreas Christiansen, postdoc ved institut for medier, erkendelse og formidling ved Københavns Universitet

Indledning

I denne note ser vi på, om udbredte etiske argumenter imod GMO kan begrunde restriktioner på anvendelsen af GMO til fødevarerproduktion, som fx forbud, sikkerhedsgodkendelse, og tvungen mærkning. Vi gennemgår fire typer argument:

- Argumenter baseret på *risiko*, specifikt på *forsigtighedsprincippet*.
- Argumenter baseret på *det naturliges værdi* og på fordelene ved *økologi*.
- Argumenter baseret på *skepsis overfor teknologiske løsninger* på komplekse problemer.
- Argumenter baseret på *forbrugerens ret til at vælge*.

Fremgangsmåden er generelt at vise, at selv om man tager de bagvedliggende bekymringer og principper alvorligt, så giver disse argumenter ikke grund til restriktioner på GMO.

Udgangspunktet er, at der er argumenter for at tillade (eller endda fremme) anvendelsen af GMO *med mindre* der er gode grunde til restriktioner. Derfor er det nødvendigt at give gode argumenter for restriktioner. Et argument for GMO er *frihedsargumentet*. Ifølge dette argument bør personer have frihed til gøre hvad de ønsker, med mindre der er tilstrækkelige grunde til at begrænse denne frihed. Denne frihed gælder også muligheden for at udvikle, dyrke, og sælge GMO. Et andet argument er *fordelsargumentet*. Dette argument peger på, at GMO har visse fordele, som eventuelle ulemper skal vejes op imod. De GMO'er, der på nuværende tidspunkt dyrkes i større omfang i bl.a. USA, Sydamerika og Indien, har især fordele for landmændene – højere afkast og lavere omkostninger til bl.a. sprøjtemidler – og for miljøet: Insektresistente GMO'er har ført til mindre brug af sprøjtemidler, mens pesticidresistente GMO'er har ført til brug af mindre giftige pesticider.⁷⁸ Næste generations GMO'er, der er under udvikling, har dels lignende fordele, og dels nye fordele fx i form af forbedret næringsindhold og større robusthed overfor tørke, højt saltindhold i jorden, eller oversvømmelser. Ved hjælp af sådanne afgrøder kan vi øge fødevarerproduktionen – som ifølge FN's fødevarerorganisation FAO skal fordobles inden 2050 – uden at det får så mange negative miljømæssige konsekvenser.

78 Brookes, G. & Barfoot, P., "Global income and production impacts of using GM crop technology 1996-2014", *GM Crops & Food* 7(1) (2016), 38-77; Brookes, G. & Barfoot, P., "Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2015: Impacts on pesticide use and carbon emissions", *GM Crops & Food* 8(2) (2017), 117-147; Mannion, A.M. & Morse, S., "Biotechnology in agriculture: Agronomic and environmental considerations and reflections based on 15 years of GM crops", *Progress in Physical Geography* 36(6) (2012), 747-763.

Risiko og forsigtighed

Det antagelig mest udbredte argument imod GMO omhandler de risici, der kunne være forbundet med deres anvendelse. Der har bl.a. været frygt for, at det er sundhedsskadeligt at spise GMO, for at anvendelsen af GMO kan have forskellige negative miljøeffekter (fx på ikke-skadedyr), eller for at GMO spreder u hensigtsmæssige egenskaber til fx ukrudtsplanter. Spørgsmålet er, om disse *mulige* skadelige effekter kan begrunde restriktioner på GMO. Vi kan tage udgangspunkt i det såkaldte *forsigtighedsprincip*. Ifølge dette princip må eller bør vi tage forholdsregler for at imødegå mulige skadelige virkninger, også selvom der ikke foreligger noget videnskabeligt sikkert bevis for, at sådanne effekter vil opstå. En anden måde at formulere princippet på er følgende: Hvis der er *tilstrækkelig mistanke* om at en handling eller aktivitet vil medføre *tilstrækkeligt slemme skadevirkninger*, så bør denne handling eller aktivitet forbydes.

Men er GMO overhovedet risikable? Det er værd at nævne to ting. For det første: selve det forhold, at en plante er genmodificeret indebærer ikke nogen risiko. Hvis der er nogen negative effekter, vil det skyldes plantens egenskaber, fx dens kemiske eller fysiologiske opbygning. Det betyder ikke, at en GMO ikke kan have negative effekter – for genmodificering er jo netop en ændring af disse egenskaber. Spørgsmålet om, hvorvidt GMO er risikable, er derfor et spørgsmål om, hvorvidt genmodificeringen medfører, at planten har egenskaber, der medfører skadevirkninger. Men det skal bemærkes, at alle former for forædling medfører ændringer i planters egenskaber. GMO er kun mere risikable end andre forædlede planter, hvis der er en større sandsynlighed for, at en GMO har egenskaber, der giver skadevirkninger, end at andre forædlede planter har sådanne egenskaber.

For det andet: der er ikke registreret nogen negative effekter af den brug af GMO, der er foregået siden midten af 1990'erne i især USA, Sydamerika, Canada og Indien, på trods af store mængder forskning på området.⁷⁹ Det betyder igen ikke, at en GMO ikke kunne have dårlige egenskaber – et eksempel er en soyabønne modificeret med gener fra paranødder, som viste sig at indeholde stoffer, som paranøddeallergikere ikke kunne tåle. Den nævnte soyabønne blev imidlertid ikke godkendt. Det faktum, at der ikke er registreret skadevirkninger, viser altså, at de typer sikkerhedsgodkendelse, der anvendes - også i USA - har været tilstrækkelige til at undgå skadevirkninger. Overordnet kan man altså sige, at GMO *kan* have negative effekter, men at det også gælder andre typer nye afgrøder.

Der er to typer restriktioner, der kunne være begrundet i risiko-overvejelser. For det første kan man kræve, at nye GMO'er skal sikkerhedsgodkendes, fx på baggrund af en videnskabelig risikoanalyse, før de må plantes eller sælges. For det andet kan man forbyde plantning eller salg af en GMO. Vi gennemgår disse nedenfor i lyset af forsigtighedsprincippet.

⁷⁹ National Academies of Sciences, *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects* (National Academies Press, Washington DC, 2016); European Commission, *A Decade of EU-Funded GMO Research, 2001-2010* (European Union, Bruxelles, 2010)

Sikkerhedsgodkendelse

I og med at GMO kan have egenskaber, der medføre skadevirkninger, så er det plausibelt at argumentere for, at fuldstændig frihed til at udvikle, plante og sælge GMO falder for forsigtighedsprincippet – der er tilstrækkelig mistanke om, at fuldstændig ureguleret brug ville føre til tilstrækkelig slemme skadevirkninger. På den baggrund er det plausibelt at argumentere for, at GMO bør sikkerhedsgodkendes. Men der er ingen principiel forskel i risiko på GMO og andre nye forædlede afgrøder. Derfor er der heller ikke nogen etisk grund til at have forskellige sikkerhedsgodkendelsesprocedurer for GMO og nye ikke-GMO-afgrøder – det er princippet om at behandle ens sager ens.

Sikkerhedsgodkendelsen bør derfor være *produktbaseret*, ikke procesbaseret. Det vil sige, at de krav, der stilles til testning af nye afgrøder, bør afhænge af disse afgrøders egenskaber, og ikke den måde, de er fremavlet på. Hvilke præcise krav, der bør stilles, er for teknisk kompliceret til at være et rent etisk spørgsmål. Det er muligt, at de nuværende procedurer er for stramme ift. GMO, eller at de er for lempelige ift. ikke-GMO – eller begge dele. Det er også værd at bemærke, at selve den tekniske risikoanalyse, som i dag foretages under det europæiske fødevarer sikkerhedsagentur EFSA, ikke er radikalt forskellig fra de procedurer, der lægger til grund for godkendelse af GMO i fx USA. Grunden til, at kun én GMO pt er godkendt til dyrkning i EU, skal således ikke findes i EFSA sikkerhedsgodkendelsesprocedure, men i den senere beslutningsproces.

Forbud

Som det er i dag, bliver GMO'er i praksis ikke godkendt i EU, selvom de er sikkerhedsgodkendt af EFSA. Det skyldes modstand hos et tilstrækkeligt stort antal medlemslande, herunder Danmark, der blokerer for godkendelserne. Desuden har de enkelte medlemslande siden 2015 haft mulighed for at stå uden for en endelig godkendelse – så en GMO fx ikke må plantes på dansk jord, selvom den er tilladt andre steder i EU. Danmark har benyttet sig af denne mulighed, og godkendelser af de GMO, der er i proces (og den ene, der er godkendt), vil således ikke gælde for Danmark. Disse forbud begrundes ofte i forsigtighedsprincippet – fx med henvisning til, at der *kunne* vise sig skadevirkninger på lang sigt. Påstanden er altså her, at der er tilstrækkelig mistanke om at brug af sikkerhedsgodkendte GMO'er vil have tilstrækkelig slemme skadevirkninger, og derfor må forbydes.

Men forsigtighedsprincippet begrunder ikke disse forbud. I og med at der ikke har vist sig nogen skadevirkninger efter næsten 25 års brug af GMO må man konkludere, at der ikke er belæg for nogen specielt stærk mistanke om skadevirkninger af brug af sikkerhedsgodkendte GMO. Intet rimeligt forsigtighedsprincip kan begrunde forbud af handlinger eller aktiviteter blot på grundlag af spekulative mulige effekter. Og i det omfang, GMO faktisk har plausible fordele, herunder fordele ift. klimaforandringerne, så er det *selvmodsigende* at forbyde dem med henvisning til forsigtighedsprincippet. Det skyldes, at vi har *mindst lige så stor mistanke* om, at forbuddet mod sikkerhedsgodkendte GMO selv vil føre til *mindst lige så slemme skadevirkninger*, som brugen af sikkerhedsgodkendte GMO vil – fx at forbuddet vil bidrage til at mennesker sulter,

eller til at klimaforandringerne bliver værre end ellers. Og GMO'er, også de nuværende, har faktisk relevante fordele. Fra et forsigtighedsperspektiv bør det derfor være sådan, at sikkerhedsgodkendte GMO'er også faktisk tillades – både i Danmark og i EU generelt.

Naturlighed og økologi

En anden type argument for restriktioner på GMO tager udgangspunkt i værdien af naturlighed. Ifølge denne type argumenter er naturen og/eller det naturlige værdifuldt i sig selv, og da GMO er unaturligt, er det derfor problematisk.

Som det fremgår af baggrundspapiret om naturlige fødevarer, kan begrebet 'naturlig' anvendes i mange forskellige betydninger, og ofte er det ikke helt klart for hverken en selv eller ens samtalepartnere, hvad der præcis menes med at sige, at noget er mere eller mindre naturligt. Overordnet kan man pege på to centrale typer betydning (for så vidt angår GMO). Ifølge den ene er naturlighed et spørgsmål om at være (mere) *uafhængig* af menneskelig indgriben. Således vil en vild plante være mere naturlig end en kultiveret plante, som igen er mere naturlig end en GMO. Ifølge den anden er naturlighed et spørgsmål om at have bestemte *egenskaber*. Her vil fx planter, der er resistente mod sprøjtemidler, opfattes som mindre naturlige, end planter der er resistente mod skadedyr, fordi sidstnævnte er en egenskab, som planter i den vilde natur også har opnået gennem naturlig selektion.

Det er givetvis sådan, at (nogle) GMO ikke er specielt naturlige ifølge disse begreber. Det næste spørgsmål er imidlertid, hvorvidt det forhold, at GMO er unaturlige, giver grunde til restriktioner. Her vil vi se på de tre vigtigste typer etiske grunde til, at naturlighed er værdifuldt, nemlig *biocentrisme*, *økocentrisme*, og præferencen for *økologi*.

Biocentrisme

Biocentrisme er det synspunkt, at ikke-bevidste (eller ikke-følede) organismer, herunder planter, har *moralsk status* – dvs. at det er moralsk relevant, hvordan vi behandler disse organismer. Biocentrisme er ikke et synspunkt, der er meget udbredt blandt professionelle etikere. Her er det mest almindelige synspunkt, at kun dyr og mennesker har moralsk status, fx på grund af deres evne til at føle glæde og smerte, eller deres evne til at handle bevidst. Biocentrikere argumenterer typisk for, at ikke-bevidste organismer har moralsk status i kraft af, at de er *målrettede* (eller teleologiske) væsner. Fordi disse organismer udvikler sig, forandrer sig eller bevæger sig hen imod et mål, så giver det også mening at sige, at noget kan være godt eller dårligt *for* organismen. For eksempel giver det mening at sige, at det er dårligt for et træ, hvis det ikke har adgang til sollys. Biocentrikerne mener så, at vi bør tage det ind i vores etiske overvejelser, om ting er gode eller dårlige i denne forstand, for ikke-bevidste organismer.

Lad os antage, at biocentrikerne har ret i, at ikke-bevidste organismer har moralsk status. Betyder det noget for tilladeligheden af GMO? Det er klart, at landbrug er

forbundet med handlinger, der skader ikke-bevidste organismer; sprøjtning og lugning skader ukrudtsplanter, og høsten skader afgrøderne. Hvis vi antager, at landbrug som sådan ikke er etisk utilladeligt, så må et biocentrisk argument imod GMO altså bero på, at GMO indebærer mere skade på ikke-bevidste organismer, end ikke-GMO-landbrug. Det kunne være i form af skade på andre organismer end afgrøderne (herunder også potentielt bevidste organismer, som fx larver). Men der er ikke grund til at tro, at GMO-landbrug er markant mere skadeligt for sådanne organismer end andre former for landbrug, og i særligt grad ikke end konventionelt landbrug.

Et bedre bud på, hvordan GMO's unaturlighed kan være problematisk fra et biocentrisk perspektiv, er måske, at det er de genmanipulerede planter selv, som vi behandler etisk uforsvarligt. Man kunne fx forestille sig, at det er dårligt for en plante at have unaturlige egenskaber. Men der er tre problemer med dette argument. For det første er biocentrikernes ide om, hvad der er godt og skidt for ikke-bevidste organismer meget minimal, og den er knyttet snævert til muligheden for at udvikle sig i tråd med den indre målrettethed, som er genetisk programmeret. Derfor er det svært at sige, at det er dårligt for en ikke-bevidst organisme at udvikle sig sådan, som dens gener bestemmer. For bevidste væsner kan vi pege på fx lidelse eller frustration som basis for sådanne vurderinger, men den slags alternativ vurderingsbasis mangler for ikke-bevidste organismer. For det andet er de egenskaber, som GMO'er har fået gennem genmodificering, ofte til fordel for planten – det kunne være resistens mod tørke og skadedyr. For det tredje har mange ikke-GMO-afgrøder egenskaber, der kunne opfattes som dårlige for planten, såsom dværgvækst, manglende evne til at sprede frø, eller manglende evne til at blomstre. GMO'er er således ikke mere unaturlige på den relevante måde end andre kulturplanter.

En anden type problem for et argument om, at genmodificering er et overgreb mod den modificerede plante, er det såkaldte ikke-identitetsproblem. Problemet kendes fra biomedicinsk etik: Forestil dig fx at en kvinde har en bestemt (ikke-kronisk) sygdom, som stærkt øger sandsynligheden for, at hun vil føde et barn med alvorlige handicap, hvis hun bliver gravid nu. Hvis hun venter tre måneder, er der ikke nogen risiko. Mange vil nok mene, at kvinden bør udskyde graviditeten. Men det barn, hun ville blive gravid med nu, bliver jo ikke gavnet af, at kvinden udskyder graviditeten: Det barn bliver slet ikke født. Det er således ikke oplagt, at det er dårligt for *det potentielt handicappede barn* at tillade, at det bliver født. Konsensus blandt professionelle filosoffer er, at det kun kan være dårligt for barnet at blive født, hvis det liv, det ville få, ikke er værd at leve. For en GM-plante er situationen analog: Enten kan den eksistere som modificeret, eller også kan den slet ikke eksistere. Kun hvis plantens liv ikke er værd at leve, kan vi sige, at det er dårligt for planten at eksistere som modificeret. En alternativ "løsning" på ikke-identitetsproblemet er at opgive fokuset på, om noget er godt eller skidt for individer, og i stedet fokusere på om de personer/planter, der *ellers ville eksistere*, har bedre liv. For eksempel kunne man argumentere for, at det (sandsynligvis) ikke handicappede barn, som vores kvinde ville blive gravid med om tre måneder, (sandsynligvis) ville få et bedre liv end det

handicappede barn. Men igen er det svært at argumentere for, at GMO'er generelt har dårligere liv end ikke-GMO-afgrøder (eller for den sags skyld vilde planter).

Økocentrisme

Økocentrisme er det synspunkt, at naturlige biologiske helheder, især arter og økosystemer, er værdifulde og derfor bør bevares. Hvor det for biocentrikerne mest var en egenskabs-baseret ide om naturlighed, der var på spil, så er det for økocentrikere typiske en uafhængighed-ide, der ligger bag. Grundopfattelsen er altså, at det forhold, at naturlige arter og økosystemer uden menneskelig indgriben har udviklet sig til komplekse helheder, giver dem en værdi, der er værd at bevare – og som ikke umiddelbart kan erstattes. GMO'er har ifølge dette synspunkt ikke nogen værdi i sig selv.

Lad os ligesom ovenfor antage, at synspunktet grundlæggende er korrekt – altså at naturlige arter og økosystemer har værdi i sig selv. Selv givet denne antagelse, er det ikke i sig selv et problem at skabe og anvende ikke-naturlige genstande som GMO (ligesom det forhold, at Van Goghs malerier er stor og bevaringsværdig kunst ikke er et argument imod at lade sit barn lave en kunstnerisk værdiløs tegning). Bekymringen må derfor være, at unaturlige og værdiløse GMO'er vil *erstatte* naturlige og værdifulde arter og økosystemer (ligesom det ville være et problem hvis barnets tegning var *på* en Van Gogh). Men det er næppe tilfældet. For det første vil GMO direkte erstatte konventionelle afgrøder, som heller ikke er særlig naturlige, og derfor heller ikke særlig værdifulde. Ligeledes vil GMO-marker erstatte konventionelle marker frem for meget værdifulde naturlige økosystemer. For det andet kan GMO bidrage til, at udbyttet pr. arealenhed forøges, så vi kan opfylde verdens fødevarerbehov uden at skulle inddrage værdifuld vild natur. GMO er således en fordel fra et økocentrisk perspektiv.

Økologi

Det sidste natur-relaterede argument for restriktioner af GMO bygger på en præference for økologisk landbrug. Som tingene står nu, er GMO udelukket i økologisk landbrug, simpelthen fordi det står skrevet i økologernes (selvformulerede) regelsæt⁸⁰. Men det betyder ikke, at de *begrundelser*, der findes for at foretrække økologi, udelukker GMO. Der er groft sagt to typer begrundelse. Ifølge den første begrundelse er økologi at foretrække, fordi det er bedre end konventionelt landbrug med hensyn til fx bæredygtighed, miljømæssig påvirkning, eller at producere sunde og nærende fødevarer. Ifølge den anden begrundelse arbejder økologisk landbrug i højere grad ”med naturen”, hvorimod konventionelt (industrialiseret) landbrug arbejder ”mod naturen”. Med dette menes typisk, at økologer gør brug af naturligt forekommende biologiske processer til at fx gøde eller bekæmpe skadedyr, mens konventionelt landbrug kaster kemikalier efter problemet. Den første af disse begrundelser – den kunne kaldes ”svag økologi” – er forholdsvis ukontroversiel. I hvert fald er det rimelig ukontroversielt at hævde, at bæredygtigt, miljørigtigt og sundt landbrug er værdifuldt. Men det måske er mere et mere kontroversielt spørgsmål, om

80 Det er værd at bemærke, at Økologisk Landsforening iflg. deres hjemmeside er imod GMO på baggrund af risikoovervejelser. Se <https://okologi.dk/forbruger/hvad-er-oekologi/nej-tak-til-gensplejset-mad>

økologi i alle tilfælde bidrager til disse ting. Den anden begrundelse – lad os kalde den ”stærk økologi” – er mere kontroversiel. Den afhænger af en ide om, at mere naturlige måder at drive landbrug på er bedre end mindre naturlige måder, *uanset* om det har gode effekter i form af bæredygtighed, miljørigtighed, eller sundhed.

Ifølge en svag begrundelse for økologi er der ikke nogen grund til at udelukke GMO fra økologisk landbrug. Så længe de relevante GMO'er kan anvendes på de måder, der giver økologien en fordel med hensyn til bæredygtighed, miljørigtighed og sundhed, så er de fuld forenelige med svag økologi. Konkret vil mange pege på fraværet af sprøjtemidler som en central grund til at formode, at økologi er bedre på de nævnte punkter. Hvis vi ser på de to typer GMO der er mest udbredte i dag, så er den ene type designet til at være resistent overfor skadedyr – og altså ikke kræve sprøjtning. Den gør endda brug af et middel, der er tilladt i økologi, fordi det er en naturlig pesticid (nemlig toksiner fra bakterien *Bacillus thuringiensis*). Og mange af fremtidens GMO'er vil ligeledes kunne anvendes i økologi efter denne opfattelse. Der er selvfølgelig også nogen, der ikke kan, fx den anden mest udbredte GMO i dag, som tåler at blive sprøjtet med ukrudtsmidlet glyfosat (der er i hvert fald ikke megen ræson i at plante sådan en GMO i et økologisk landbrug hvor man ikke bruger glyfosat).

Ifølge en stærk begrundelse for økologi er det måske vanskeligere at sige, at GMO er forenelig med økologi. I princippet synes der ikke at være nogen direkte modsætning i at arbejde med naturen i en mark, der (blandt andet) er beplantet med GMO. Økologisk Landsforening fremhæver fx sædskifte, grøngødning, og ”en frugtbar og levende jord” med gode forhold for fx regnorme, som nogle af de ting, der giver økologien fordele.⁸¹ Alle disse ting er fuld forenelige med anvendelse af GMO. På den anden side bidrager GMO ikke positivt til en vision om et landbrug, der baserer sig på at bruge de ting, naturen giver os. Men det gør anvendelsen af andre moderne, stærkt forædlede sorter heller ikke, og de er tilladte i økologi. Men måske burde stærke økologer også foretrække gamle, mindre forædlede sorter?

Uanset om GMO er forenelig med økologi eller ej, så lider økologi-argumentet for restriktioner på GMO af en dybere fejl, nemlig at restriktioner på GMO ikke fremmer økologisk landbrug. Den umiddelbare effekt er alene, at konventionelle landbrug ikke kan anvende GMO. I og med at (i hvert fald nogle) GMO'er har fordele med hensyn til bæredygtighed og miljøpåvirkning, så er restriktioner på GMO direkte kontraproduktive i forhold til de hensyn, som lægger bag i hvert fald den svage begrundelse for økologi. Hvis man går op i disse ting, så bør man også tillade og fremme GMO der, hvor de har positive effekter.

Skepsis over for teknologiske løsninger

En tredje type argument kritiserer GMO for at være et tilsyneladende teknologisk løsning på komplekse problemer, herunder klimaforandringerne. Argumenter af denne type findes i forskellige varianter, som ofte findes sammen:

81 <https://okologi.dk/forbruger/oekologisk-produktion/korn-og-foder>

Intet teknologisk fix. Der findes ikke en simpel, teknologisk løsning på komplekse, samfundsmæssige problemer. Derfor er GMO heller ikke en sådan løsning.

Hybris. Årsagen til den miljømæssige krise er den teknologiske (og kapitalistiske) kultur som søger at udnytte naturen til menneskers fordel under den arrogante antagelse, at vi mennesker kan forstå og kontrollere naturen. Klimakrisen er et godt eksempel på at det kan vi ikke. Derfor kan mere teknologi, herunder GMO, heller ikke løse problemerne – det er måske endda sandsynligt, at det vil skabe nye problemer i stedet.

”Moral hazard”. Moral hazard er et begreb, der er hentet fra forskningsverdenen. Det betegner det problem, at en person, der er forsikret mod en bestemt skade, ikke har noget incitament til at undgå skaden. I tilfældet klimaforandringer er argumentet, at eksistensen af potentielle teknologiske løsninger undergraver incitamentet til at bide tænderne sammen og gennemføre sværere ændringer af social, kulturel, og økonomisk art. Derfor er blot det at foreslå, at GMO bør fremmes af klimagrunde, farligt, og det øger sandsynligheden for, at krisen ikke bliver afværget.

Intet teknologisk fix

Det er selvfølgelig korrekt, at GMO ikke alene kan løse klima- eller fødevarerkrise. Det er der så vidt vides heller ikke nogen der hævder. Denne version af argumentet er således en ren stråmand – den angriber et synspunkt, som ingen hævder.

Hybris

Det er naturligvis rigtigt, at klimakrisen skyldes afbrænding af fossile brændstoffer, hvilket har været en central del af den teknologiske (og kapitalistiske) kultur, der har domineret siden den industrielle revolution. Det er sikkert også rigtigt, at nogle har haft den opfattelse, at vi mennesker kan underkaste os naturen – altså kontrollere og udnytte naturen uden nogen grænser. Og det er også indlysende, at genmodificering er et eksempel på, at mennesker kontrollerer eller manipulerer med naturlige processer. Men argumentet er baseret på to fejlslutninger.

For det første er der en fejlslutning fra *kontrol eller manipulation* til *underkastelse*. Selvom kontrol/manipulation er et element i underkastelsesideen, så indeholder underkastelsesideen også andre ting – ikke mindst ideen om at vores evne til at kontrollere og vores mulighed for at udnytte naturen er *grænseløs*. GMO som teknologi og som landbrugsmæssig praksis er ikke baseret på disse yderligere ideer. Der er ikke belæg for at sige, at anvendelse af GMO implicerer eller bygger på en ide om, at vi har total kontrol over naturens processer, blot at vi med rimelig sikkerhed – på basis af omfattende forskning mv. – kan vide, at de ændringer, vi foretager i planters DNA ved genmodificering, har bestemte effekter. Ligeledes forudsætter anvendelsen af GMO det synspunkt, at vi må eller bør udnytte naturen grænseløst; faktisk er formålet med de fleste nuværende og fremtidige GMO'er at tillade, at vi udnytter naturen mindre end ellers.

For det andet er der en fejlslutning fra, at bestemte teknologiske fænomener er årsag til klimakrisen, til at teknologi som sådan er årsagen – og derfor heller ikke kan være en (del)løsning. Det sidste er indlysende forkert; fx er vedvarende energi oplagt en del af løsningen på klimakrisen, selvom vindmøller, solceller, geotermiske kraftværker osv. alle er højteknologiske. Hvis GMO ikke bidrager til at forøge koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren, så bidrager GMO heller ikke til at forværre klimaproblemet. Og hvis GMO bidrager til at formindske koncentrationen, så bidrager det også til at løse klimaproblemet.

Moral hazard

Moral hazard-argumentets påstand er, at det at tillade/fremme GMO (under henvisning til, at GMO kan bidrage til at løse klimaproblemer) *øger* sandsynligheden for, at klimakrisen ikke bliver løst. Moral hazard-argumentet afhænger af to ting:

- Det at tillade/fremme GMO (med henvisning til klimakrisen) medfører mindre indsats mod klimaforandringerne af andre typer, herunder sociale, kulturelle og økonomiske indsatser.
- De positive effekter af at tillade/fremme GMO er mindre end effekterne af de indsatser, der ikke bliver gjort som følge af, at vi tillader/fremmer GMO.

Det er naturligvis principielt muligt, at disse to ting er sande, og det er nok umuligt at bevise, at de ikke er sande. Men er det virkelig plausibelt, at en ændring i GMO-politikken skulle føre til markante forandringer i forhold til fx energi- eller transportpolitikken, eller i forhold til individers forbrugsadfærd? Bemærk at det ikke er tilstrækkeligt at nogen (fx politikere) kan finde på at bruge eksistensen af teknologiske delløsninger som GMO som et argument for ikke at gøre noget: De negative effekter opstår kun, hvis eksistensen af teknologiske delløsninger *ændrer* nogens adfærd. Det er (desværre) nok sandsynligt, at de, der er uvillige til at acceptere ikke-teknologiske løsninger på klimakrisen, vil være uvillige uanset om der findes teknologiske delløsninger eller ej. Og faktisk viser socialpsykologisk forskning, at det at nævne muligheden for teknologiske delløsninger bidrager til at få klimaskeptikere til at acceptere, at menneskeskabte klimaforandringer faktisk finder sted.⁸²

Det *optimale* er selvfølgelig, at både teknologiske og ikke-teknologiske løsninger forfølges, og det bør derfor understreges, at vi bør forfølge alle mulige løsninger på klimaproblemet. Men når spørgsmålet alene er, om vi skal tillade/fremme GMO, så kan vi ikke bestemme, om andre løsninger forfølges. I spørgsmålet om GMO står vi altså ultimativt over for et gamble: Enten kan vi bruge en teknologisk delløsning, og satse på, at det ikke har en alvorlig negativ virkning på viljen til at forfølge ikke-teknologiske løsninger. Eller vi kan undlade at bruge en teknologisk delløsning og satse på, at ikke-teknologiske løsninger bliver sat i værk og er tilstrækkelige til at løse problemet. Uanset hvad man tror vil være mest hensigtsmæssigt, så er der ikke belæg

82 Kahan, D. M., Jenkins-Smith, H., Tarantola, T., Silva, C. L., & Braman, D. (2015). Geoengineering and climate change polarization: testing a two-channel model of science communication, *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 658(1), 192-222

for at hævde, at det at tillade/fremme GMO er etisk problematisk på grund af moral hazard.

Forbrugerens ret til at vælge

En sidste type argument anvendes til at argumentere for tvungen mærkning af fødevarer, der indeholder GMO. Ifølge dette argument har forbrugeren ret til at vælge, hvilke typer fødevarer han/hun vil købe og fortære. Idet mange forbrugere ikke ønsker at købe GMO-fødevarer, så bør vi kræve, at disse varer mærkes, således at forbrugerne kan anvende deres ret til at vælge.

Princippet om forbrugerens ret til at bestemme selv er imidlertid ikke tilstrækkeligt til at begrunde tvungen mærkning. Det ville muligvis være ønskværdigt, hvis forbrugere generelt havde nem adgang til alle de informationer, de finder relevante for deres forbrugsvalg. Men der er her tale om, hvorvidt der skal være *tvungen* mærkning af GMO-fødevarer. Og generelt kan tvungen mærkning kun forsvares, hvis der er gode grunde til, at forbrugeren har brug for at vide, at et produkt har en bestemt egenskab. Forestil dig for eksempel, at en stor gruppe forbrugere ikke ønskede at spise fødevarer, der var høstet på en tirsdag. I og med at denne præference ikke er velbegrundet, så ville det ikke være rimeligt at kræve, at producenter og detailhandlen skulle mærke produkter, der indeholder afgrøder, der er høstet om tirsdagen. Ligeledes for GMO: Fordi der er ikke nogen gode grunde til at afholde sig fra GMO-fødevarer, så er det heller ikke rimeligt at kræve mærkning ved lov.

Det betyder ikke, at det bør være *forbudt* at mærke produkter som ikke-GMO, eller at forbrugerne på nogen måde skal tvinges til at købe GMO mod deres vilje. Blot bør sådanne mærker være frivillige. Hvis der virkelig er en stor efterspørgsel efter ikke-GMO-fødevarer, så kan man forvente, at producenternes og detailhandlens ønske om at sælge deres varer vil betyde, at sådanne mærker faktisk bliver indført.

4. BAGGRUNDSNOTAT: SKYLDES GMO-MODSTAND AT NATURLIGHED OPFATTES SOM GODT I SIG SELV?

Af Andreas Christiansen, postdoc ved institut for medier, erkendelse og formidling ved Københavns Universitet

Introduktion

Det er en udbredt opfattelse, at manges modstand mod GMO er baseret på deres *unaturlighed*. I denne note ser vi på denne *naturlighedshypotese*. Naturlighedshypotesen består i virkeligheden af en række forskellige formodninger, som er knyttet sammen:

1. Folk mener GMO er unaturligt.
2. Folk synes godt om naturlige ting.
3. Modstand mod GMO skyldes, at folk mener GMO er unaturligt.
4. Grunden til at folk synes godt om naturlige ting er, at de tillægger det naturlige (eller naturen) en værdi i sig selv.
5. Folk, der opfatter GMO som unaturligt er *absolutte* eller *etiske* modstandere af GMO – dvs. de er ligeglade med om GMO er gavnligt og sikkert.
6. Det er vanskeligt at overbevise folk, der mener GMO er unaturligt, om at GMO er acceptabelt.

Naturlighedshypotesen – og i særlig grad punkt 4, 5 og 6 – har givet anledning til to modsatrettede reaktioner. På den ene side mener nogen, at vi må tage det 'naturlighedsargument', som synes at lægge bag almindelige menneskers GMO-skepsis alvorligt. Naturlighedsargumentet bliver her set som et udtryk for en etisk sensibilitet hos almindelige mennesker, som eksperter og andre ignorerer, og som vi bør tage med i vores overvejelser når vi beslutter om GMO skal fremmes, reguleres eller forbydes. For eksempel argumenterer professor i socialvidenskab ved Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi Jesper Lassen for denne type synspunkt:

”Det står mejslet med store bogstaver, at folk ikke kan lide gensplejsede fødevarer, og et af de vigtigste argumenter er, at de opfattes som unaturlige. Men spørgsmålet om naturlighed optræder ikke i folketingsdebatterne. Politikerne skal selvfølgelig ikke gribe til populisme og bare snakke folk efter munden, men de bør tage befolkningens alvorligt, og forholde sig til deres argumenter”⁸³

83 <https://www.science.ku.dk/presse/nyhedsarkiv/2018/forsker-i-genmodificering-politikerne-er-do-eve-over-for-befolkningens-bekymringer-om-etik/>. Der refereres til Lassen, Jesper (2018). Listened to, but not heard! The failure to represent the public in genetically modified food policies, *Public Understanding of Science* 27(8), pp. 923-936.

På den anden side mener andre, at det synspunkt, at det naturlige er godt i sig selv ikke bør inddrages i overvejelserne over hvilken politik vi bør føre med hensyn til GMO. Konsekvensen er, at vi ikke behøver tage befolkningens bekymringer særlig alvorligt. Der kan være flere grunde til at mene dette. Nogle mener simpelthen, at det er et fjollet eller useriøst synspunkt, at det naturlige skulle være godt i sig selv – kræft, som jo er et naturligt fænomen, er for eksempel ikke særlig godt. Andre mener, at det er umuligt at sige noget tilstrækkeligt præcist om, hvorfor eller hvornår det naturlige er godt, og at vi derfor ikke kan bruge synspunktet til noget i praksis. Stadig andre – herunder denne notes forfatter – har argumenteret for at synspunktet er for kontroversielt til at vi kan lægge det til grund for politik i et liberal-demokratisk samfund.⁸⁴

Nedenfor vil jeg fremlægge nogle grunde til at tro, at naturlighedshypotesen måske ikke er rigtig på alle punkter.

Grunde til at acceptere naturlighedshypotesen

Det er veldokumenteret, at folk opfatter GMO som unaturligt. I en spørgeskemaundersøgelse fra 2010 svarede 70 % af europæerne, at GMO ”fundamental er unaturligt”.⁸⁵ Og i et psykologisk forsøg, undersøgte hvilke fødevarer folk opfattede som mest unaturlige, var GMO vinderen.⁸⁶ I en anden, undersøgelse svarede 65 % af de adspurgte, at fødevarer produceret med GMO er unaturlige, mens kun 11 % mente GMO-mad er naturligt.⁸⁷ Der er altså ingen grund til at betvivle denne del af naturlighedshypotesen.

Det er også veldokumenteret, at folk synes godt om naturlige ting. I forhold til fødevarer er naturlighed er en egenskab, som forbrugerne sætter stor pris på. I en undersøgelse, hvor forsøgspersonerne blev bedt om at give spontane svar på, hvilke egenskaber ved fødevarer, de fandt vigtigst, kom naturlighed ind på en andenplads, kun overgået af friskhed, og helt generelt viser langt de fleste studier at forbrugerne stærkt foretrækker naturlige fødevarer.⁸⁸ Lignende forkærlighed for det naturlige kan findes uden for fødevarerområdet. I en Canadisk svarede at godt halvdelen af de adspurgte ja til, at naturen var ”hellig” – og kun en mindre del af disse mente, at hellighed skyldes, at naturen er Guds skaberværk.⁸⁹

84 Christiansen, Andreas; Jønch-Clausen, Karin & Kappel, Klemens (2017). Does Controversial Science Call for Public Participation? The Case of GMO Skepticism, *Les Ateliers de l’Ethique/The Ethics Forum* 12(1), pp. 26-50

85 Eurobarometer 71.3, 2010, s. 18

86 Rozin, Paul (2005). The Meaning of Natural: Process More Important than Content, *Psychological Science* 16(8), pp. 652-658.

87 Lusk, Jayson (2019). Consumer Perceptions of Healthy and Natural Food Labels, rapport udarbejdet for Corn Refiners Association. Rapport og data kan findes via <http://jaysonlusk.com/blog/2019/1/25/what-is-natural>

88 Román, Sergio et al. (2017), The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review, *Trends in Food Science and Technology* 67, pp. 44-57.

89 Dragojlovic, Nick & Einseidel, Edna (2013). Framing Synthetic Biology: Evolutionary Distance, Conceptions of Nature, and the Unnaturalness Objection, *Science Communication* 35(5), pp. 547-571.

Mere generelt har biologen E.O. Wilson forslået, at mennesker generelt er *biofile*.⁹⁰ Biofili er ”en medfødt tilbøjelighed til æstetisk nydelse ved og tiltrækning til naturlige miljøer, herunder den flora og fauna der findes i disse miljøer”.⁹¹ Mange mennesker sætter altså pris på fx skove, bjerge, dyr og blomster, og mener det er værd at bevare naturlige økosystemer, arter osv. Det giver sig først og fremmest udslag i en opfattelse af, at vi bør bevare naturen i denne forstand, men også i en mere generel præference for naturlige ting.

Der findes også en klar sammenhæng mellem at være modstander af GMO og at mene, at GMO er unaturligt. Den svenske psykolog Lennart Sjöberg har undersøgt, hvad der bedst forklarer hvorfor nogle mennesker er imod GMO. Han fandt, at en af de stærkeste forklaringer på, om en given person er modstander af GMO er, om denne person opfatter GMO som en ”indgriben i naturen”.⁹² I et andet studie viste det sig, at 90 % af GMO-modstanderne mente at GMO ”truer den naturlige orden”.⁹³ Andre studier viser, at folk er mere tilbøjelige til at være imod bestemte GMOer, jo mere unaturlige de opfatter dem som værende.⁹⁴ Så modstand mod GMO skyldes altså unaturlighed i den forstand, at folk der går mere op i (u)naturlighed er mere tilbøjelige til at være modstandere end andre, og at GMOer der opfattes som mere unaturlige opfattes som mindre acceptable.

Alt i alt ser det ud til, at de første tre påstande i naturlighedshypotesen er korrekte (i hvert fald i en vis forstand):

1. Folk mener GMO er unaturligt.
2. Folk synes godt om naturlige ting.
3. Modstand mod GMO skyldes, at folk mener GMO er unaturligt.

Ideer om naturlighed og dens værdi: Forurening og afsky

Hvis vi skal undersøge, om folk foretrækker naturlige ting, så er det oplagt at se på *hvad* de opfatter som værende naturligt. I det følgende koncentrerer vi os om fødevarer. Ifølge en nylig undersøgelse er de ting, folk (her amerikanere) primært forbinder med naturlige fødevarer, er (i) fraværet af syntetiske tilsætningsstoffer (fx farvestoffer eller konserveringsmidler), (ii) fraværet af hormoner, antibiotika og pesticider i produktionen, og (iii) økologi.⁹⁵ Psykologen Paul Rozin og hans kolleger har i en række undersøgelser forsøgt at bestemme, hvilke typer faktorer, der især gør fødevarer mindre naturlige i forbrugernes øjne. De finder to væsentlige ting (se også noten om naturlige fødevarer):

90 Wilson, E.O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press; og Kellert, Stephen R. & Wilson, E.O. (red.) (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Island Press.

91 Scott, Sydney E. et al. (2018). An Overview of Attitudes Toward Genetically Engineered Food, *Annual Review of Nutrition* 38, pp. 459-479; s. 461, min oversættelse.

92 Sjöberg, Lennart (2008). Genetically Modified Food in the Eyes of the Public and Experts, *Risk Management* 10(3), pp. 168-193.

93 Gaskell, George (2010). Agricultural Biotechnology and Public Attitudes in the European Union, *AgBioForum* 3(2-3), pp. 87-96.

94 Tenbült, Petra et al. (2005). Perceived naturalness and acceptance of genetically modified food, *Appetite* 45, pp. 47-50.

95 Lusk (2019), cit. note 5.

Proces-dominans: Det at en fødevarer er *forarbejdet* (proces) er væsentligere for, om fødevareren opfattes som unaturlige, end selve indholdet er. Det betyder for eksempel, at en vare (fx vand) hvor den samme ting (fx et mineral) først er tilsat og derefter fjernet igen vurderes som mindre naturligt end det (identiske) originale vand – og mere overraskende også mindre naturligt end vand, hvor det tilsatte mineral ikke fjernes igen.⁹⁶

Tilsætnings-dominans: Det at man *tilsætter* noget sænker naturlighed mere end at man fjerner noget. Det betyder for eksempel, at appelsinjuice med tilsat frugtkød opfattes som mindre naturligt end appelsinjuice hvor frugtkødet er fjernet.⁹⁷

Proces- og tilsætningsdominans kan forstås ud fra en bredere *forurenings-logik*, som man har vist præger folks måde at tænke på, også i industrialiserede, vestlige kulturer. Ifølge en forureningslogik vil kontakt mellem en ellers 'ren' genstand X og et uønsket objekt Y overføre Y's uønskede (og måske frastødende) egenskaber til genstanden. Logikken har en række centrale aspekter⁹⁸:

- a) Kontakt med Y overfører hele Y's essens til X (dvs. hver enkelt del af Y repræsenterer og overfører helheden).
- b) Når X og Y én gang har været i kontakt, så er hele Y's essens overført til X (dvs. det betyder ikke noget om kontakten er langvarig eller kortvarig).
- c) Mængden af Y er ligegyldig (dvs. selv en meget lille kontakt med Y er tilstrækkelig til at forurene X).

For eksempel vil man opfatte det sådan, at kort kontakt med et ben fra en kakerlak forurener hele gryden med suppe med alle kakerlakkens ubehagelige egenskaber. I tilfældet GMO betyder disse ting for eksempel, at hvis en plante X er modificeret ved at tilsætte et gen fra en anden organisme Y, så opfattes det sådan, at hele Y's essens er overført til X. For eksempel vil en tomat, der er tilsat et gen fra fisk, blive opfattet som fiskeagtig – inklusive i smagen; og det at spise en plante, der indeholder et gen taget fra mennesker, vil blive opfattet som en form for kannibalisme. Det skal dog understreges, at forureningslogikken (især i vesten) er en ubevidst tankeproces, og at dens effekter kan modarbejdes af bevidste processer. Men på trods af dette svarede 27 % (bevidst) at tomater modificeret med fiskegener ville smage "fiskeagtige",⁹⁹ og ideen om at det at spise GMO'er modificeret med gener fra mennesker er en slags kannibalisme kan findes i fokusgruppeundersøgelser.¹⁰⁰

96 Rozin, Paul (2006). Naturalness judgments by lay Americans: Process dominates content in judgments of food or water acceptability and naturalness, *Judgment and Decision Making* 1(2), pp. 91-97.

97 Scott, Sydney E. & Rozin, Paul (2017). Are additives unnatural? Generality and mechanisms of additivity dominance, *Judgment and Decision Making* 12(2), pp. 572-583.

98 Scott, Sydney E. et al. (2018), cit. note 9; Rozin, Paul & Nemeroff, Carol (2002). Sympathetic magical thinking: The contagion and similarity "heuristics", i Gilovich, Griffin & Kahneman (Eds.), *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*, Cambridge University Press.

99 Scott et al. (2018), cit. note 9.

100 Shaw, Alison (2002). "It just goes against the grain": Public understandings of genetically modified (GM) food in the UK, *Public Understanding of Science* 11, pp. 273-291.

Forureningslogikken understøttes af et bredere psykologisk fænomen, der kaldes *essentialistisk* tænkning. Når vi tænker essentialistisk betyder det, at vi opfatter ting og personer som havende en essens, som stikker dybere end deres overfladeegenskaber, og at den essens kan overføres til andre ting eller personer. Essentialistisk tænkning kan forklare en række præferencer, som (mange) mennesker har, for eksempel: at folk foretrækker original kunst (der bærer essensen af den store mester) over kopier, selv om trænedede kunsteksperter kun vanskeligt kan skelne de to; at nydelsescentrene i hjernen er mere aktive når folk tror de drikker en dyr end en billig vin, uanset at det er den samme vin; og at folk vil betale store summer for et stykke tøj som berømt heder, som fx Barack Obama, har båret – bare ikke når de er steriliserede (og Obamas essens dermed er fjernet).¹⁰¹

Forureningslogikken er desuden associeret med en følelse af *afsky* eller *frastødning*. Evolutionært set giver det god mening, at mennesker føler afsky og frastødes fra ting, især potentielle fødevarer, der har været i kontakt med andre afskyvækkende og frastødende ting – fx afføring – fordi det har beskyttet os mod sygdomme. Men afsky-reaktionen findes også selvom muligheden for at blive smittet med sygdomme er ikke-eksisterende. For eksempel føler folk udbredt afsky mod at drikke et glas vand der har været i kontakt med en steriliseret kakerlak, og mod at spise chokolade formet som en hundelort.¹⁰² I og med at afsky er associeret med forureningslogikken (og med unaturlighed) er det interessant, at modstandere mod GMO er mere tilbøjelige til at reagere med afsky på ideen om at spise GMO.¹⁰³ Og det gælder især *absolutte* modstandere – det vil sige modstandere, der ikke mente, at GMO bør tillades selv hvis risiciene er små og fordelene store. Desuden viser det sig, at (især absolutte) modstandere mod GMO generelt var mere tilbøjelige til at føle afsky overfor en lang række ting, der kan være potentielle sygdomskilder.

Vi kan opsummere de nævnte undersøgelser som følger: Mange mennesker føler afsky over for GMO, og denne afsky er forbundet med ideen om at GMO er unaturligt. Der er en sammenhæng mellem at føle afsky mod GMO (og mere generelt) og at være modstander mod GMO. En stor del af modstanderne (71 % af de adspurgte i denne undersøgelse) erklærer sig desuden som absolutte modstandere – dvs. at de er imod GMO uanset om det er sikkert og gavnligt. Forskerne bag undersøgelseerne fortolker disse resultater sådan, den naturlighedsbaserede modstand mod GMO skyldes en opfattelse af, at naturlighed er godt *i sig selv*, og ikke at der er en opfattet sammenhæng mellem naturlighed og andre gode egenskaber. Derfor er det også vanskeligt eller umuligt at overbevise disse modstandere om, at GMO bør tillades, ligegyldig om det er sikkert og gavnligt. Eller med andre ord: Forskerne fortolker deres resultater som støtte for naturlighedshypotesens tre sidste punkter:

101 Bloom, Paul (2011). *How Pleasure Works: Why We Like What We Like*. Vintage. Se også <http://bostonreview.net/forum/paul-bloom-lure-luxury>

102 Rozin, Paul; Millman, Linda & Nemeroff, Carol (1986). Operation of the Laws of Sympathetic Magic in Disgust and Other Domains, *Journal of Personality and Social Psychology* 50(4), pp. 703-712.

103 Scott, Sydney E.; Inbar, Yoel & Rozin, Paul (2016). Evidence for Absolute Moral Opposition to Genetically Modified Food in the United States, *Perspectives on Psychological Science* 11(3), pp. 315-324.

4. Grunden til at folk synes godt om naturlige ting er, at de tillægger det naturlige (eller naturen) en værdi i sig selv.
5. Folk, der opfatter GMO som unaturligt er *absolutte* eller *etiske* modstandere af GMO – dvs. de er ligeglade med om GMO er gavnligt og sikkert.
6. Det er vanskeligt at overbevise folk, der mener GMO er unaturligt, om at GMO er acceptabelt.

Grunde til at tvivle på naturlighedshypotesen

Det er selvfølgelig oplagt, at folks præference for det naturlige – og modstand mod det unaturlige – skyldes at de ser det naturlige som noget der er godt i sig selv, eller som en selvstændig værdi på linje med velfærd, lighed, frihed, retfærdighed og skønhed. Men er der også ting der tyder på, at det ikke er tilfældet. Undersøgelser af baggrunden for præferencen for naturlige fødevarer viser nemlig også, at folk forbinder naturlighed med en række positive karakteristika. I en undersøgelse opfattede tre ud af fire naturlighed som tæt knyttet til sundhed.¹⁰⁴ I en anden undersøgelse erklærede mellem 70 % og 80 % sig enige eller meget enige i, at naturlige fødevarer er mere miljøvenlige, mere sikre at spise, og sundere, mens knap halvdelen var enige i, at naturlig mad smager bedre.¹⁰⁵ Hvis man har disse opfattelser er det ikke særlig underligt, at man foretrækker naturlige fødevarer – også selvom man ikke mener, at naturlighed er en selvstændig værdi.

Afsky-teorien, som er beskrevet ovenfor, kunne også sagtens fortolkes som givende støtte til den hypotese, at naturlighed blot er en proxy (dvs. stedfortræder eller repræsentant) for den samling af gode egenskaber, som folk forbinder med det naturlige. Baggrunden for, at vi føler afsky overfor forskellige ting er jo netop, at det forekommer at være potentielt farlige. Og en gen-analyse af dataene fra ovennævnte undersøgelse¹⁰⁶ fandt, at folks opfattelser af om GMO indebærer en alvorlig *risiko* bedre forklarer folks tilbøjelighed til at ville *regulere* GMO, end afsky gjorde.¹⁰⁷ Det gjaldt også inden for kategorien af absolutte modstandere. Det vil sige at, blandt de der var imod GMO uanset hvad risikoen er, så var dem der opfattede GMO som værende meget risikable meget mere tilbøjelige til at ville regulere – og forskelle i folks afsky overfor GMO havde en meget mindre effekt.¹⁰⁸ Det tyder på, at effekten af afsky – og dermed også naturlighed – virker *gennem* opfattelser af risiko. Det vil sige, at følelsen af afsky mod GMO forårsager en opfattelse af GMO som risikable, som igen forårsager modstand.¹⁰⁹ Altså, at de der opfatter GMO som afskyelige/unaturlige også opfatter GMO som mere risikable. Samtidig tyder disse resultater på, at ikke alle

104 Kampfmayr Food Innovation Study, citeret i Román et al. (2017), cit. note 6.

105 Lusk (2019), cit. note 5.

106 Scott, Inbar & Rozin (2016).

107 Gray, Kurt & Schein, Chelsea (2016). No Absolutism Here: Harm Predicts Moral Judgment 30x Better than Disgust—Commentary on Scott, Inbar & Rozin (2016), *Perspectives on Psychological Science* 11(3), pp. 325-329.

108 Det er diskutabelt hvor meget større effekten er, men der er enighed om at den er større. Se Inbar, Yoel; Scott, Sydney E. & Rozin, Paul (2016). Gray & Schein's (2016) Objections Are Theoretically and Statistically Faulty, *Perspectives on Psychological Science* 11(3), pp. 330-332.

109 Moon, Wanki & Balasubramanian, Siva K. (2004). Public Attitudes Towards Agrobiotechnology: The Mediating Role of Risk Perceptions on the Impact of Trust, Awareness, and Outrage, *Review of Agricultural Economics* 26(2), pp. 186-208.

absolutte modstandere – der altså mener, at risiko og fordele ikke er relevante for om GMO bør tillades – mener det lige alvorligt. I hvert fald er de absolutister, der tror GMO er meget risikable, mere entusiastiske for at regulere dem, end absolutister, der ikke mener GMO er meget risikable. Desuden viser absolutistisk modstand ikke, at skade ikke er årsag til modstanden mod fx incest eller GMO. Hvis du for eksempel blev spurgt, om du ville være imod at tillade produktion af børneporno selv hvis det ikke havde nogen skadelige effekter på børnene, så ville du sandsynligvis svare ja. Men det ændrer ikke ved, at skader på børnene er *grunden til* at du er imod børneporno. Din absolutistiske modstand er blot en måde at udtrykke en særlig stærk afstandtagen til børneporno på.

Der er altså groft sagt to fortolkninger af årsagerne til, at naturlighed er associeret med modstand mod GMO. Ifølge den første fortolkning, der støtter naturlighedshypotesen, reagerer folk med afsky på GMOers unaturlighed. De er derfor absolutte modstandere mod GMO, og ser unaturlighed som noget der er forkert eller dårligt i sig selv. Vi kunne kalde tilhængere af denne fortolkning *naturlighedsteoretiker*. Ifølge den anden fortolkning er grunden til, at folk er modstandere mod GMO ultimativt, at de opfatter dem som risikable (og, tæt knyttet til dette, uden væsentlige fordele). Absolut modstand er langt hen af vejen en illusion. Og grunden til, at opfattelser af GMO som unaturlige er associeret med modstand er, at folk opfatter det unaturlige som farligt eller risikabelt. Tilhængere af denne fortolkning kunne vi kalde *risikoteoretikere*.

Naturlighedsteoretikerne har nogle argumenter for, at naturlighed opfattes som en værdi i sig selv, og ikke bare som en proxy for risiko. En del af dem har jeg nævnt ovenfor. For det første erklærer en række modstandere sig altså selv for absolutte modstandere, og siger dermed eksplicit at risiko ikke er relevant for dem. For det andet foretrækker folk naturlige ting (konkret en type medicin) frem for syntetiske selvom de to er kemisk identiske, og de forklarer deres blivende modstand med naturlighedsargumenter.¹¹⁰ For det tredje opretholder folk deres afsky selvom den afskyvækkende ting ikke er risikable, som fx en chokoladehundelort. For det fjerde ændrer folk ikke deres modstand mod GMO når de får at vide, at GMO faktisk ikke er risikable.¹¹¹ De tre sidste argumenter er altså grundlæggende varianter af det samme: Modstand/afsky forsvinder ikke, selv når risiko-elementet eksplicit er fjernet.

Risikoteoretikerne har dog et svar på disse argumenter: Nemlig at det at modstanden forbliver er, at folks opfattelse af, at GMO er risikabelt ikke forsvinder, selv om det får at vide, at GMO ikke er risikabelt. Naturen og det naturlige er dybt forbundet med ideer, som får det unaturlige til at fremstå som farligt. I en fokusgruppeundersøgelse identificerede forskerne fx udbredte ideer om naturen som vis og godartet, og som en kompleks og sart balance som vi let kan ødelægge (med store negative konsekvenser for os selv).¹¹² Der er altså en grundlæggende opfattelse af, at det er farligt at blande

110 Rozin, Paul et al. (2004). Preference for natural: instrumental and ideational/moral motivations, and the contrast between food and medicines, *Appetite* 43, pp. 147-154.

111 Scott et al. (2018), cit. note 9.

112 Coyle, Fiona & Fairweather, John (2005). Space, time and nature: exploring the public perception of biotechnology in New Zealand, *Public Understanding of Science* 14, pp. 143-161.

sig i naturen. Og ifølge risikoteoretikerne er denne dybtliggende opfattelse af det unaturlige som farligt årsagen til at folk er kritiske over for det unaturlige – inklusive GMO – selv når de får at vide, at der ikke er nogen grund til at tro, at det unaturlige er farligt: De tror simpelthen ikke på at det unaturlige ikke er farligt.

Debatten mellem naturlighedsteoretikerne og risikoteoretikerne har en parallel i moralpsykologien generelt, som måske kan illustrere situationen fsva. GMO. Debatten drejer sig om, hvorvidt folk opfatter forskellige handlinger, der ikke skader nogen, som moralsk forkerte. Et klassisk eksempel er historien om Julie og Mark:

Julie og Mark er bror og søster, og går begge på universitetet. De er på sommerferie i Frankrig sammen. En aften overnatter de i en hytte nær ved vandet. De taler sammen og finder ud af, at det ville være interessant og sjovt at have sex. Julie tager p-piller, men for en ekstra sikkerheds skyld bruger Mark også kondom. De beholder deres oplevelse som en særlig hemmelighed mellem sig, hvilket får dem til at føle sig endnu tættere på hinanden end før.¹¹³

De fleste af de forsøgspersoner, der blev præsenteret for historien om Julie og Mark mener, at det er forkert af de to søskende at have sex. Og interessant nok fremhæver de fleste forskellige mulige skadelige effekter, først og fremmest i forhold til indavl, eller til følelsesmæssige skader for Julie og Mark – selvom historien altså specificerer, at der ikke er nogen risiko for disse ting. Når forsøgspersoner bliver gjort opmærksomme på, at der jo ikke var nogen skadelige effekter, så acceptere de fleste dette. Og de fleste ender med ikke at kunne give nogen grunde til, at Julie og Mark har gjort noget moralsk forkert, eller med at sige at sige at sex mellem søskende simpelthen bare er forkert. De er, som det formuleres, *moralsk lamslåede*. Og standardfortolkningen er, at folk føler en umiddelbar aversion mod ideen om sex mellem søskende, og at de grunde, de giver, er nogen de finder på for at rationalisere deres umiddelbare afsky. Det er altså i grove træk den samme analyse, som naturlighedsteoretikerne giver af GMO.

Men der er grund til at være skeptisk over for standardfortolkningen. Det viser sig nemlig, at forsøgspersoner, der hører historien om Julie og Mark er tilbøjelige til at benægte at de to søskendes adfærd ikke har nogen skadelige effekter (eller i hvert fald risiko for sådanne).¹¹⁴ Samtidig trak de i mange tilfælde deres accept af, at Julie og Marks handling var uskadelig, tilbage. Forsøgspersonerne er altså ikke så meget lamslåede som *van tro* – de accepterer ikke, at der ingen skade sker ved at Julie og Mark har sex. I naturligheds-casen svarer det til, at folk der får at vide at en naturlig og en unaturlig ting er kemisk identiske, simpelthen ikke accepterer, at de to ting er identiske på alle relevante punkter (enten fordi de ikke tror, at de to *kan* være kemisk identiske, eller fordi de ikke tror, at kemiske identiske ting har samme effekter). Og i en GMO-case svarer det til, at folk ikke tror på, at GMO ikke er risikable eller skadelige, selvom de får at vide at de ikke er det (og får fremlagt videnskabelig evidens for det).

113 Oversat fra Haidt, Jonathan (2001). The Emotional Dog and its Rational Tale: A Social-Intuitionist Approach to Morality, *Psychological Review* 108(4), pp. 814-834.

114 Royzman, Edward B., Kim, Kwanwoo & Leeman, Robert F. (2015). The curious tale of Julie and Mark: Unraveling the moral dumbfounding effect, *Judgment and Decision Making* 10(4), pp. 296-313.

Der er så vidt vides ikke foretaget nogen systematiske undersøgelser af, om folk der er modstandere af GMO selvom de får at vide, at de er ufarlige, er vantro på den nævnte måde. Men her til sidst vil jeg alligevel fremhæve nogle (indrømmet lettere spekulative) grunde til at formode, at vantro er på spil. For det første kan en vantrohedseffekt forklare den meget udbredte tendens blandt GMO-modstandere til at fremhæve muligheden for uforudsete effekter der ligger langt ude i fremtiden. Det fortolkes ofte sådan, at disse modstandere er tilhængere af en meget stærk variant af forsigtighedsprincippet – en variant, som de fleste eksperter er enige om er uholdbar. Men fra et risikoteoretisk perspektiv er der en anden mulig forklaring: Nemlig at folk slutter fra unaturlighed til at der sandsynligvis vil være negative effekter, og så reagerer på evidens for at der ikke er påvist negative effekter ved at fokusere på, at forskningen ikke har undersøgt (eller kan undersøge) meget langsigtede effekter.

For det andet er der grund til at tro, at den tilbøjelighed til at føle afsky, som naturlighedsteoretikerne fremhæver, nærmere kan forklares som et udtryk for en særlig type frygt end som en etisk afstandtagen. Det viser sig for eksempel, at tilbøjelighed til at føle afsky har en stærkere sammenhæng med frygt for ting, der ikke på nogen måde kan fortolkes som moralsk problematiske på, end med frygt for ting, der kan fortolkes sådan – inklusive GMO.¹¹⁵ Det gælder fx frygten for terrorangreb, for at en elevator skal styrte ned, og for Irans atomvåbenprogram. Samtidig er den *form* for afsky, som folk føler mod GMO mere korreleret med frygt end med absolutistisk moralsk afstandtagen. I en undersøgelse af forholdet mellem forskellige betydninger af ”afsky” og GMO-modstand var det primært det at være ”creeped out” (have myrekryb) der forklarede GMO modstand.¹¹⁶ Andre former for afsky, som fx det at få kvalme eller miste appetitten, var ikke associeret med modstand.

Forskerne undersøgte som opfølgning, hvad folk forbinder med at være ”creeped out”, og fandt at det i høj grad drejer sig om nervøsitet og uro over en potentiel trussel – fx en skummelt udseende mand der følger efter dig på vej hjem en sen aften. Hvad der er nok så interessant er at den type frygt, som ”creeped out” er forbundet med, svarer godt til det Paul Slovic og kolleger har kaldt ”ukendte risici”, og som almindelige mennesker er særligt bekymrede for.¹¹⁷ Ukendte risici er blandt andet kendetegnet ved at stamme fra nye og ukendte teknologier, ved at eventuelle effekter først viser sig efter lang tid, og ved man kan blive påvirket uden at vide det – og GMO forbindes med netop sådanne karakteristika.¹¹⁸ Det tyder altså også på, at den dybere årsag til, at folk er imod GMO på grund af unaturlighed er, at de er ”creeped out” over de mulige negative effekter af at skabe, dyrke og spise genmodificerede planter.

115 Kahan, Dan M. & Hilgard, Joseph (2016). The Impact of Pathogen-Disgust Sensitivity on Vaccine and GM Food Risk Perceptions: Some Evidence for Skepticism, *Yale Law and Economics Research Paper no. 568*.

116 Royzman, Edward B., Cusimano, Corey & Leeman, Robert F. (2017). What lies beneath? Fear vs. disgust as affective predictors of absolutist opposition to genetically modified food and other new technologies, *Judgment and Decision Making* 12(5), pp. 466-480.

117 Slovic, Paul (2000). *The Perception of Risk*.

118 Finucane, Melissa L. & Holup, Joan L. (2005). Psychosocial and cultural factors affecting the perceived risk of genetically modified food: An overview of the literature, *Social Science and Medicine* 60, pp. 1603-1612.

Konklusion

Hvis det er rigtigt, at naturlighedsargumenter mod GMO kan forstås som særligt indgroede eller rodfæstede bekymringer over risici, hvordan skal vi så behandle dem? Det er klart, at hvis naturlighedshypotesen ikke er korrekt, så må vi også afvise de forslag til, hvordan naturlighedsargumenter skal håndteres, som jeg nævnte i indledningen: Vi kan hverken se naturlighedsargumenter som særlige etiske bekymringer, som ikke kan ”argumenteres væk”, men bør respekteres. Ej heller kan vi simpelthen afvise dem som fjollede, eller for kontroversielle – de bunder jo ultimativt i en bekymring for skadelige effekter, som alle er enige om er relevante. Til gengæld kan vi afvise dem som forkerte: Der er ikke nogen grund til at tro, at det er farligt at blande sig i naturen, eller for at genmodificerede fødevarer som sådan skulle være risikable. Det skal dog understreges, at det ikke betyder, at risiko ikke giver nogen grunde til at regulere GMO – men det gør det, fordi GMOer er *nye* planter, ligesom andre forædlede sorter er det. Det skal også understreges, at der findes argumenter baseret på naturlighed eller naturens værdi, som har noget for sig – men disse argumenter giver bare ikke nogen særlig gode grunde til at begrænse GMO (se noten om restriktioner på GMO for både risiko- og naturlighedsargumenter).

FØLGENDE ARTIKLER INDGÅR SOM BAGGRUNDSMATERIALE:

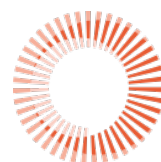
Röcklinsberg H and Gjerris M (2018): Potato crisps from CRISPR-Cas9 modification – aspects of autonomy and fairness, in Springer S and Grimm H: *Professionals in Food Chains*. Wageningen Academic Publishers pp. 430-35
<http://www.etiskraad.dk/~media/Etisk-Raad/Etiske-Temaer/Natur-klima-og-foedevarer/GMO-2019/Potato-crisps-from-CRISPR-Cas9-modification.PDF>

Myskja B, Schouten H & Gjerris M (2015): Ethical distinctions between different kinds of plant breeding. In: Dumitras DE, Mugurel JI & Aerts S (eds.): *Know your food: food ethics and innovation*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, pp. 95-100
<http://www.etiskraad.dk/~media/Etisk-Raad/Etiske-Temaer/Natur-klima-og-foedevarer/GMO-2019/Ethical-distinctions-between-different-kinds-of-plant-breeding.pdf>

DET ETISKE RÅD

kontakt@etiskraad.dk

Tel: +45 72 21 68 70



**DET
ETISKE
RÅD**