

Konsekvenser af genmodificerede afgrøder for økologisk jordbrug



Gösta Kjellsson og Birte Boelt (Red.)

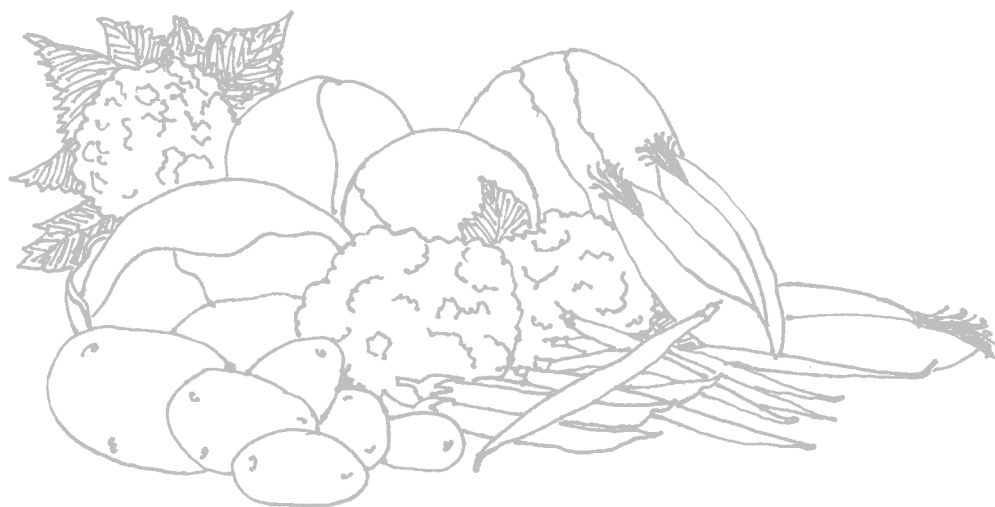


Forskningscenter
for Økologisk Jordbrug



Konsekvenser af genmodificerede afgrøder for økologisk jordbrug

Gösta Kjellsson og Birte Boelt (Red.)



Forskningscenter for Økologisk Jordbrug 2002

FØJO-rapport nr. 16/2002

Konsekvenser af genmodificerede afgrøder for økologisk jordbrug

Forfattere

Gösta Kjellsson, Birte Boelt, Preben Bach Holm, Birger Lindberg Møller, Inger Bertelsen, Peter Kryger Jensen, Christian Damgaard, Lise M. Frohn, Jørgen Brandt, Per Løfstrøm, Beate Strandberg, Svend Pedersen, Jan Pedersen og Gitte Silberg Poulsen

Udgiver

Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO)

Udgivet

Maj 2002

Layout

Forside: Enggaardens Tegnestue

Indhold: Grethe Hansen, Forskningscenter for Økologiske Jordbrug

Fotos på omslag

E. Keller Nielsen

Tryk: DigiSource A/S, Viborg

Papir: 90 g Cyklus print

Sidetæl: 136

ISSN: 1398-716X

Pris: 100,- kr. inkl. moms og forsendelse

Købes hos

Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO)

Foulum

Postboks 50

8830 Tjele

Tlf. 89 99 16 75, fax 89 99 16 73

E-mail: foejo@agrsci.dk

Forord

I Europa og resten af verden forventes det - trods en betydelig forbrugerskepsis - at anvendelsen af genmodificerede planter (GMP) vil stige i de kommende år. I økologisk jordbrug må der ikke anvendes GM-planter, men en stigende udbredelse af GM-afgrøder i det konventionelle jordbrug vil øge risikoen for GM-forurening af økologiske marker og produkter.

Forureningen kan eksempelvis forårsages af pollen og/eller frø fra konventionelle nabo-marker med GM-afgrøder, eller den kan opstå, når et økologisk landbrug anvender ikke-økologisk gødning, såsæd eller foder.

Ifølge lovgivningen på området skal de genmodificerede afgrøder gennemgå en grundig risikovurdering inden de frigives til kommerciel anvendelsen. Denne risikovurderingen inddrager imidlertid ikke i sin nuværende form problemer i relation til økologiske dyrkningsformer.

På denne baggrund besluttede FØJO's bestyrelse og brugerudvalg i slutningen af 1999 at iværksætte en vidensyntese, som skulle sammenstille og diskutere den eksisterende viden om konsekvenser af GM-afgrøder for økologisk jordbrug. Målet med vidensyntesen var således at få viden, der gør det muligt at forholde sig aktivt til virkningerne af genmodificerede afgrøder i landbruget.

I nærværende rapport gennemgås de problemstillinger, som er behandlet i vidensyntesen. Den eksisterende viden opsummeres, og for hvert område beskrives mulighederne for at forholde sig til de skitserede problemstillinger.

Et af de forhold, som tidligt stod klart, var, at det er afgørende, at adgangen til økologisk, GMP-fri udsæd sikres for en række specifikke arter. Sideløbende med nærværende vidensyntese om konsekvenser af genmodificerede afgrøder er der derfor udarbejdet en vidensyntese om *Produktion af sygdomsfri såsæd af høj kvalitet*.

Endvidere blev der i forbindelse med finanslovsforliget for 2001 afsat i alt 32 mio. kr. til forskning i dyrkningsmetoder, der begrænser sygdomsudviklingen, udvikling af direkte bekæmpelsesmetoder og sikring af sortsvalg/forædling tilpasset behovene i det økologiske jordbrug, herunder forskning i GMO-fri såsæd.

Den viden og de problemstillinger, som er blevet klarlagt i de to vidensynteser, har dannet et solidt grundlag for iværksættelse af denne forskningsindsats, som nu er under etablering i FØJO.

De eksperter, herunder forskere, forædlere, landmænd, rådgivere og repræsentanter for såsædsbranchen som har deltaget i vidensyntesen, takkes for den store indsats, som er blevet ydet i arbejdet.

*Erik Steen Kristensen
Forskningscenter for Økologisk Jordbrug
Maj 2002*

Indhold

Forord	3
Indholdsfortegnelse	5
Sammendrag	9
1 Baggrund og formål	13
<i>Gösta Kjellsson og Birte Boelt</i>	
1.1 Genmodificerede afgrøder og økologisk jordbrug.....	13
1.2 Formål med videnssynthesen.....	14
1.3 Sammensætning af ekspertgruppe.....	15
1.4 Problemopfattelse og diskussion	16
1.5 Litteratur	16
2 Plantebiologisk forskning og udvikling	17
<i>Preben Bach Holm og Birger Lindberg Møller</i>	
2.1 Indledning	17
2.2 Udvikling inden for den basale og anvendte planteforskning.....	18
2.3 Forskning og udvikling i tredjeverdenslande	20
2.4 Fødevarer- og fodersikkerhed i fremtiden	20
2.5 Den fremtidige planteforædling	21
2.6 Samlet vurdering vedrørende den konventionelle forædling	27
3 Økologisk jordbrug nu og i fremtiden	31
<i>Birte Boelt og Inger Bertelsen</i>	
3.1 Indledning	32
3.2 Principper for økologisk jordbrug.....	32
3.3 Bedriftstyper og afgrødefordeling.....	33
3.4 Fremtidig udvikling i bedriftstyper og afgrødefordeling	35
3.5 Økologisk udsæd og sortsvalg.....	38
3.6 Økologisk gødning.....	39
3.7 Økologisk foder.....	40
3.8 Forbrug og eksportpotentiale for økologiske fødevarer	41
3.9 Litteratur	42

4	Kontrolleret spredning	45
	<i>Birte Boelt og Inger Bertelsen</i>	
4.1	Indledning	46
4.2	Udsæd.....	47
4.3	Gødning.....	54
4.4	Foder	55
4.5	Dyrkningsmæssige foranstaltninger til reduktion af den kontrollerede spredning	57
4.6	Videns- og forskningsbehov	58
4.7	Litteratur	59
5	Ukontrollabel spredning af GM-egenskaber via pollen og frø.....	63
	<i>Gösta Kjellsson og Peer Kryger Jensen</i>	
5.1	Indledning	64
5.2	Spredning af pollen og frø.....	65
	5.2.1 Spredning af GM-pollen.....	65
	5.2.2 Ikke-mål effekter af spredning med GM-pollen.....	67
	5.2.3 Spredning af GM-frø med vinden eller med dyr	68
	5.2.4 Overlevelse af GM-frø i jorden	69
5.3	Hybridisering mellem GM-afgrøder og vilde arter	70
5.4	Indflydelse af sædskifte og andre faktorer på GMP-spredning og etablering	72
5.5	Videns- og forskningsbehov	73
5.6	Litteratur	79
6	Muligheder for begrænsning af ukontrollabel GMP-spredning.....	85
	<i>Gösta Kjellsson, Christian Damgaard, Lise M. Frohn, Jørgen Brandt, Per Løfstrøm og Beate Strandberg</i>	
6.1	Indledning	86
6.2	Genetiske sprednings- og invasionsmodeller.....	87
6.3	Atmosfæriske modeller for spredning af pollen.....	89
6.4	Fortyndingsmodel for bestøvning med GM-pollen i marken	90
6.5	Modeller for frøoverlevelse i jorden.....	91
6.6	Overvågning af GM-planter	92
	6.6.1 Monitering af effekter af GM-afgrøder på miljøet i marken.....	94
6.7	Videns- og forskningsbehov	95
6.8	Litteratur	96

7	Regulering, kontrol og risikovurdering af GM-planter	101
	<i>Svend Pedersen, Gösta Kjellsson, Jan Pedersen og Gitte Silberg Poulsen</i>	
7.1	Indledning	102
7.2	Regulering og kontrol af GM-afgrøder	103
7.2.1	Regulering og kontrol af GM-frø	103
7.2.2	Nye regler for sporbarhed, mærkning og markedsføring	104
7.2.3	Regler for økologisk jordbrug	104
7.2.4	Prøveudtagning og analyse af GM-indhold	106
7.3	Miljømæssig risikovurdering af GMP	107
7.3.1	Økologisk risikovurdering af GMP	108
7.3.2	Landbrugsmæssig risikovurdering af GMP	110
7.3.3	Sundhedsmæssig risikovurdering af GMP	111
7.4	Udvikling og tendenser i forsøg og dyrkning af GMP	113
7.4.1	Forsøgsudsætninger med GMP i EU	113
7.4.2	GMP-dyrkningens omfang	114
7.5	Videns- og forskningsbehov	117
7.6	Litteratur	117
8	Syntese og konklusioner	119
	<i>Gösta Kjellsson og Birte Boelt</i>	
8.1	Indledning	119
8.2	Spredning og udbredelse af GMP inden for de enkelte afgrøder	119
8.3	Tiltag til reduktion af kontrolleret spredning	122
8.4	Tiltag til reduktion af ukontrollabel spredning	123
8.5	Forventet udvikling for brugen af GM-afgrøder	125
8.6	Lovgivning og kontrol til begrænsning af GM-spredning	126
8.7	Videns- og forskningsbehov	127
Bilag 1	EU direktiver og danske bekendtgørelser vedr. frø	131
Bilag 2	Forslag til tærskelværdier for tilladt indhold i konventionel såsæd af EU-godkendte GMO'er, dyrkningsintervaller samt isolationsafstande ved produktion af såsæd (Arbejdsdokument SANCO/1542/00 af 25. maj 2001)....	132
Bilag 3	Nye regler om genetisk modificerede fødevarer og foderstoffer	133
Bilag 4	Nye regler om sporbarhed og mærkning af GMO	134
Bilag 5	Status for markedsføringsansøgninger GM-planter i EU (juli 2001)	135

Sammendrag

Den foreliggende FØJO vidensyntese om "Konsekvenser af genmodificerede afgrøder for økologisk jordbrug" sammenstiller og analyserer de risici, som den bioteknologiske udvikling inden for planteavlsområdet udgør for den økologiske jordbrugsproduktion i Danmark. Heri er kravet om GMO-frihed i den økologiske produktionskæde og forbrugernes tillid til de økologiske fødevarer centrale forudsætninger. Vidensyntesen indgår som et led i FØJO II forskningsprogrammet i økologisk og GMO-fri såsæd. Arbejdet med at sammen skrive, diskutere og kommentere vidensyntesen er udført af en faglig, bredt sammensat ekspertgruppe på i alt 16 medlemmer fra Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks JordbrugsForskning, Landsforeningen for Økologisk Jordbrug, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Landbrugets Rådgivningscenter, Plantedirektoratet, Fødevarerdirektoratet, Forskningscenter Risø og Skov og Naturstyrelsen.

Hovedformålet har været at sammenfatte og diskutere eksisterende viden vedrørende effekterne af genmodificerede planter (GMP) og afgrøder, så der skabes (syntetiseres) et beslutningsgrundlag for det økologiske jordbrug. Samtidig har målet været at sammenstille nogle konkrete forslag til dyrkningsmæssige og regulative tiltag, der understøtter den økologiske tankegang. De vigtigste delelementer i syntesen har været: de økologiske principper og landbrugsdrift, den forventede bioteknologiske udvikling, risikoen for spredning af GMP med udsæd, foder og gødning samt via pollen og frø i marken, den lovgivningsmæssige kontrol og regulering af GMP samt muligheder for overvågning og begrænsning af spredningen.

I **kapitel 1** opridses baggrunden for vidensyntesen i den forventede bioteknologiske og lovgivningsmæssige udvikling, der forventes at føre til nye EU-markedsføringsgodkendelser i løbet af 2002. Formålet med vidensyntesen uddybes til: analyse af fremtidig brug af GM-afgrøder og forskelle mellem plantearter, forureningsrisiko ved import af ikke-økologiske produkter, vurdering af GM-spredning med pollen og frø til økologiske marker, krav til omlægningstid og dyrkningsmetoder samt udarbejdelse af forslag til hvordan effekterne af GMP kan minimeres. Ansvar for det faglige indhold og formuleringerne i de enkelte kapitler påhviler de pågældende forfattere. Vidensyntesen er ikke nogen koncensusrapport, selv om der var enighed om langt de fleste beslutninger. Arbejdet i ekspertgruppen var dog præget af en vis uenighed vedrørende sproglige formuleringer og konceptopfattelse især af de i praksis synonyme begreber "GM-forurening" kontra "utilsigtet indblanding".

Udviklingen inden for den plantebioteknologiske forskning beskrives i **kapitel 2** på baggrund af de eksisterende og fremtidige konventionelle teknikker til forædling. I den nuværende transformationsteknologi sker genoverførslen hovedsagelig ved hjælp af *Agrobacterium* eller via partikelbeskydning efterfulgt af selektion ved hjælp af antibiotika- eller herbicidresistensgener. I den nyeste bioteknologi anvendes selektionsgener, der sundhedsmæssigt er mindre problematiske samt mere præcise metoder. Desuden er der udviklet flere transgener, der minimerer mulighederne for GM-spredning via pollen og frø. Inden for en tidshorisont på 5 år vil genmodificerede roer, raps og majs sandsynligvis være introducerede i dansk jordbrug. De vigtigste genmodificerede egenskaber i dyrkede GM-afgrøder på glo-

balt plan forventes at blive: herbicidresistens, insekt- og nematoderesistens, svampe- og virusresistens samt ændret stivelses-, protein- og kulhydratindhold.

Gennem de seneste år er antallet af økologiske jordbrugsbedrifter og hermed det økologiske landbrugsareal steget. Udviklingstendenserne varierer betydeligt inden for de forskellige driftsgrene, hvilket er beskrevet i **kapitel 3**. Det ideologiske grundlag for økologisk jordbrug bygger på fundamentale principper omkring kredsløb, forsigtighed og nærhed. GMO er grundlæggende uønsket, hvilket dog præciseres til, at økologiske landmænd ikke ønsker at være afhængige af GMP i produktionen. Den fremtidige udvikling vurderes at afhænge af afsætningsmulighederne for økologiske produkter såvel i ind- som i udland, samt tilgængeligheden af økologisk udsæd af ”passende sorter”, økologisk foder – specielt proteinafgrøder samt en tilstrækkelig næringsstofforsyning specielt på husdyrløse plantavlbedrifter.

Aktuelt er udviklingen inden for økologisk jordbrug afhængig af anvendelse af konventionelle produkter i form af udsæd, foder og gødning (**kapitel 4**). Med en forventet stigende anvendelse af GM-afgrøder i det konventionelle jordbrug, må der således også forventes en større indblandingsrisiko af GMO ved import af ikke-økologiske produkter. Der er for øjeblikket en utilstrækkelig forsyning af økologisk udsæd inden for bælgssæd, hvidkløver, lucerne, roer, grønsager samt hybrid-raps. Visse af disse arter er fremmedbefrugtere og karakteriseres som afgrøder med en stor risiko for indkrydsning eller indblanding af GMP. Omfanget af spredningsrisikoen i de økologiske sædskifte er vurderet ud fra GM-frøets evne til at etablere sig i marken, evne til at vokse og udvikle sig i en anden afgrøde samt evnen til at gennemføre en hel livscyklus med heraf følgende risiko for frøspild. Raps frem-

hæves i den forbindelse, som værende den art, som for øjeblikket udgør den største spredningsrisiko. Fodring til økologiske svine- og fjerkræbesætninger baseres i høj grad på soya-bønne som proteinkilde. Soyabønne udgør en stigende kilde til GM-indblanding, men ved vurdering af spredningsrisikoen fremhæves, at soya indgår i formalet form, og at den kun i meget begrænset udstrækning kan etablere sig og gennemføre en vækstsæson med deraf følgende frøspild i danske sædskifter.

I **kapitel 5** er betydningen af de naturlige, ukontrollable spredningsveje for GMP via pollen og frø samt ukrudtshybrider blevet analyseret. Det meste pollen af fremmedbestøvede arter spredes inden for 100-200 m fra marken, men pollen af raps, roer og majs kan spredes med vind eller bier i mindre omfang i op til 1–3 kilometers afstand. Analysen viste, at byg, hvede, markært, hestebønne og kartoffel er i lavrisikogruppen for GM-spredning og hybridisering, mens raps, hvid- og rødkløver, lucerne, majs, rajgræs, rug og de fleste fodergræsser tilhører højriskogruppen. Specielt raps er problematisk, da hybrider mellem raps og agerkål eller kiddike let etableres, allerede findes mange steder og kan blive kilder for videre spredning af GM-egenskaber. Spildfrø af kornsorterne overlever generelt mindre end et år i jorden og udgør derfor ikke noget større problem. Derimod kan frø af raps, roer, rajgræs, sneglebælg, hvid- og rødkløver overleve i måske 5 til 20 år og vil derfor kræve særlige forholdsregler for at undgå, at eventuelle GM-typer overlever.

Forskellige muligheder til at forudsige spredning af GMP ved hjælp af modeller beskrives i **kapitel 6**. De kritiske stadier i planternes livscyklus fra frø til blomstrende plante er udgangspunkt for at forebygge og begrænse en uønsket spredning. Mulighederne for at forudsige invasion på baggrund af planteegenskaberne er dog generelt dårlige. Der-

imod er det muligt at udvikle en model, som beskriver pollenspredning med vinden over længere afstande i forhold til pollenkoncentration, tidsforløb, faldhastighed og vindforhold. En anden model vil kunne anvendes til at forudsige, hvordan bestøvningen med GM-pollen aftager fra randen mod midten af den økologiske mark. Resultaterne fra sådanne modeller vil kunne bruges til at foreslå isolationsafstande mellem GM-marker og økologiske afgrøder samt GM-kritiske sikkerhedszoner i randen af økologiske marker. Forslag til overvågning af GM-spredning, forekomst af GMP og GM-ukrudtshybrider samt kontrol af frøspild er skitseret.

Mulighederne for at regulere og effektivt kontrollere spredningen af GMP til det økologiske landbrug analyseres i **kapitel 7** på baggrund af den eksisterende EU-lovgivning på området. En række EU-direktiver og danske bekendtgørelser om handel og mærkning af frø forventes at få indføjet bestemmelser om tærskelværdier for tilladt indhold af GM-frø i konventionel såsæd samt dyrkningsintervaller og isolationsafstande. For visse arter er de gældende danske standarder strengere. De nuværende regler for økologisk jordbrug og en udvidet kontrolprocedure for såsæd, foderstof og økologisk produktion beskrives. Kvalitative og kvantitative analysemetoder for GM-indhold beskrives i relation til muligheden for at anvende 1% grænseværdien. Betydningen af det reviderede EU-udsætningsdirektiv (2001/18/EF) for den miljømæssige risikovurdering af GMP ved forsøgsudsætninger og markedsføringssager beskrives og relateres til økologisk jordbrug. Der har i alt været 1762 forsøgsudsætninger med ca. 60 plantearter i EU indtil maj 2002, heraf hovedparten med genmodificeret majs, raps, roe og kartoffel. Hidtil er kun 4 typer majs, 1 type soja, 2 raps og 1 cikoriesalat blevet tilladt til markedsføring i EU. Heraf er 1 majs, 1 soja og 1 raps kun tilladt til import, den anden raps samt

cikorie er kun godkendt til produktion af frø. Der har været en begrænset produktion af GM-majs i Spanien, Tyskland og Frankrig. Der er for nærværende ingen GMP-sorter, som er tilladte til dyrkning i Danmark. På verdensplan er de vigtigste GM-afgrøder: soja, bomuld, raps og majs.

De vigtigste konklusioner i videnssynthesen med forslag til tiltag, der reducerer både den kontrollerede og den ukontrollable spredning af GMP samt viden- og forskningsbehov inden for området, er syntetiseret i **kapitel 8**. I en sammenstilling diskuteres konsekvenserne af den naturlige spredning med pollen og frø samt den menneskeskabte spredning med udsæd, foder og gødning for de almindeligste økologiske afgrøder: raps, majs, foder- og sukkerroe, lucerne, soja, hvede, byg, rug, rød- og hvidkløver, fodergræsser, guleros, havekål, olieræddike, radise og kartoffel. Den mest oplagte mulighed for at begrænse den kontrollerede spredning af GMP til økologisk jordbrug vil være at udelade anvendelse af ikke-økologiske produkter. Dette forudses imidlertid under de nuværende omstændigheder som en meget drastisk foranstaltning, men der bør iværksættes udviklings- og forskningsprojekter til frembringelse af økologisk udsæd i de arter, hvor der for øjeblikket er utilstrækkelig forsyning, samt til frembringelse af proteinafgrøder til erstatning af sojabønner i økologiske foderblandinger. Forskellige dyrkningsmæssige tiltag til reduktion af GMP-spredning er omtalt, og specielle forhold omkring omlægningstid for jord er diskuteret. Da frø af mange afgrøder (se ovenfor) kan overleve adskillige år i jorden, bør der monitoreres og undersøges for forekomst af GMP-frø eller GM-hybrider. Afhængig af resultatet, kan det blive nødvendigt at udvide omlægningstiden fra konventionelt landbrug til økologisk dyrkning på de arealer, hvor der forud har været dyrket GM-afgrøder.

Virkningerne af den naturlige, ukontrollable GMP-spredning med pollen til økologiske marker kan formindskes ved forskellige dyrkningsmæssige tiltag. Det foreslås, at isolationsafstande mellem GM-afgrøder og økologiske marker fastsættes svarende til kravene for økologisk udsæd. For de spredningskritiske afgrøder, der er nævnt ovenfor, bør isolationsafstanden til GMP-marker øges i relation til afgrødens anvendelse til måske 2-3 km. Dette udelukker ikke, at der kan ske spredning, men minimerer omfanget stærkt. Længere isolationsafstande eller helt GMP-fri landsdele bør overvejes, men er formentlig urealistiske af både praktiske og politiske grunde. En anden mulighed til at mindske

spredningsrisikoen for nogle afgrøder såsom raps og majs er at anvende værnebælter (sikkerhedszoner) omkring marken, hvor afgrøden ikke certificeres som økologisk. Det er under sædskiftet også muligt i et vist omfang at anvende lavrisikoafgrøder med ingen eller ringe risiko for GM-spredning. Etableringen af et overvågnings-program er vigtigt for tidligt at kunne opdage GM-hybrider og GMP-spildplanter og mindske risikoen for yderligere spredning. Det er også vigtigt at standardisere metoderne til prøvetagning for GMP-indblanding i økologisk udsæd og foder. Det foreslås, at de økologiske dyrkere tager konkret stilling til anvendelsen af en fast grænseværdi for GM-indhold i økologiske produkter.

1 Baggrund og formål

Gösta Kjellsson ¹ og Birte Boelt ²

¹ Afd. for Terrestrisk Økologi, Danmarks Miljøundersøgelser

² Afd. for Plantebiologi, Danmarks JordbrugsForskning

1.1 Genmodificerede afgrøder og økologisk jordbrug

En opinionsundersøgelse foretaget i 1996 viste, at den europæiske forbruger generelt er skeptisk over for brug af den moderne bioteknologi i plante- og fødevarerproduktion (EC 1997). Også danskerne er blevet mere skeptiske over for bioteknologi. Fra 1989 til 2000 er andelen af tilhængere således faldet fra 24 til 17 procent, selv om den generelle viden om bioteknologisk forskning er stor (Mejlgaard & Siune, 2001). Denne skepsis, der foruden i Danmark er særlig udtalt i de øvrige skandinaviske lande, Østrig og nu også England, bygger på en række forhold og holdninger til teknologien (usikkerhed om risici, etiske forbehold, fokusering på sprøjtemiddel-teknologien, faren for monopolisering og produktafhængighed). Samlet set burde denne tendens øge efterspørgslen af økologiske produkter. I forvejen er forbruget af økologiske produkter pr. individ i EU højest i Danmark efterfulgt af Østrig, Sverige, Italien og Tyskland (Sylvander & Le Floch-Wadel, 2000).

Risikoen for forurening fra genmodificerede (GM-) planter udgør imidlertid et voksende problem for økologisk planteavl både med hensyn til dyrkningsmæssig håndtering og forbrugernes tillid til produkterne. Kravet om en garanteret frihed for genmodificerede organismer (GMO) i kæden af produkter er for nærværende centralt for det økologiske jordbrug (Nijhoff & Andersson, 2001). Dette vil stille øgede krav til regulering og mærkning af produkter.

Det vil i praksis være vanskeligt at dyrke økologiske afgrøder i områder, hvor der også findes GM-afgrøder, uden at der sker en vis pollen- og frøspredning fra GM-planter. En engelsk undersøgelse har således peget på, at der kræves særlige indsatser fra det økologiske jordbrug for at sikre udsæd og produktion mod genetisk forurening fra GM-materiale (Moyes & Dale 1999). Det er derfor nødvendigt, at den økologiske bevægelse forholder sig til spredningsveje og risikoen for iblanding af GM-afgrøder i de økologiske sædskifter såvel som de politiske og holdningsmæssige aspekter.

For at få et beslutningsgrundlag for aktive forholdsregler er det vigtigt, at alle relevante informationer og konsekvenser af dyrkningen af GM-afgrøder gøres tilgængelige og operationelle for dansk økologisk jordbrug. Erfaringer fra konventionelt og økologisk jordbrug om isolationsafstande, sædskifter og krav for sortsrenhed ved frøproduktion er her vigtige, men de skal kombineres med viden om spredningsafstande for pollen, bestøvning og hybridisering (Kjellsson et al., 1997). Desuden er faktorer som frøspild ved transport og frøspredning (med f.eks. markredskaber) samt frøenes evne til overlevelse i jord vigtige som grundlag for en konsekvensvurdering.

For nogle GM-afgrøder kan de bioteknologisk indsatte egenskaber spredes med pollen til beslægtede ukrudsarter, hvor de kan overleve og spredes videre til økologiske afgrøder. Disse aspekter er også vigtige at inddrage i overvejelserne.

Bioteknologien har gjort det muligt at overføre bestemte gener og egenskaber fra andre organismer (bakterier, dyr, andre plantearter) til landbrugsafgrøderne. Der foretages en kunstig DNA-overførsel på celleniveau; oftest ved hjælp af rodhalsbakterien (*Agrobacterium tumefaciens*) eller ved brug af en partikelpistol. Foruden den ønskede egenskab består det overførte DNA af en promotor, der bestemmer, hvor og hvordan genet udtrykkes i planten, samt af forskellige selektions- og markørgener. Specielt har brugen af antibiotikaresistens (mod f.eks. kanamycin) som markørgen været kritiseret, da der er en teoretisk risiko for overførsel til mikroorganismer og videre spredning af antibiotikaresistensen til dyr og mennesker.

De genmodificerede afgrøder gennemgår en grundig risikovurdering inden de frigives til kommerciel brug. Der tages her specifikt hensyn til de mulige negative effekter på miljø og sundhed af den eller de indsatte egenskaber (f.eks. herbicidtolerance eller insektresistens) og planteart (case-by-case). Problemer i forhold til økologiske dyrkningsformer er dog ikke inkluderet.

Regulering og lovgivning af det økologiske jordbrug er en forudsætning for, at der kan iværksættes konkrete tiltag mod GM-iblanding af økologisk udsæd, foder og gødning.

Det midlertidige stop i markedsføringsgodkendelser af GM-afgrøder i EU må forventes at ophøre i løbet af 2002. Dette understreger behovet for et bredt vidensgrundlag til at vurdere de mulige konsekvenser af anvendelsen af GM-afgrøder for økologisk jordbrug. Samtidig giver det en relativ kort frist til at finde og foreslå forholdsregler, der kan minimere spredningen.

1.2 Formål med vidensyntesen

Formålet med denne vidensyntese er at sammenfatte og diskutere eksisterende viden omkring konsekvenser af genmodificerede afgrøder for dansk økologisk jordbrug. De økologiske brugere skal herved rustes til at håndtere og besvare spørgsmål som:

- Hvordan reduceres eller undgås forureningen fra GM-planter under forskellige realistiske forudsætninger?
- Hvilken betydning vil en eventuel forurening få for den økologiske landmand og bedriftens kredsløb?
- Hvilke krav kan der stilles til import af udsæd samt ikke-økologisk foder og gødning?
- Hvilke andre direkte eller indirekte effekter af GM-afgrøder vil der være?
- Kan der opstilles en acceptabel bagatelgrænse for økologisk jordbrug?
- Hvilke ønsker har økologisk jordbrug til lovgivningen og forskningen på området?

Disse spørgsmål belyses i vidensyntesen ved at:

- ⇒ Analysere den fremtidige udbredelse af GM-afgrøder, hvori der bl.a. indgår forskelle i planteart, spredningsbiologi og arealstørrelse, og foreslå dyrkningsmæssige tiltag.
- ⇒ Vurdere forureningsrisikoen ved import af ikke-økologiske produkter (udsæd, foder og gødning) til den økologiske bedrift.
- ⇒ Foretage en vurdering af den forventede størrelse af genspredning fra GM-afgrøder til økologiske marker via pollen og frø.
- ⇒ Vurdere krav til omlægningstid og -dyrkningsmetode for arealer, hvor der har været dyrket GM-afgrøder.

⇒ Udarbejdelse af forslag til hvordan de uønskede påvirkninger fra GM-afgrøder kan minimeres eller eventuelt helt fjernes.

De forskellige problemstillinger, der er centrale for analysen af genmodificerede afgrøders betydning for økologisk jordbrug, syntetiseres i separate kapitler i vidensyntesen.

1.3 Sammensætning af ekspert-gruppe

Vidensyntesen er udformet og sammenskrevet af en gruppe eksperter med specialviden in-

den for de væsentligste problemstillinger af genmodificerede afgrøder og økologisk jordbrug. Desuden har eksperter med bred viden inden for området deltaget med råd og kommentarer gennem hele arbejdsprocessen. Ansvar for udformning og fagligt indhold af de enkelte kapitler påhviler dog alene forfatterne. Rapporten er ikke et konsensusdokument. Der kan således godt være givet udtryk for forskellige holdninger og konklusioner i kapitler skrevet af forskellige forfattere. Disse synspunkter har dog alle været diskuteret på møderne med ekspertgruppen eller er blevet kommenteret under reviewprocessen.

Problemstilling	Navn	Institution
Bioteknologisk forskning og udvikling	Preben Bach Holm Birger Lindberg	DJF KVL
Miljømæssig og økologisk risikovurdering	Gösta Kjellsson Gitte Silberg Poulsen Inger Weidema	DMU SNS SNS
Landbrugsmæssig risikovurdering	Svend Pedersen	PD
Sundhedsmæssig risikovurdering	Jan Petersen	FD
Praksis for økologisk jordbrug	Birte Boelt Mette Meldgaard Inger Bertelsen Svend Nybo Rasmussen	DJF LØJ LR
Økologiske dyrkningsmetoder og frøproduktion	Birte Boelt Inger Bertelsen	DJF LR
Frøspredning og frøoverlevelse i agerjord	Peter Kryger Jensen Gösta Kjellsson	DJF DMU
Genspredning og hybridisering	Rikke Bagger Jørgensen	Risø
Regulering af økologisk jordbrug	Rasmus Kjeldahl	PD
Modellering af pollen- og genspredning	Christian Damgaard Lise Marie Frohn	DMU DMU
Monitering af GMP	Gösta Kjellsson Beate Strandberg	DMU DMU

DMU: Danmarks Miljøundersøgelser
DJF: Danmarks JordbrugsForskning
FD: Fødevaredirektoratet
KVL: Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
LR: Landbrugets Rådgivningscenter

LØJ: Landsforeningen for Økologisk Jordbrug
PD: Plantedirektoratet
Risø: Forskningscenter Risø
SNS: Skov og Naturstyrelsen

1.4 Problemopfattelse og diskussion

Ekspertgruppen har afholdt i alt tre præsentations- og diskussionsmøder, hvor problemstillingen og indholdet af kapitlerne blev fremlagt. Gruppens brede sammensætning har afspejlet sig i eksperternes divergerende opfattelse af problemstillingen. Således har sprogbrugen i vidensyntesen været genstand for en del uenighed. I oplægget anvendes formuleringen "GM-forurening", hvilket er kritiseret, og formuleringen "utilsigtet indblanding" blev foreslået til erstatning. Diskussionerne udmøntede sig ikke i enighed vedrørende sprogbrugen, men der opnåedes enighed om, at værdiladet sprogbrug bør udelades. Forfatterne af de enkelte kapitler har forsøgt at imødekomme dette.

Det er redaktørernes opfattelse, at formuleringen "GM-forurening" er acceptabel ud fra det hovedsynspunkt, at GMO ikke er tilladt i økologisk jordbrug. For den økologiske jord-

bruger vil der således i praktisk betydning være tale om en "forurening".

Det er ligeledes blevet fremført, at spredning/forurening er en reversibel proces. Således vil den konventionelle jordbruger, som avler en GM-afgrøde, tilsvarende være udsat for "forurening" af pollen fra en nabomark, som eksempelvis måtte være økologisk. Det må imidlertid fremhæves, at hovedsigtet med denne vidensyntese er at belyse konsekvenserne af GMO for økologisk jordbrug – og ikke eventuelle effekter af økologisk jordbrug for produktion af GM-afgrøder.

Foranstående belyser imidlertid en problemstilling, som er fundet særdeles relevant, nemlig de juridiske aspekter vedrørende eventuelle erstatningskrav for skader ved brug af GMP. Det er imidlertid vurderet, at behandling af dette emne vil forudsætte, at en juridisk ekspertice inddrages. Da dette ikke var praktisk muligt, er disse aspekter derfor ikke kommenteret i nærværende vidensyntese.

1.5 Litteratur

- EC. 1997. European opinions on modern biotechnology. Eurobarometer 46.1. European Commission, Directorate General XII, Brussels.
- Kjellsson, G., Simonsen, V., Ammann, K., eds. 1997. Methods for risk assessment of transgenic plants. II. Pollination, gene-transfer and population impacts. Birkhäuser, Basel.
- Mejlgaard, N., Siune, K. 2001. Folk og forskning - Bioteknologi i vidensamfundet. Rapport fra Analyseinstitut for Forskning 2001/7. Analyseinstitut for Forskning, Århus.
- Moyes, C.L., Dale, P.J. 1999. Organic farming and gene transfer from genetically modified crops. John Innes Centre, Norwich.
- Nijhoff, P., Andersson, A. 2001. Organic farming as a strategy for a multi-functional agriculture. Naturrådet, København.
- Sylvander, B., Le Floch-Wadel, A. 2000. Consumer demand and production of organics in the EU. AgBioForum 3: 97-106.

2 Plantebiologisk forskning og udvikling

Preben Bach Holm¹ og Birger Lindberg Møller²

¹ *Danmarks JordbrugsForskning, Afd. for Plantebiologi*

² *Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Institut for Plantebiologi*

Sammendrag

I takt med den stigende forståelse af planter genetik har planteforædlingen fået en lang række nye muligheder og værktøjer, der vil kunne anvendes for målrettede ændringer af vore kulturplanter. Denne udvikling forventes at fortsætte og accelerere i de kommende år grundet store satsninger i såvel den industrialiserede del af verden som i en del af udviklingslandene. De konventionelle forædlings-teknikker er blevet suppleret med en lang række nye værktøjer, og i teorien vil et hvilket som helst gen i fremtiden kunne blive overført til en hvilken som helst plante ved hjælp af gensplejsning. Parallelt med denne teknik- og vidensudvikling er der især i EU området igangsat omfattende aktiviteter vedrørende risikovurdering af gensplejsede planter. Ligeledes er en del forskning rettet mod forbedring af gensplejsningsteknologien samt reduktion af mulighederne for spredning via pollen og frø. På globalt plan er der en betydelig udvikling vedrørende den handelsmæssige håndtering af gensplejsede planter. Der er imidlertid også en stigende erkendelse af, at kun en mindre del af de plantebioteknologiske muligheder vil blive realiseret i privat regi, idet det for nærværende kun er lønsomt for private firmaer at beskæftige sig med enkelte egenskaber i nogle få af vore afgrøder. Inden for en tidshorisont på fem år vil der være mulighed for, at der introduceres herbicidresistente roer, raps og majs i dansk jordbrug. På det

lange sigt må man nøjes med at konstatere, at de teknologiske muligheder foreligger for en lang række ændringer af karakterer i danske kulturplanter såsom forbedret sygdomsresistens, bedre næringsstofudnyttelse og forbedret kvalitet. Hvorvidt disse muligheder bliver realiseret vil afhænge af den politiske og økonomiske udvikling, europæisk landbrugs konkurrenceevne og præferencer i detail- og forbrugerledet.

2.1 Indledning

Plantegenetikken og forståelsen af planternes molekylærbiologi, biokemi og fysiologi er i disse år inde i en revolutionerende udvikling. Parallelt hermed er der udviklet en række værktøjer, der i kombination med den nye viden muliggør langt mere omfattende ændringer af vore landbrugsplanter egenskaber end det vi hidtil har kendt. Disse ændringer omfatter planternes næringsstofoptagelse og -udnyttelse, vækstform, livscyklus, klimatiske tilpasning, udbytte, indholdsstoffer og sygdomsresistens. En række af disse karakterer vil have fundamental betydning for plantedyrkningen (input-karakterer), mens andre giver ophav til nye typer af planteprodukter (output-karakterer). Anvendelsen af planter for produktion af stoffer til den kemiske og farmaceutiske industri vil få helt nye muligheder som bioreaktorer for syntese af industrielle enzymer, farmaceutika, vacciner etc.

Det er sandsynligt, at planter i fremtiden vil blive en langt vigtigere ressource for menneskeheden end det er tilfældet nu. En del af dette potentiale er allerede realiseret, en del er på vej, mens det vil tage adskillige år at realisere en række af de mere komplekse muligheder.

2.2 Udvikling inden for den basale og anvendte planteforskning

I løbet af år 2000 er den genomiske sekventering af modelplanten *Arabidopsis thaliana* (gåsømad) blevet tilendebragt. Genomet i *Arabidopsis* indeholder ca. 26.000 forskellige gener, det vil sige næsten det samme antal gener som menneskets genom. Ved søgninger i gendatabaser viser 55% af disse gener sekvenslighed til gener fra andre organismer, og på den baggrund kan der opstilles hypoteser om, hvilke biologiske funktioner disse gener har. Kun for ca. 1000 af *Arabidopsis* generne er der udført eksperimentelle undersøgelser, der har givet direkte viden om deres biologiske funktion. Ligeledes kan det nu slås fast, at den genetiske basis for en række mekanismer er fundamentalt forskellige i planter sammenlignet med andre grupper af levende organismer. Andre mekanismer er konserverede blandt planter og dyr, mens atter andre synes at have et fælles genetisk udgangspunkt med forskellig grad af specialisering i planter og andre organismer (<http://www.arabidopsis.org>).

Sekventeringen af risgenomet forventes at være tilendebragt i løbet af år 2001. Inden for ganske få år kan man forvente en komplet eller delvis sekventering af en række af vore kulturplanter og træarters genom. I løbet af ganske få år vil der med andre ord være en omfattende genetisk information til rådighed, der vil kunne anvendes til forædling og karakterisering af så at sige alle nuværende danske

landbrugsafgrøder samt de vigtigste kulturplanter i den tredje verden.

Der er verden over i såvel offentligt som privat regi påbegyndt en række meget betydelige initiativer, der har til formål at udnytte den nye viden om planters genetiske indhold. Indsatsen er rettet mod at opnå en langt bedre forståelse af planters udvikling, funktion og indholdsstoffer gennem studier af enkeltgener, synteseveje og plantecellers interne regulerings- og kontrolmekanismer. Til dette formål vil der i høj grad blive anvendt repræsentative modelplantesystemer, der er nemmere at håndtere eksperimentelt end de fleste af vore kulturplanter, der på grund af polyploidie og store genomer, lange generationstider og andre egenskaber er vanskelige at arbejde med.

Modelplanter:

- 1) *Arabidopsis*: Model for korsblomstrede arter som raps, roer og kål
- 2) Lucerne – kællingetand: Model for ærteblomstrede som kløver, ærter, lucerne, lupin
- 3) Ris – majs: Model for græsser som byg, hvede, majs, havre, rug, rajgræs, svingel
- 4) Poppel: Model for løvfældende træer

Denne udvikling er i høj grad baseret på implementering af nye teknologier. Disse muliggør "globale" analyser, hvor tusindvis af geners aktivitet i en bestemt celletype eller et bestemt væv kan analyseres samtidigt under anvendelse af makro- eller microarrays. Det må forventes, at microarrays for forskellige væv af en række af vore kulturplanter vil være kommercielt tilgængelige inden for de næste 5 år. Andre teknikker vil muliggøre lignende globale analyser af planters primære og sekundære indholdsstoffer. For metabolitters vedkommende betegnes teknologien som *metabolomics*. For proteinernes vedkommende

betegnes teknologien som *proteomics*. Samlet betegnes disse aktiviteter som *postgenomics*.

Kun en begrænset del af den opnåede viden vil være umiddelbart og frit tilgængelig, og der foregår for nærværende en omfattende patentering inden for genomområdet fra privat og offentlig side. I EU er det erkendt, at det er bydende nødvendigt, at der satses på det bioteknologiske område. Eksempelvis er der inden for den sidste femårs periode udtaget 18.000 patenter inden for plante, dyre og mikrobiel genomics og postgenomics i USA sammenlignet med mindre end 1000 patenter i den tilsvarende periode i EU. På det europæiske ministerrådsmøde i Lissabon definerede EU et nyt strategisk mål for det næste årti: *"to become the most competitive and dynamic knowledge-based economy in the world capable of sustainable economic growth with more and better jobs and greater social cohesion"*. På det efterfølgende møde i Stockholm blev det vedtaget at udarbejde en strategisk vision for "life science" og bioteknologi i perioden frem til 2010 og derefter. I oplægget til dette dokument hedder det: *"Life sciences and biotechnology have entered a stage of exponential growth, opening up a vast potential to move economies in Europe and globally towards more sustainable development and improved quality of life. They are therefore of strategic importance in Europe's quest to become a leading knowledge-based economy. Europe cannot afford to miss the opportunities that these new sciences and technologies offer"*. (http://www.europa.eu.int/comm/biotechnology/pdf/doc_en.pdf). Det fremgår også, at den forskningsmæssige indsats i meget høj grad skal baseres på koordinering, samkøring og udbygning af eksisterende nationale initiativer med det mål at skabe en sammenhængende og internationalt kompetitiv forskningsorganisation i EU, The European Research Area. I skrivende stund er det imidlertid ikke klart, i hvilket omfang plantebioteknologien vil blive inkluderet i EU's 6. Rammeprogram, der er under planlægning.

En række europæiske lande har allerede etableret eller er i gang med at etablere nationale forskningsprogrammer, der vil kunne give dem en central placering på det plantebioteknologiske område i såvel international som EU sammenhæng. I 1999 etablerede Frankrig programmet "Genoplante", et forsknings- og udviklingsprogram med et samlet budget i størrelsesordenen halvanden milliard franc med det formål at fremme såvel den basale genomforskning på modelplanter samt den anvendelsesorienterede forskning inden for de vigtigste franske landbrugsafgrøder. I begyndelsen af år 2000 påbegyndtes det tyske "GABI" initiativ, et lignende fireårigt forskningsprogram med et budget på 70 mio. DM. Holland er langt fremme med et fødevare- og landbrugsinitiativ på postgenomics området med et budget på 200 mio. gylde. Der er netop indgået et bindende strategisk og forskningsmæssigt samarbejde mellem "Genoplante" og "GABI".

Perspektiverne for denne forskning er meget store. Den væsentligste forudsætning for at kunne udnytte planternes genetiske ressourcer er af indlysende grunde en fundamental forståelse af planternes gener, deres samspil og deres funktion i planternes vækst og reproduktion. Det er et yderligere perspektiv, at det i langt højere grad end nu vil blive muligt at klarlægge sammenhænge mellem planteprodukternes egenskaber og mennesker og dyrs sundhed. Fødevaresikkerhed er i dansk og EU regi et helt centralt element. I EU vil der i løbet af år 2002 være etableret en central europæisk fødevaremyndighed, hvor nøgleordene vil være sporbarhed fra "jord til bord" samt risikovurdering. De europæiske postgenomics programmer vil her kunne bidrage med en viden vedrørende planternes genetik og indholdsstoffer, der vil være af afgørende betydning for en efterfølgende vurdering af planter og planteprodukters effekt på menneskers og dyrs sundhed.

2.3 Forskning og udvikling i tredjeverdenslande

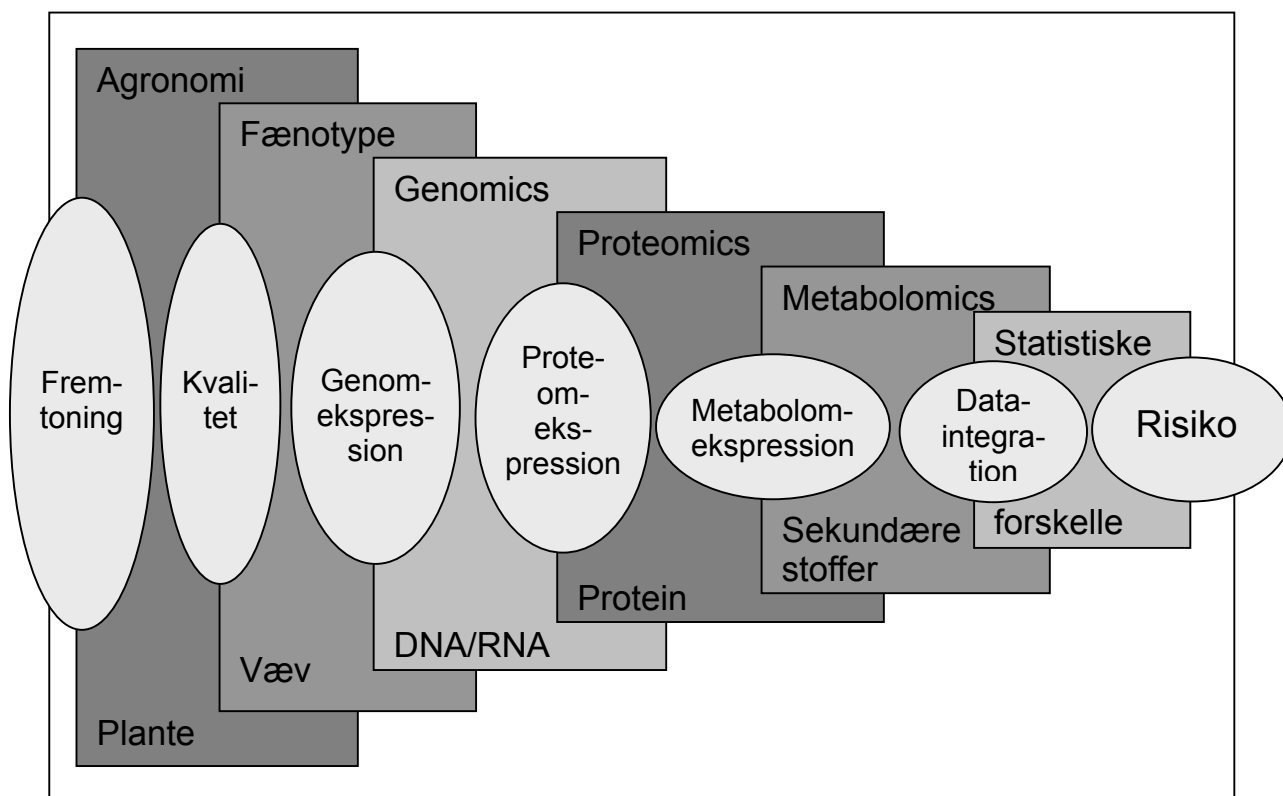
Mens der i EU-området synes at være en betragtelig skepsis over for plantebioteknologien, er der hvad angår den tredje verden helt klare udviklingstendenser. I såvel de industrialiserede lande som i udviklingslandene er der et udtalt ønske om, at plantebioteknologiens muligheder anvendes for at sikre såvel fødevareresikkerhed som miljø og naturressourcer i den tredje verden. I juli 2001 publicerede United Nations Developmental Program rapporten "Human Development Report 2001", der slår til lyd for at anvende plantebioteknologiens muligheder. I forordet skrives *"So with the Internet, agricultural biotechnology advances and new generation of pharmaceuticals reaching the market, it is time for a new partnership between technology and development. 'Human Development Report 2001' is intended as the manifesto for that partnership. But it is also intended as a source of cautionary public policy advice to ensure that technology does not sweep development off its feet, but instead that the potential benefits of technology are rooted in a pro-poor developmental strategy"*. Flere og flere u-landsorganisationer tilslutter sig det synspunkt, at plantebioteknologi kunne være et meget vigtigt element i sikring af fødevarerforsyningen til en befolkning, der om halvtreds år er vokset til 9 milliarder. En stor del af det dyrkbare land i den tredje verden inddrages til byudvikling, veje, lufthavne og andre typer af infrastruktur. En forøgelse af udbyttet på de eksisterende jorde vil kræve en massiv forøgelse i anvendelsen af kunstgødning og pesticider. Der er kun meget begrænsede arealer af potentielt god agerjord tilbage, og en forøgelse af fødevareproduktionen vil derfor betyde, at en række marginalområder, herunder naturområder, inddrages til dyrkning. Det synes at være Kinas erklærede politik at udnytte de muligheder, plantebioteknologien tilbyder, og der foretages en mas-

siv satsning inden for forskning og udvikling. Indien synes endnu ikke at have taget stilling.

Det er således sandsynligt, at tredjeverdenslandene i de kommende år vil fremavle en række gensplejsede plantesorter, hvoraf nogle potentielt vil have relevans for dansk landbrug. Det må forventes, at disse lande primært vil satse på øget udbytte, forbedret sygdomsresistens og næringsstofudnyttelse samt ernæringsværdi. Grundet lave lønomkostninger og udstrakt offentlig finansiering må det forventes, at der vil kunne udvikles en række sorter, der ikke vil blive fremstillet i den vestlige verden grundet en for ringe fortjenstmargen for den private forædlingsindustri.

2.4 Fødevarer- og fodersikkerhed i fremtiden

Det er et yderligere perspektiv, at det i langt højere grad end nu vil blive muligt at klarlægge sammenhænge mellem planteprodukternes egenskaber og mennesker og dyrs sundhed og velfærd. Dette vil være i overensstemmelse med de meget klare udviklingstendenser, der er mod en stigende regulering og kontrol af fødevarer og foderstoffer. Der er i dansk regi allerede nu detaljerede planer for en styrkelse af dansk fødevareforskning med ambitioner om at være internationalt førende på dette felt. Denne indsats omfatter etablering af Danmarks Institut for Fødevaresikkerhed og Ernæring og en styrkelse af såvel forskning som myndighedsberedskab inden for sikkerhedsvurdering og sikkerhedshåndtering. I EU regi vil der i løbet af år 2002 være etableret en central europæisk fødevaremyndighed, hvor nøgleordene vil være sporbarhed fra "jord til bord" samt risikovurdering. Alle nye fødevarer og foderstoffer vil skulle godkendes via Novel Food og Novel Feed forordningerne.



Figur 2.1 Modelforslag for sikkerhedsvurdering af foder- og fødevarer (modificeret fra Entransfood, <http://www.entransfood.com/>)

Det er således klart, at der inden for den nærmeste fremtid i den udviklede del af verden vil blive etableret en omfattende regulatorisk ramme for sikring af fødevare- og foder-sikkerhed. Den lovgivningsmæssige og organisatoriske struktur er ved at være på plads, og den nødvendige teknologi er under udvikling. I Figur 2.1 er angivet en mulig model for den teknologiske sikkerhedsvurdering af plante-produkter. Udviklingslandene vil med tiden blive mødt med krav om lignende kontrolforanstaltninger. Inden for en kort årrække vil der således være etableret en ramme, der fastlægger betingelserne for dyrkning, håndtering og kontrol af en række specialprodukter inden for landbrugsproduktionen. Disse specialprodukter kan være fremkommet via målrettet

forædling, herunder genetisk modifikation eller via dyrkning under specielle betingelser, såsom økologisk produktion.

2.5 Den fremtidige planteforædling

Den konventionelle forædling har opnået forbløffende resultater i form af udbyttefremgang og sygdomsresistens, men har to store begrænsninger:

1. Det er kun muligt at kombinere genetiske egenskaber mellem relativt nærtstående arter.

2. Den konventionelle forædling er stadig en overvejende empirisk disciplin. Forædlingsprogrammer for sygdomsresistens eller for bestemte kvalitetsparametre er ofte bekostelige, idet det er nødvendigt med omfattende screeninger og analyser af afkommet for at finde de rigtige kombinationer.

Udviklingen af teknikker for genetisk transformation samt den hastigt voksende viden om planters genetik vil i et stigende antal tilfælde kunne eliminere disse begrænsninger.

Teknikkerne for den nuværende konventionelle forædling

1. Selektion af spontant opståede genetiske varianter med ønskværdige egenskaber.
2. Sammenkrydsning af linier med ønskværdige egenskaber.
3. Indavl for fremstilling af genetisk rene linier via selvbestøvning over et antal generationer. For obligate fremmedbestøvere fremavles populationer af planter, der samlet betegnes som en sort. For en række afgrøders vedkommende, som f.eks. kartofler, sker opformeringen vegetativt.
4. Vævskultur: Vævskultur er en integreret del af en række forædlingsprogrammer. Således formeres forædlingsmateriale af kartofler via såkaldte meristemkulturer for at undgå overførsel af virus. Den europæiske bygforædling er baseret på, at der fremstilles rene linier ved regeneration af planter fra vævskulturer af umodne pollenkorn. For hvedens vedkommende anvendes de samme teknikker, eller man fremstiller såkaldt haploide planter via krydsning med majs.
5. Mutationsforædling: Inden for de sidste 70 år har man i udstrakt grad anvendt bestråling eller kemisk behandling for at forøge den genetiske variation i vore kulturplanter. Der er fremstillet mere end 2000 sorter på baggrund af denne teknologi. Inden for de sidste 20 år har man udnyttet den såkaldte somaklonale variation. Under langvarig kultur *in vitro* sker der en række ændringer i dyrket plantevæv, der efterfølgende kan udnyttes i forædlingsprogrammer.
6. Krydsning mellem nærtstående arter: I en række tilfælde er der overført egenskaber fra vilde slægtninge. Dette er en væsentlig årsag til, at vore kulturplanter i dag har en større genetisk variation end f.eks. ved begyndelsen af århundredet.
7. Krydsning mellem fjerntstående slægtninge: I en række tilfælde har man med succes kunnet overføre kvalitets- og sygdomsresistensgener ved krydsning mellem fjerntstående arter eller slægter. Bedst kendt er Triticale, der er en hybrid mellem hvede og rug. For nærværende indeholder ca. 50% af alle hvedesorter i Europa en kromosomarm fra rug, og i andre sorter er der overført en række egenskaber fra andre arter beslægtet med hvede. Disse teknikker anvender ofte den såkaldt "embryo rescue teknik". Det resulterende frø er ofte ikke spiringsdygtigt, og i stedet udtager man kimen og regenererer planten på et kunstigt substrat.
8. Protoplastfusion: I en række tilfælde, hvor det ikke er muligt at udføre normale krydsninger, har man anvendt protoplastfusion (protoplaster er nøgne celler, hvor væggen er fjernet enzymatisk) og på den måde etableret hybrider eller overført dele af arvmassen fra den ene art til den anden. Denne teknik er i særdeleshed anvendt for raps og kartofler.
9. Forædling for cytoplasmatisk hansterilitet. En række af vore afgrøder, i særdeleshed majs og i stigende grad raps, dyrkes som hybrider. Hybridfrø opnås nemmest, så-

fremt man dyrker to sorter sammen, hvor den ene er hansteril. I sådanne sorts-krydsninger er der i den første generation ofte en udbyttetigning på i størrelsesordenen 15% grundet den såkaldte heterosiseffekt (krydsningsfrodighed). For hybridafgrødernes vedkommende er det derfor nødvendigt at købe ny hybridsåsæd hvert år.

Teknikker for den fremtidige konventionelle forædling

Inden for den konventionelle del af forædlingen, der ikke anvender genetisk transformation, vil en identifikation af den genetiske basis for en række kendte kvalitetsegenskaber eller sygdomsresistens muliggøre langt mere målrettede og hurtigere forædlingsprogrammer end det er tilfældet i dag. Denne udvikling har været i gang inden for det sidste årti. I alle højere organismer sidder de egentlige gener som øer i kromosomerne omgivet af DNA sekvenser, der ikke koder for dannelse af proteiner. Der er ofte tale om evolutionært arvegods i form af stykker af virus-DNA, som gennem tiderne som et resultat af de stadige virusangreb, der har fundet sted, er blevet stabilt indbygget i plantegenomet. Der kan også være tale om forskellige andre sekvenser, der er gentaget tusindvis af gange. Denne del af DNA'et undergår ofte mindre ændringer, der nemt kan detekteres ved simple molekylære teknikker. Man kan derfor relativt enkelt lave detaljerede genetiske kort baseret på disse forskelle (DNA markører) og efterfølgende fastlægge de egentlige geners placering i forhold til DNA markørerne. Såfremt man kan identificere en DNA markør, der sidder tæt på det gen, man ønsker at overføre, kan man i stedet for at udføre omfattende analyser i sit forædlingsprogram nøjes med at lave molekylære analyser af, om DNA markørerne er til stede. I Australien testes nematoderesistens, bortolerance og resistens mod gulmosaikvirus

nu kun via DNA markører i byg- og hvede-forædlingsprogrammerne. Tests for resistens mod gulmosaikvirus ved hjælp af DNA markører er også en standardtest blandt danske kornforædlere.

Der foregår for nærværende en meget omfattende forskning med det formål at identificere den genetiske basis for mere komplekse karakterer, de såkaldt kvantitative karakterer samt deres interaktion med det omgivende miljø. Disse karakterer omfatter eksempelvis planternes skud- og rodmorfologi, næringsstofoptagelse og -udnyttelse, højde, blomstringstidspunkt, frøsætning og frøudbytte. Denne forskning fremmes af en omfattende automatisering, der gør det muligt hurtigt at analysere for tusindvis af DNA markører i samme arbejdsgang. Hvis de nødvendige investeringer foretages, vil det i dette årti blive rutine også at foretage målrettede forædlingsprogrammer for de mere komplekse karakterer.

DNA markører vil ligeledes finde stor anvendelse i de tilfælde, hvor man ønsker at overføre egenskaber fra fjernerestående, herunder vilde, slægtninge til agronomisk ønskværdige sorter. Såfremt begge forældrearter har detaljerede DNA markørbaserede genetiske kort, er det muligt inden for ganske få plantegenerationer at udvælge de kombinationer, der indeholder den ønskede karakter og et maksimum af genetisk materiale fra den agronomisk vigtige sort.

Der foregår for tiden en meget markant udvikling hen mod at anvende de egentlige gener som markører i stedet for omgivende DNA, hvorved man opnår en optimal præcision i forædlingsprogrammet. Det samme gen vil i to forældrearter ofte udvise små afvigelser i opbygning, der nemt kan detekteres via molekylære teknikker. Allerede på nuværende tidspunkt er sekventering af gener ikke nogen begrænsning, idet man med eksisterende ud-

styr dagligt kan sekventere tusindvis af gener helt eller delvist.

Det er altså realistisk at konkludere, at det i den konventionelle forædling med den nye viden om planters genetik og med de nye molekylærbiologiske værktøjer inden for en ganske kort årrække vil være muligt at overføre en lang række egenskaber, herunder også de kvantitative egenskaber, mellem arter, der enten kan krydses eller hvor man med andre teknikker er i stand til at frembringe levedygtigt hybridt afkom. Det må også forventes, at der vil kunne ske væsentlige fremskridt inden for mutationsforædlingen, idet det med det omfattende sæt af teknikker, der vil blive til rådighed for karakterisering af planters gener, deres aktiviteter og de primære og sekundære indholdsstoffer vil blive langt hurtigere at identificere de ønskede varianter.

Forædling ved hjælp af genetisk transformation

Den nuværende transformationsteknologi må betragtes som værende en første generations-teknologi og har en række begrænsninger:

1. Genoverførslen sker næsten udelukkende via *Agrobacterium* eller via partikelbeskydning. Dette bevirker, at der kun kan overføres ganske korte DNA fragmenter, typisk indeholdende et eller to gener.
2. Det er nødvendigt at anvende såkaldte selektionsgener for selektivt at fremdyrke det gensplejsede væv på bekostning af det ikke gensplejsede. De anvendte selektionsgener har langt overvejende givet resistens mod enten et antibiotikum eller et herbicid.
3. De genetiske transformationer har langt overvejende omhandlet overførsel af en ny egenskab, som eksempelvis herbicidresi-

stens, eller hæmning eller opregulering af en enkelt eksisterende egenskab.

4. De introducerede gener har været designet til at blive udtrykt i hele planten.
5. De introducerede gener indsættes tilfældigt i plantens arvemasse.

En anden væsentlig anstødssten har været utilsigtet spredning af det nyindførte genetiske materiale via pollen og frø. Det må forventes, at der inden for en kort årrække vil være udviklet en lang række teknikker rettet dels mod en generel forbedring af gensplejsningsteknologien, dels rettet mod at minimere spredning via pollen og frø. En stor del af disse forbedringer er beskrevet i rapporten "Guidance on Best Practice in the Design of Genetically Modified Crops" fra UK Department for Environment, Food and Rural Affairs ([hppt://www.defra.gov.uk/environment/acre/bestpractice/consult/guidance/bp/index.htm](http://www.defra.gov.uk/environment/acre/bestpractice/consult/guidance/bp/index.htm)). De teknologiske udviklinger kan beskrives som følger:

1) Forbedret gensplejsningsteknologi

De plantesorter, der for nærværende er kommercialiseret, er alle udviklet via *Agrobacterium* medieret gensplejsning eller ved genoverførsel via partikelbeskydning. I begge teknikker indsættes transgenet tilfældigt og ofte med en del rearrangement af det indsatte og værtens DNA til følge, og der anvendes antibiotika- eller herbicidresistensgener for udvælgelse og selektiv opformering af de gensplejsede celler, der efterfølgende regenereres til planter. De teknologiske forbedringer omfatter følgende:

- a) Generelt forbedret gensplejsningsteknologi, således at det er muligt at identificere linier med minimale rearrangementer. Denne teknologi er allerede nu til rådighed for en del afgrøders vedkommende.

- b) Anvendelse af alternative selektionssystemer, hvor der i stedet for antibiotikaresistensgener anvendes gener, som giver den gensplejsede celle mulighed for at udnytte bestemte sukkerarter (eksempelvis mannose eller xylose) eller aminosyrer (til rådighed for de fleste plantearter). Multinationale selskaber som Monsanto og Novartis har således erklæret, at de ikke længere vil anvende antibiotikaresistensgener, og afgrøder med denne karakter vil i EU regi blive krævet udfaset inden år 2004.
 - c) Fjernelse af selektionsgenerne ved udkrydsning. Normalt indsættes interessegenet og selektionsgenet samme sted i værtsplantens genom, men nye undersøgelser tyder på, at det via bestemte *Agrobacterium* teknikker er muligt med en rimelig frekvens at indsætte de to typer af gener separat (under udvikling).
 - d) Fjernelse af selektionsgenerne ved selektiv udklipning. I dette tilfælde designes selektionsgenet på en sådan måde, at det kan genkendes af en såkaldt rekombinase. Der fremstilles separate gensplejsede plantelinier, der indeholder denne rekombinase, og disse linier krydses med linier indeholdende interesse- og selektionsgenerne (teknikken har været til rådighed en del år, men synes stadig at være ret ineffektiv).
 - e) Homolog rekombination. Det må forventes, at der inden for de næste 10 år udvikles teknikker for indsættelse af transgener via homolog rekombination. Dette vil muliggøre en langt mere veldefineret indsættelse samt i særdeleshed, at det nye gen præcist kan indføres på det oprindelige gens plads "gene replacement". I dette tilfælde kan et af plantens egne gener selektivt erstattes med en modificeret udgave. Derved er det muligt enten at eliminere denne genfunktion eller at bibringe genet nye og ønskværdige egenskaber.
 - f) Udvikling af bedre teknikker for regulering af hvor og hvornår transgenerne udtrykkes. Med enkelte undtagelser udtrykkes transgenerne i de for nærværende kommercialiserede planter under hele plantens udvikling og i de fleste væv.
 - g) Etablering af teknikker for overførsler af større antal gener eller kromosomafsnit. Der eksisterer således allerede nu i dyresystemer teknikker for overførsel af store DNA segmenter, de såkaldt kunstige kromosomer, der kan opformeres i colibakterier eller i gærceller.
- 2) *Minimeret spredning via pollen og frø*
- h) Det har i tobaksplanter vist sig muligt at indsætte transgener i kloroplasternes DNA ved homolog rekombination samt efterfølgende at fjerne de anvendte selektionsgener. Kloroplaster overføres i langt de fleste plantearter ikke via pollen.
 - i) En del vilde planter sætter frø uden forudgående bestøvning via såkaldt jomfrufødsel (apomixis). Der forskes for nærværende intenst i at overføre denne egenskab til kulturplanterne.
 - j) Blokering af frøets spiringssevne. Denne teknologi, der også er betegnet Terminator-teknologien er langt fremme i udvikling, men har fra flere kredse mødt intens modstand, idet teknologien ikke muliggør anvendelse af egen høst for det næste års såsæd. Mens terminator-teknologien er et effektivt middel til at opnå biologisk indeslutning og på den måde er et udtryk for teknologiens eksperimentelle styrke, sætter den samme teknologi samtidig producenten af frøet i stand til at forhindre, at egen høst anvendes til udsæd, hvilket kan være et etisk problem f.eks. i udviklingslandene.
 - k) Modifikation af blomsteropbygningen, således at bestøvningen er overstået, før

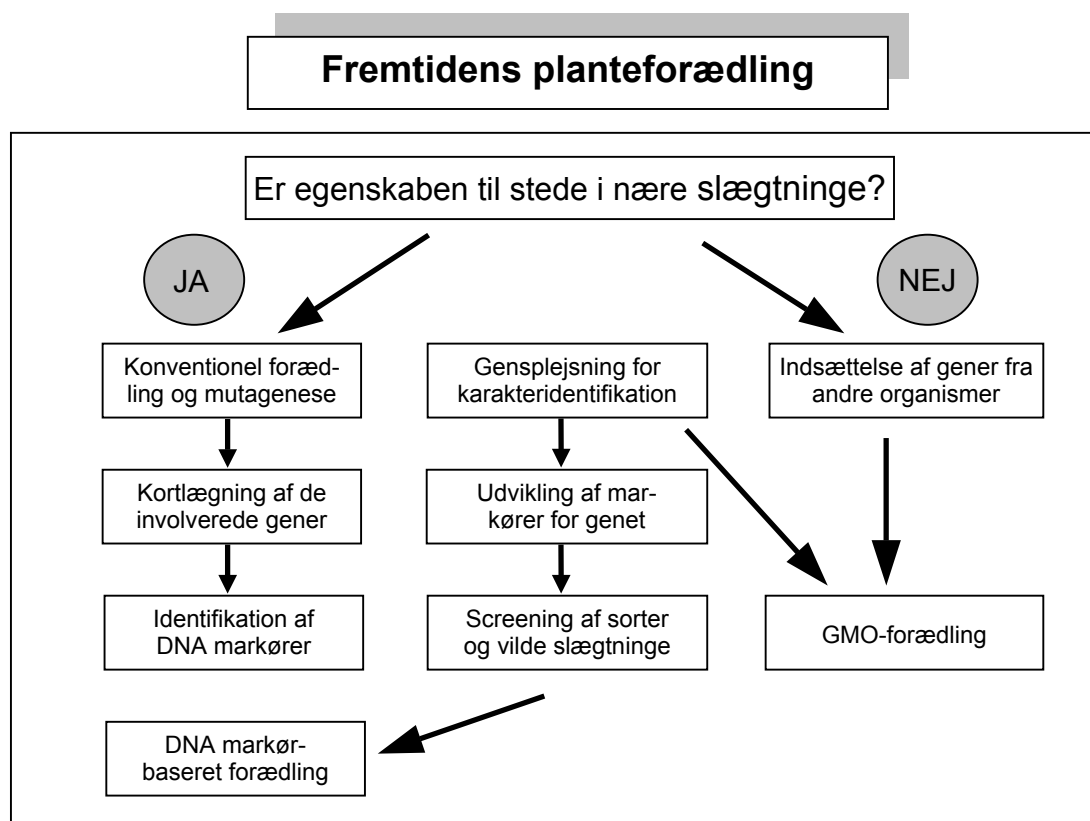
blomsten åbner sig. En række af vore kulturplanter, eksempelvis hvede og byg, har såkaldt cleistogame blomster, hvor bestøvningen sker før aksskridning og åbning af småaksene. Der er i dag et omfattende kendskab til den genetiske basis for blomsters opbygning og udvikling, og det må formodes, at det vil være muligt at overføre den cleistogame karakter til andre arter, hvor selvbestøvning er mulig. Mange af vore kulturplanter er ikke selvbefrugtere, men der er også her en omfattende viden om den genetiske basis for denne karakter.

- l) Forbedret dryssefasthed. Rapsskulper anlægges og modnes asynkront, hvilket gør, at nogle skulper åbner sig og taber frøene, før de resterende skulper har opnået modenhed. Dette er en meget væsentlig faktor til frøspredning i raps, og det er ikke lykkedes via konventionel for-

ædling at forbedre rapsens dryssefasthed. Det er imidlertid sandsynligt, at denne karakter vil kunne introduceres via genteknologi inden for en kort årrække.

- m) Elimination af transgenet før blomstring. Man må forvente, at der på et tidspunkt vil kunne udvikles teknikker, hvor transgenet selektivt bliver fjernet via en specifik udklipning i cellerne i plantens reproduktive dele.

Det har været et tredje kritikpunkt, at der i gensplejsede planter kunne være en hypotetisk risiko for, at indsættelse af et fremmed gen førte til dannelse af carcinogene, toksiske eller allergene forbindelser. De nye teknologier, der muliggør langt mere omfattende analyser af generne, deres udtrykkelse samt dannelsen af primære og sekundære indholdsstoffer, vil kunne eliminere denne usikkerhed, se Figur 2.1.



Figur 2.2 Fremtidens planteforædling

2.6 Samlet vurdering vedrørende den konventionelle forædling

Den moderne planteforædler vil i den kommende tid have adgang til en lang række nye teknikker og muligheder. Planteforædlerens strategi vil i langt højere grad blive en integreret indsats, hvor der anvendes den for et givet formål optimale teknologi. Som illustreret i Figur 2.2 vil forædlerens første valg være, om den ønskede egenskab er til stede i nært beslægtede arter eller ej og i givet fald om det er muligt at opnå levedygtigt afkom. Hvis egenskaben ikke er til stede, vil man kunne vælge en ren GMO løsning. Alternativt vil man kunne forsøge sig med mutationsforædling i de afgrøder, hvor denne teknologi kan implementeres. Hvis egenskaben kan introduceres ved konventionel metodik, kan man vælge et rent konventionelt program, hvor man eventuelt fastlægger den genetiske basis for egenskaben og identificere DNA markører for fremme af forædlingsprogrammet. I denne strategi vil man kunne implementere en GMO analyse som et hjælpeværktøj med det formål at identificere hvilke gener, der er bestemmende for den ønskede karakter. I det tilfælde, hvor generne er identificeret, kan man fortsætte i et langt mere præcist forædlingsforløb og evt. gå tilbage og identificere sorter, der har en optimal udtrykkelsesprofil af det pågældende gen.

Indtil videre er den europæiske lovgivning vedrørende frigivelse af nye sorter helt overvejende bestemt af måden, disse er fremstillet på. I EU's nye direktiv for udsætning af genetisk modificerede organismer i naturen (2001/18/EF) gøres det indledningsvis klart, at den konventionelle planteforædlings teknikker ikke kræver regulering, idet de må betragtes som værende gennemprøvede over et langt tidsrum. Eneste undtagelse er planter opstået via protoplastfusioner mellem plantearter, der ikke kan krydse med hinanden.

GMO sorter på vej:

I kapitel 7 er givet en status over GMO-markedsføringsansøgninger i EU. Disse ansøgninger dækker næsten fuldstændig det spektrum af afgrøder og egenskaber, der er registreret som værende markedsført i OECD landene, primært USA og Canada (<http://www.olis.oecd.org/bioprod.nsf>). Af undtagelser kan nævnes raps med en ændret oliesammensætning, kartofler med Coloradobilleresistens, virusresistent papaya og squash, samt meget små produktioner af majs for fremstilling af forskellige proteiner af farmaceutisk interesse. Herbicidresistent ris er ligeledes godkendt til ubegrænset dyrkning, men endnu ikke til konsum.

Der dyrkes altså ikke en større portefølje af gensplejsede plantesorter i USA, der afventer markedsføringsgodkendelse i EU området. De registrerede markforsøg er derfor den eneste ledetråd for hvilke sorter, der inden for de nærmeste år vil blive forsøgt markedsført i såvel USA som EU området.

I USA er disse markforsøg registreret i følgende database: <http://www.nbiap.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm>

og i OECD området i databasen: <http://www.olis.oecd.org/biotrack.nsf>

Der kan erkendes følgende hovedtendenser:

1. De multinationale firmaer vil inden for de kommende år fortsætte med udvikling af herbicid- og insektresistente sorter. Eksempelvis forventes der i USA markedsført en herbicidresistent hvede i år 2003.
2. Der er en lang række sorter på vej, såkaldte andengenerationsprodukter, der er gensplejset for forbedret sygdomsresistens og produktkvalitet. På kornområdet drejer det sig primært om resistens mod *Fusarium* og *Septoria*, for kartofler om resistens mod

kartoffelskimmel, samt nematoderesistens i roer og kartofler. På kvalitetsområdet drejer det sig om målrettede ændringer af primært olie-, stivelses- og proteinsammensætningen for forskellige industrielle formål samt for forbedring af foderkvaliteten. Endvidere arbejdes der på at fjerne allergener og stoffer med andre uønskede toksiske effekter. Endelig er en række "functional foods" under udvikling, eksempelvis soja med forøget indhold af A- eller E-vitamin eller en anden oliesammensætning, der formodes at virke reducerende på blodets kolesterolindhold. I Tabel 2.1 er angivet, hvilke egenskaber man må forvente vil blive introduceret i en række forskellige afgrøder.

3. De store firmaer vil primært satse på afgrøder som majs, sojabønner, kartofler og ris, der enten er hybridafgrøder, eller hvor man på anden måde har kontrol over såsæden. Kontrol af såsæden, dertil hørende sprøjtemidler, samt en høj værdi af afgrøden vil være en afgørende forudsætning

for, at det er økonomisk lønsomt at udvikle disse afgrøder

Den fremtidige udvikling inden for gensplejsede afgrøder vil ud over de faktuelle egenskaber hos afgrøder være afhængige af en lang række andre parametre. Det må forventes, at kommende afgrøder vil blive markedsført under langt større hensyntagen til forbrugerholdninger og med en væsentlig udbygget dokumentation for, at afgrøderne ikke har potentielt negative effekter på sundhed og miljø. Bl.a. må der forventes en væsentlig udvikling inden for gensplejsningsteknologien samt sikring mod utilsigtet spredning af pollen og frø. Udviklingen inden for gensplejsede afgrøder vil ligeledes være særdeles afhængig af den internationale lovgivning for handel, sporbarhed og segregering. Det er sandsynligt, at det ikke vil være økonomisk lønsomt at dyrke en lang række potentielle gensplejsede sorter, såfremt segregering af disse under dyrkning, høst, transport, lagring og processering er forbundet med væsentlige merudgifter.

Tabel 2.1 Forventede egenskaber introduceret i forskellige afgrøder

Afgrøde	Karaktertræk
Byg	Virusresistens, maltkvalitet
Hvede	Herbicidresistens, Fusarium- og Septoriaresistens, bagekvalitet, stivelses- og proteinsammensætning, udbytte
Majs	Stivelses- og proteinsammensætning, Fusariumresistens, udbytte
Raps	Oliesammensætning, dryssefasthed, svamperesistens
Kartofler	Svampe-, nematode- og virusresistens, stivelsessammensætning
Foder- og sukkerroer	Nematode- og virusresistens, ændret sukkerindhold

Et rimeligt udgangspunkt vil være, at der indledningsvis defineres et basisniveau af regler for afstands- og håndteringskrav baseret på GMO afgrøder godkendt til animalsk og human ernæring. Desuden skal det sikres, at GMO afgrøderne via de indførte karaktertræk ikke har fået bibragt egenskaber, der giver dem konkurrencemæssige fordele over for konventionelle afgrøder i det økologiske jordbrug. De allerfleste afgrøder, der i dag er godkendt til dyrkning uden for EU området, opfylder disse krav, idet der primært er tale om afgrøder med herbicidresistens, insektresistens eller kombinationer af begge. Med dette som udgangspunkt kan der efterfølgende defineres skærpede regelsæt for, hvad der betegnes som anden- og tredjegerations GMO'er i lighed med de klassifikationsinddelinger, der i dag eksisterer for laboratorier, drivhuse, dyrestalde og dyrkningsanlæg for mikroorganismer afhængig af arbejdets og materialets art. I lighed med dette regelsæt kan det ovennævnte basisniveau f.eks. betegnes som klasse 1.

Det må understreges, at der i udarbejdelsen af et regelsæt for afstands-, dyrknings- og håndteringskrav må tages hensyn til, at problemet med utilsigtet sammenblanding af GMO og økologiske produkter er af reciprok natur på alle niveauer fra fremavl af såsæd til frembringelse af de forarbejdede produkter. Såvel GMO landmanden som den økologiske landmand vil ved indblanding få problemer med at opfylde specifikationerne til deres produkter. For GMO dyrkere af klasse 1 produkter vil problemet særlig være aktuelt for fremavl af GMO såsæd, mens en indblanding af konventionelle afgrøder ikke vil have en negativ indvirkning på produktets kvalitet, idet de to typer af afgrøder så at sige er identiske i deres indholdsstoffer. Ved dyrkning af anden og tredjegerations produkter kan en indblanding med afgrøder fra såvel det konventionelle som det økologiske jordbrug imid-

lertid forårsage kvalitetsforringelser af GMO dyrkerens produkter.

Dyrkning af gensplejsede planter i Danmark

På kort sigt, dvs. inden for et femårigt perspektiv, er det ikke sandsynligt, at der vil blive en væsentlig dyrkning af gensplejsede planter i Danmark. Sortsudvalget er begrænset, og for nærværende er kun herbicidresistente foderroer, raps og majs af relevans for dansk landbrug. De to førstnævnte afgrøder er i kraftig tilbagegang, og majs synes i stigende grad at overtage roens rolle som foderafgrøde. Insektresistent majs har ingen relevans for dansk landbrug.

Såfremt der påbegyndes en dyrkning af herbicidresistente foderroer vil denne kunne foregå med et minimum af overvågning og regulering, idet indsatsen kan begrænses til en fjernelse af stokløbere for at hindre spredning af pollen til nabomarker. Spredning af pollen til vilde roer, der er udbredt lokalt på danske strande, betragtes af de færreste som noget problem, idet en introduktion af et herbicidresistensgen i en vild roe ikke vil give denne nogen overlevelseshed. De umiddelbare problemer begrænser sig altså til herbicidresistent raps og majs. For majsens vedkommende vil problemerne vedrørende relationerne mellem en økologisk produktion og en produktion baseret på gensplejsede sorter omhandle pollenspredning samt renhed af såsæd. For rapsens vedkommende vil der derudover være problemer med spildfrø samt krydsning til vilde slægtninge. Der er imidlertid intet der tyder på, at herbicidresistent raps samt spredning til vilde slægtninge ikke vil kunne kontrolleres i det konventionelle landbrug (se UK Department for Environment, Food and Rural Affairs: Environmental Risks of Herbicide-

Tolerant Oilseed Rape. A Review of the PGS Hybrid Oilseed Rape,
<http://www.defra.gov.uk/environment/acre/pgs/02.htm>)

På det lange sigt må man for nærværende nøjes med at konstatere, at med den hastigt voksende viden om planters genetiske mekanismer samt udviklingen af nye værktøjer vil der være et enormt potentiale for planteforædlingen. Hvorvidt dette potentiale bliver realiseret vil være bestemt af internationale handels- og reguleringsaftaler, politiske og forbrugermæssige holdninger samt generelle markedsøkonomiske mekanismer. Det er sandsynligt, at udviklingen af nye gensplejsede sorter endnu i nogle år vil gå uden om EU området grundet ikke afklarede politiske holdninger, forbrugermodstand, restriktive og meget bekostelige godkendelsesprocedurer og store krav til adskillelse af konventionelle og gensplejsede afgrøder. I den tredje verden kan man forvente en omfattende dyrkning af gensplejsede afgrøder under den forudsætning, at der sker en betydelig teknologioverførsel fra den private og offentlige sektor i de industrialiserede lande. Det synes også nu at være klart, at kun en del af plantebioteknologiens potentiale vil blive realiseret i privat regi, idet denne sektor

af indlysende grunde kun vil beskæftige sig med afgrøder og egenskaber, der er økonomisk lønsomme. Den offentlige sektors engagement inden for plantebioteknologien kan derfor vise sig at være helt afgørende for, om der bliver fremstillet gensplejsede sorter af relevans for dansk landbrug, dvs. afgrøder med bedre svamperesistens, næringsstofoptagelse og foderværdi. Der er internationalt et stigende fokus på denne problematik. I en nylig frigivet rapport fra USDA's Advisory Committee on Agricultural Biotechnology http://www.usda.gov/agencies/biotech/acab//meetings/mtg_8-01/ppbprpt_8-01.html) udtales der således: *"The public and private sectors each have important roles to play in plant breeding. Private-sector investments generally focus on crops that hold the greatest potential for return on those investments. Public-sector resources are needed for development of crops or crop characteristics with long-term potential that might not be immediately attractive to the private sector. In addition, many of the traditionally bred varieties of agronomic crops to which private companies add their proprietary transgenes are locally- or regionally-adapted varieties developed initially in public plant breeding programs"*. Det anbefales, at man i USA fordobler midlerne til offentlig forskning inden for plantebioteknologi og sortsudvikling.

3 Økologisk jordbrug nu og i fremtiden

Birte Boelt ¹ og Inger Bertelsen ²

¹ Afd. for Plantebiologi, Danmarks JordbrugsForskning

² Sektion for økologisk planteavl, Landbrugets Rådgivningscenter

Sammendrag

Det ideologiske grundlag for økologisk jordbrug bygger på tre fundamentale principper: kredsløb, forsigtighed og nærhed. Anvendelse af genmodificerede organismer (GMO) er ikke tilladt og begrundelsen herfor er

- uacceptable risici i forhold til fødevarernes indvirkning på sundheden
- uacceptable risici i forhold til miljøet
- den irreversible natur af de genetiske ændringer og det faktum, at de ændrede gener uundgåeligt vil sprede sig både i afgrøder og ukrudtsplanter
- udbredelsen af gensplejsede afgrøder forhindrer både forbrugerens og landmænds muligheder for frit at fravælge gensplejsede afgrøder og fødevarer.

Der har gennem de seneste år været en stigning i antallet af økologiske jordbrugsbedrifter, hvilket har medført en stigning i det økologiske areal, således at 6,5% af det totale landbrugsareal i Danmark nu drives økologisk. Stigningen har overvejende været forårsaget af en større interesse for omlægning af plantevlsbedrifter, og denne produktionsgren dækkede i 2000 34% af det økologiske areal.

Arealfordelingen inden for bedriftstype viser, at 53% af det økologiske jordbrugsareal anvendes i kvægbedrifter, medens kun 5% anvendes i svinebedrifter. Imidlertid er produktionen af mejeriprodukter for øjeblikket større end forbruget på hjemmemarkedet, og den

fremtidige udvikling inden for denne produktionsgren er i høj grad afhængig af firmaernes succes på eksportmarkederne. Der er for øjeblikket en meget positiv situation for omlægning til økologisk planteavl som følge af en gunstig prisudvikling på bl.a. korn og ærter. Imidlertid er næringsstofforsyningen begrænsende for udbyttets størrelse på husdyrløse planteavlsbrug. Der vurderes at være gode muligheder for en større afsætning af økologisk svinekød, men den nuværende produktion er meget beskedent.

Forbruget af økologiske fødevarer i Danmark er stagneret inden for de seneste år. Imidlertid synes forbrugeren fortsat at have stor tillid til de økologiske produkter, og som begrundelse for valg af økologiske fødevarer nævnes hensyn til sundhed, miljø og dyrevelfærd. I den forbindelse fremhæver en række interviewede eksperter, at økologiens styrke er, at der ikke anvendes GMO.

For øjeblikket anvendes ikke-økologiske produkter af udsæd, gødning og foder. Anvendelsen af ikke-økologisk udsæd foregår imidlertid på dispensation, og tilladelse til brug af ikke-økologisk foder gælder kun indtil efteråret 2005.

Den fremtidige udvikling inden for økologisk jordbrug forventes i stor udstrækning at påvirkes af tilgængeligheden af

- afsætning af de økologiske produkter såvel i ind- som udland.
- økologisk udsæd af "passende" sorter

- økologisk foder – specielt proteinafgrøder, samt
- tilstrækkelig næringsstofforsyning i de økologiske sædskifter, især på husdyrløse planteavlsbedrifter

3.1 Indledning

Økologiske landmænd ønsker ikke at være afhængige af anvendelsen af genmodificerede organismer (GMO) i deres produktion, og de mener generelt, at der ikke er brug for de teknologiske, lette løsninger, som dette er et udtryk for (Meldgaard, 2001). Økologer siger fra over for de risici, som en udsætning af gensplejsede organismer i naturen udgør og over for brug af gensplejsning i fødevareproduktionen. Denne holdning er afspejlet i økologiregelsættet under IFOAM, EU og Codex Alimentarius.

I en interviewundersøgelse med en række eksperter, som repræsenterer den økologiske sektor bredt, fremhæves økologi "som en måde at undgå GMO-produkter" (Beckmann et al., 2001). Det pointeres, at økologiens styrke netop er, at der ikke anvendes GMO, selvom flere eksperter finder det vanskeligt at sikre en 100% GMO-fri økologisk produktion.

Økologisk jordbrug bygger på tre grundlæggende principper:

- kredsløbsprincippet
- forsigtighedsprincippet
- nærhedsprincippet.

Økologisk jordbrug adskiller sig fra konventionelt jordbrug derved, at driften skal leve op til en målsætning om at tage særlige hensyn til miljø, biodiversitet, husdyrvelfærd, fødevaresikkerhed og kvalitet (FØJO, 2001).

I dette kapitel beskrives principper for økologisk jordbrug, den nuværende og forventede udvikling i fordeling mellem bedriftstyper og afgrøder, regler for anvendelse af ikke-økologiske produkter samt forbrug af økologiske fødevarer.

3.2 Principper for økologisk jordbrug

Kredsløbsprincippet

Samvirke med naturen bør ske gennem en etablering og udbygning af kredsløb, der sikrer alsidighed, mangfoldighed og harmoni samt recirkulering og brug af fornybare ressourcer (FØJO, 2000). Kredsløbsprincippet tager udgangspunkt i, at næringsstoffer recirkuleres og genanvendes i naturen, og via sollyset opbygges fornybare ressourcer. Udviklingen skal være i harmoni med naturgrundlaget, hvilket bl.a. kan sikres gennem alsidighed og mangfoldighed i produktionen. Økologien afviser fokusering på enkeltproblemer og ønsker i stedet at udvikle jordbruget i sin helhed. Således betragtes anvendelsen af GM-afgrøder som en "symptombehandling" i lighed med anvendelse af pesticider. I stedet for "symptombehandling" ønskes den fremtidige udvikling inden for økologisk jordbrug baseret på en helhedsorienteret udviklingsstrategi.

Forsigtighedsprincippet

Princippet foreskriver forsigtighed i anvendelsen af ny teknologi, dels fordi mennesket selv er en del af naturens kredsløb, dels fordi naturen er kompleks, og det kan være vanskeligt at overskue konsekvenserne af menneskets påvirkning. Som følge heraf foretrækkes ældre kendt og velfungerende teknologi frem for anvendelse af ny teknologi udviklet på et mere teoretisk grundlag. Det er bedre at forebyg-

ge skader end at være afhængig af vores evner til at helbrede skader.

I praksis udmøntes princippet ved:

- tidlig påvisning af risici gennem omfattende forskning
- at der handles før videnskabeligt bevis for mulige irreversible skader haves
- at udslip af forurenende stoffer reduceres og at renere teknologier fremmes.

Som følge af respekten for naturens kompleksitet, samt den uforudsigelige effekt af påvirkninger af naturens kredsløb, er brug af genmodificerede afgrøder, industrielt fremstillede pesticider og andre miljøfremmede stoffer ikke tilladt i økologisk jordbrug.

Nærhedsprincippet

Gennemskuelighed og samvirke i fødevarerproduktionen kan forbedres gennem nærhed. Direkte kontakt mellem producenter og forbrugere reducerer den fremmedgjorthed, som ofte præger det moderne samfund. Læring på basis af lokal, erfaringsbaseret viden og forskning i hele systemer er centrale elementer i økologien for at sikre sammenhængen til naturgrundlaget. Økologisk jordbrug ønsker at imødekomme forbrugernes forventninger til økologiske produkter (fødevarer sikkerhed og -kvalitet) netop ved at undgå brugen af GM-afgrøder.

3.3 Bedriftstyper og afgrødefordeling

Jordbrugers ideologiske grundlag for omlægning til en økologisk produktionsform er ændret gennem de seneste år. En undersøgelse omfattende 923 økologiske avlere viser, at en væsentlig grund til valget af den økologiske

produktionsform er "bekymring for miljøet" (Michelsen, 2001). "Uenighed med det konventionelle jordbrug" var tidligere et højt prioriteret argument for omlægning, men undersøgelsen viser, at det er mindre betydende for de jordbrugere, som lagde om i 1997. "Højere indkomst" nævnes nu som et højt prioriteret argument, og der har været en betydelig stigning i prioriteringen af netop dette argument.

Generelt prioriterer nye omlæggere

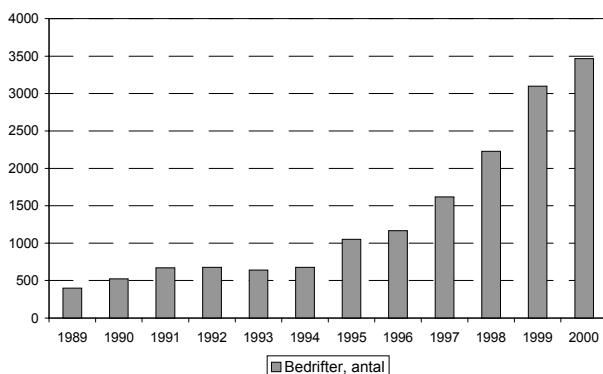
- højere indkomst
- bekymring for miljøet
- agronomiske udfordringer
- bekymring for dansk landbrugs fremtid.

De nye omlæggere er tilsyneladende mindre i kontakt med de ideer og strømninger, som hidtil har tegnet økologisk jordbrug. Dette illustreres blandt andet også af, at de er organiseret i traditionelle landøkonomiske foreninger, medens Landsforeningen Økologisk Jordbrug (LØJ) i dag kun repræsenterer en mindre del af de økologiske landmænd. Omlægningen til økologisk jordbrug skal derfor mere ses som et "valg af produktionsform" frem for et valg af ideologi.

Ændringen af omlæggernes argumenter for valget af økologisk jordbrug forventes at præge udviklingen af det økologiske jordbrug i fremtiden.

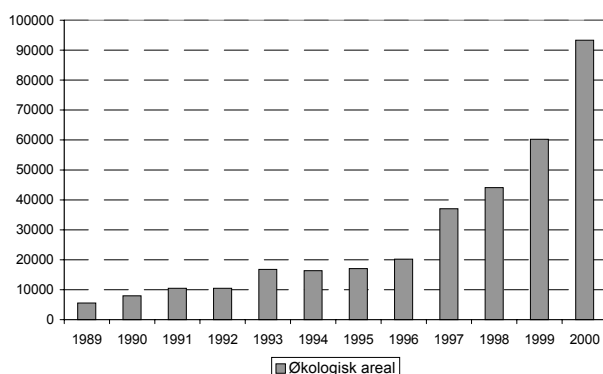
Antallet af økologiske jordbrugsbedrifter i Danmark

Økologisk jordbrug i Danmark har gennem de seneste ti år udviklet sig fra at udgøre under 0,5% af landbrugsarealet og ca. 500 bedrifter til i dag at udgøre 6,5% af landbrugsarealet og cirka 3.500 bedrifter (Plantedirektoratet, 2000c).



Figur 3.1 Antal økologiske bedrifter i perioden 1989 – 2000 (Plantedirektoratet, 2000c)

Stigningen i antallet af bedrifter er overvejende sket siden 1996 (Figur 3.1), og arealet er steget væsentligt fra 1996 til 2000 (Figur 3.2). Der er altså sket en kraftig udvikling i både areal og i antal af økologiske landbrugsbedrifter gennem de seneste år.



Figur 3.2 Det økologiske areal i perioden 1989 – 2000 (Plantedirektoratet, 2000c)

Langt hovedparten af de økologiske bedrifter (73,5% i år 2000) er placeret i Jylland, hvor bedriftsstørrelsen er væsentlig større end eksempelvis på Sjælland. Mange af de økologiske bedrifter er små (<20 ha), men generelt har produktionsarealet været stigende gennem de seneste år (Plantedirektoratet, 2000c). Omlægning af større husdyrløse brug er steget

væsentligt gennem den seneste femårs periode.

Det færdigomlagte økologiske areal var 93.354 ha i år 2000, men stigningen i arealet forventes alt andet lige at fortsætte de kommende år, da henholdsvis 43.561 og 20.745 ha er under omlægning og bliver økologiske i år 2001 og 2002.

Bedriftstyper

En relativt stor andel af de økologiske bedrifter har husdyr. Det er især andelen af økologiske bedrifter med malkekvæg og får, som er større end for alle landbrug i Danmark. Således er der malkekvæg på 24,7% af de økologiske bedrifter mod 18,9% på alle landbrug, og tilsvarende er andelen af økologiske bedrifter med får 19,0% mod 6,0%. Andelen af økologiske svinebesætninger er imidlertid væsentligt lavere og udgjorde 13,9% på økologiske bedrifter mod 24,2%. Økologisk svinekød udgør kun ca. en halv procent af den samlede danske svineproduktion (Hermansen, 2000).

Omlægning fra konventionel til økologisk produktion forudsætter kun få ændringer på malkekvægsbedrifter (FØJO, 1997), hvilket i nogen grad forklarer deres relativt store andel af økologiske bedrifter. Endvidere blev der på et tidligt tidspunkt tilbudt de økologiske mælkeproducenter en merpris, og afsætningen af økologiske mælkeprodukter blev opbygget. Således er mælk i dag den varegruppe, som har den største økologiske andel med ca. 29% (GfK Danmark, 2001). Imidlertid er der for øjeblikket et overskud af økologisk mælk, hvorfor tilgangen af nye mælkeproducenter må forventes at være meget lav.

Planteavlsbedrifter er typisk orienteret mod en høj produktion af salgsafgrøder, de har ingen egenproduktion af husdyrgødning og en stor eksport af næringsstoffer. Der har således

været en udbredt skepsis med hensyn til omlægning af planteavlsbedrifter til økologisk produktion, og forskningsresultater fra 1994-96 viste en reduktion af kornudbyttet på 15% på økologiske planteavlsbedrifter set i forhold til økologiske kvægbrugsbedrifter (Tersbøl & Kristensen, 1997). Imidlertid har der været en stigende interesse for omlægning af husdyrløse planteavlsbedrifter gennem den seneste femårs periode. Denne interesse er i nogen udstrækning støttet af en positiv prisudvikling for økologiske planteprodukter. Igangværende undersøgelser bekræfter dog, at begrænsninger i næringsstofforsyningen på nyomlagte bedrifter i høj grad kan være begrænsende for udbyttet (Kristensen, 2001).

Tabel 3.1 Anvendelse af det fuldt omlagte areal (i procent) på økologiske bedrifter i 2000 sammenlignet med alle landbrug i Danmark (Plantedirektoratet, 2000c)

Arealanvendelse	Økologiske bedrifter (%)	Alle landbrug (%)
Korn til modenhed	23,4	56,7
Bælgsæd til modenhed	1,5	1,4
Rodfrugt	1,3	4,4
Industrifrø	0,8	3,9
Frø til udsæd	1,6	3,0
Græs og grøntfoder	65,7	22,7
Grønsager og frugt	1,2	0,8
Andet	4,5	7,3

Afgrødefordeling

På det fuldt omlagte areal er 23,5% tilsået med korn til modenhed, heraf er cirka halvdelen vårbyg. Græs og grøntfoder dækker 65,7% - heraf er cirka halvdelen af arealet græs i om-drift. I tabel 3.1 ses arealanvendelsen for økologisk jordbrug sammenlignet med alle landbrug.

Det fremgår af tabellen, at arealet med græs og grøntfoder er væsentlig større i det økologiske jordbrug sammenlignet med alle landbrug, medens arealet med korn til modenhed er lavere. Arealet med industrifrø (overvejende vinterraps) er relativt større i det økologiske jordbrug.

3.4 Fremtidig udvikling i be-driftstyper og afgrødeforde-ling

Plantedirektoratet har siden 1995 på basis af avlskontrollen registreret afgrødefordelingen på de autoriserede økologiske brug. De sene-ste tal foreligger for høstår 2000 (Plantedirek-toratet, 2000c). På baggrund af disse tal er afgrødefordelingen fremskrevet til 2005. Til-væksten i det økologiske areal har været meget stor siden 1995. I fremskrivningen er der for-ventet en begrænset stigning i det økologiske areal i de kommende år (ca. 10.000 ha pr. år). Det areal svarer ca. til arealet, der er tilmeldt af nye økologiske producenter i 2001.

Den skønnede lave tilvækst i det økologisk areal har sin begrundelse i flere forhold, der allerede gør sig gældende på nuværende tids-punkt, og som vil have afsmittende virkning et stykke ind i de kommende år.

Mælkeproducenterne udgjorde i 2000 den største gruppe af økologiske bedrifter. Bedrifter med mælkeproduktion er de mest oplagte at omlægge til økologisk produktion, da der her kræves færre ændringer end ved de øvrige bedriftstyper. Det store overskud af økologisk mælk gør, at vi ikke foreløbigt skal forvente, at der kommer nye økologiske mælkeproducenter. En del af de økologiske mælkeproducenter er påbegyndt 100% økologisk fodring af besætningen og har tegnet nye kontrakter. Men ikke alle producenter har afklaret deres fremtid. Det er derfor en mulighed, at en del af de nuværende økologiske mælkeproducenter vælger at lægge tilbage til konventionel drift. I den skønnede afgrødefordeling er dette dog ikke medregnet, men derimod at arealet på malkekvægsbrugene forbliver på det nuværende niveau.

Situationen er meget positiv for omlægning til økologiske planteavl. Der har i en årrække været høje priser på økologisk korn og ærter. Samtidig har det økologiske tilskud været af en størrelse, så der er spændt et solidt sikkerhedsnet ud under økologiske producenter uden mælkekvote. Alligevel har interessen for omlægning i 2001 været begrænset. Den femårige bindingsperiode betyder, at der er en tilbageholdenhed med omlægning; de potentielle omlæggere frygter, at kornpriserne vil falde i fremtiden. På de husdyrløse planteavlsbedrifter er der i mange tilfælde opbygget en produktion af specialafgrøder – eksempelvis grønsager og frøavl. I en del tilfælde vil omlægning til økologisk drift medføre produktionsvanskeligheder for netop disse afgrøder.

Afgrødevalget på arealer under omlægning vil ofte kortvarigt være præget af "modeluner", f.eks. forårsaget af reglerne for økologisk produktion, hvorfor der konstant vil forekomme udsving. At der i fremtiden vil være en væsentlig større andel af det økologisk dyrkede areal, der er omlagt, vil dog betyde større stabilitet i afgrødevalget, så dette kommer til at afhænge af efterspørgslen til foder, konsum og fremavl. Fremtidens krav til 100% økologisk fodring af husdyr vil betyde ændringer af afgrødevalget, så produktionen i marken er afstemt efter foderplanen. Dette vil betyde, at andelen med byg og byg/ærte hel-sæd vil falde svagt, idet foderkvaliteten af disse afgrøder ikke er tilstrækkelig høj til, at de kan indgå med en væsentlig del i en 100% økologisk fodring.

Der er en øget efterspørgsel efter proteinafgrøder fra producenter af enmavede dyr (fjerkræ og svin). Bælgsædsarealet kan derfor forventes at stige, hvis priserne kommer til at afspejle efterspørgslen. Samtidig betyder ændringer i reglerne for gødskning på økologiske bedrifter, at det fra gødningsår 2001/2002 vil være mere fordelagtigt at dyrke bælgsæd.

Der er stor interesse for at dyrke lupiner, men hidtil har der ikke været udsæd på markedet af de nye typer af smalbladet lupin, som modner tidligt. I 2002 vil disse typer for første gang være til rådighed, hvorfor det fremtidige areal med lupin vil afhænge af resultaterne opnået i 2002.

Tabel 3.2 Forventet økologisk areal og arealanvendelse (i ha og pct. af økologisk dyrket areal) for 2001 og 2005. Faktisk arealanvendelse for 2000

Afgrøde	2000 *		2001**		2005**	
	ha	pct.	ha	pct.	ha	pct.
Dyrket areal	157.660		172.000		212.000	
Korn til modenhed						
Vårbyg	25.042	15,9	29.240	17	40.280	19
Havre	7.872	5,0	10.320	6	12.720	6
Vårhvede	2.258	1,4	3.440	2	6.360	3
Triticale	2.855	1,8	3.440	2	4.240	2
Vinterhvede	3.043	1,9	3.440	2	6.360	3
Vinterrug	3.533	2,2	5.160	3	6.360	3
Vinterbyg	350	0,2	340	0,2	420	0,2
Vårsæd	35.172	22,3	43.000	25	59.360	28
Vintersæd	9.781	6,2	12.040	7	16.960	8
Bælgsæd til modenhed						
Hestebønner	50	0,0	50	< 0,1	100	< 0,1
Lupin	191	0,1	170	0,1	640	0,3
Markært	2.932	1,9	3.440	2	6.360	3
Uspec.	136	0,1	170	0,1	210	0,1
I alt	3.309	2,1	3.830	2	7.310	3
Grovfoder						
Helsæd, korn	8.105	5,1	8.600	5	8.480	4
Helsæd, blandet	10.694	6,8	10.320	6	12.720	6
Helsæd, bælgsæd	2.622	1,7	3.440	2	4.240	2

* Areal ifølge Plantedirektoratets statistik over økologisk ejendomme.

** Skønnet udvikling i afgrødefordelingen

Den ovenstående fremskrivning (tabel 3.2) er et bud på fremtiden på baggrund af de anførte forudsætninger. Der findes andre fremskrivninger af omfanget af den økologiske produktion, der tager afsæt i andre forudsætninger og derfor kommer til et andet fremti-

digt økologisk areal. Her kan nævnes fremskrivning set med et samfundsøkonomisk potentiale, der når til, at det økologiske areal vil udgøre 5% af landbrugsarealet i 2010, hvilket vil betyde et fald i forhold til det nuværende areal (Jacobsen, 2001).

Et andet bud på den fremtidige udvikling kan læses i Aktionsplan II, der spår en kraftigere udvikling i den økologiske produktion, så der ved udgangen af 2002 vil være omlagt lidt under 300.000 ha (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 1999). En fremskrivning, der med stigningen i økologiske arealer i 1999 virkede sandsynlig, men som det i dag er tydeligt ikke bliver nået.

Det er derfor med fremskrivningen i denne vidensyntese også vigtigt at holde sig for øje, at den er sket på baggrund af de tendenser, der er fremherskende i den økologiske produktion på nuværende tidspunkt. Udviklingen i den økologiske produktion er afhængig af mange udefrakommende faktorer, blandt andet fordi den har meget stor politisk bevågenhed.

3.5 Økologisk udsæd og sortsvalg

Økologisk udsæd

På økologiske arealer og arealer under omlægning skal frø, sædekorn og planteforneringsmateriale være af økologisk oprindelse.

Ifølge EU's regler (Rådsforordning (EØF) nr. 2092/91 af 24. juni 1991 med senere ændringer) kræves der ved produktion af økologisk udsæd, at moderplanten til brugsudsæden skal være dyrket økologisk på et færdigomlagt økologisk areal. Det betyder, at der kan anvendes konventionel ubejdset udsæd i en økologisk fremavlsmark. Omlægningstiden for etårige afgrøder er 24 måneder inden såning af afgrøden.

Ifølge ovennævnte rådsforordning vil det efter den 31. december 2003 ikke være tilladt at anvende konventionelt ubejdset udsæd i tilfælde af utilstrækkelige mængder af økologisk

udsæd. Der må således udelukkende anvendes økologisk udsæd. Afskaffelse af den nugældende undtagelse tages op til behandling i Kommissionen inden den 31. december 2002. Der er på nuværende tidspunkt ingen vurdering af sandsynligheden for en evt. fornyet undtagelse. Det er dog givet, at hvis man inden vurderingen kan vise, at det i EU er muligt at producere tilstrækkelige mængder af økologisk udsæd, vil det være et argument for ikke at forlænge overgangsordningen.

Når fremavl af økologisk udsæd sker på basis af konventionelt fremavlet udsæd, repræsenterer såsæd en kilde til utilsigtet indblanding af GM-planter. Risikoen for indblanding stiger i takt med, at der i det konventionelle landbrug tages GM-metoder ind i forædlingen.

De danske krav til dyrkningsafstand, sortsrenhed og dyrkningsinterval ved avl af sædekorn og markfrø for henholdsvis basisfrø og certificeret frø fremgår af tabel 7.1 i kapitel 7.

Sortsvalg

En sort, som indeholder alle de egenskaber, som er betydningsfulde ved økologisk dyrkning, synes ikke at være opnåelig. Det er imidlertid vigtigt, at der findes en bred vifte af sorter, således at den enkelte sort er tilpasset en bestemt placering og funktion i det overordnede dyrkningssystem. Nedenstående er eksempler på ønsker til sortsegenskaber, som er affødt af det økologiske dyrkningssystem. En række af ønskerne er generelle, uanset hvor i dyrkningssystemet sorten skal indplaceres

- højt udbytte
- god sygdomsresistens
- evne til at konkurrere med ukrudtet

- tidlige afgrøder - mulighed for etablering af efterafgrøder/grøngødning
- lang næringsstofoptagelse – hovedafgrøden kan udnytte næringsstoffer frigivet i løbet af vækstsæsonen
- lavt optimalt kvælstofniveau
- evne til at modstå mekanisk ukrudtsbekæmpelse
- egnethed til rækkedyrkning
- egnethed til ribbehøst
- Sorten har indgået i anden sortsafprøvning/værdiafprøvning enten i Danmark eller i et for arten sammenligneligt område. Afprøvningen skal være foretaget af en uvildig institution. Sorten skal leve op til følgende krav:
 - Sorten skal have et udbytte på højde med kendte sorter. Minimum forholdstal 100.
 - Sorter med forholdstal under 100 kan medtages, hvis sorten besidder særlige kvaliteter. Eksempel på særlige kvaliteter er: gode/attraktive resistensegenskaber, bagekvalitet, maltningsegenskaber eller andet.

Ordningen med "passende" sorter

Siden 1998 er udbudet af økologisk udsæd blevet monitoreret af Landskontoret for Planteavl, og oplysningerne har været tilgængelige via internettet. De økologiske landmænd skal anvende økologisk udsæd, men er den ikke til rådighed, kan ikke-økologisk ubejdset udsæd anvendes. Fra 1998-2000 skete der ikke nogen vurdering af sorterne egnethed til dyrkning, hvilket betød, at det var nødvendigt for økologiske landmænd at søge skriftlig dispensation, hvis sorterne ikke var velegnede til dyrkning.

I foråret 2001 blev ordningen for økologisk udsæd ændret, så en ekspertgruppe laver en vurdering af de udbudte sorter. Resultatet af vurderingen er en opdeling af sorterne i to grupper: "passende" og øvrige sorter.

For "passende" sorter gælder:

- Som udgangspunkt er sorter, der er optaget på den danske sortliste, "passende" sorter. Dog kan ændring i en sorts egenskaber (for eksempel nedbrydning af specifikke resistensegenskaber) bevirke, at sorten ikke længere kan betragtes som "passende".

Eller

For øvrige sorter gælder:

- Sorten er ikke afprøvet af en uvildig institution i Danmark eller i et for arten sammenligneligt område.
- Sorten er afprøvet, men har lavt udbytte eller egenskaber, der ikke lever op til kravene for "passende" sorter.

Opdelingen af sorterne betyder, at de økologiske landmænd er forpligtede til at købe "passende" sorter inden for en ønsket art. Består udbudet af økologisk udsæd udelukkende af øvrige sorter, kan landmanden købe ikke-økologisk ubejdset udsæd af andre sorter inden for arten, dog ikke af de udbudte øvrige sorter.

3.6 Økologisk gødning

Jordens frugtbarhed og den biologiske aktivitet i jorden skal opretholdes eller forøges ved dyrkning af bælplanter, grøngødning eller planter med dybt rodnet efter en hensigtsmæssig flerårig sædskifteplan (Plantedirektoratet, 2000a).

Der må som hovedregel kun anvendes gødning fra økologiske husdyr (herunder dyr under omlægning), grøngødning og afgrøderester fra egen bedrift eller andre økologiske bedrifter samt øvrige rester fra den økologiske produktion.

Hvis der på bedriften er en utilstrækkelig forsyning af økologisk gødning kan visse typer af ikke-økologisk gødning og økologiske jordforbedringsmidler anvendes. Andelen af ikke-økologisk gødning må i planperioden 2001/2002 maksimalt udgøre 70 kg totalkvælstof pr. hektar harmoniareal.

Listen over tilladte ikke-økologiske gødnings typer og jordforbedringsmidler omfatter blandt andet

- fast husdyrgødning
- tørret fast husdyrgødning, herunder tørret fjerkrægødning
- kompost af husdyrgødning
- flydende gødning
- komposteret husholdningsaffald
- biprodukter som saft fra græstørrerier, kartoffelfabrikker og
- vinasse.

Der stilles ikke specielle krav om GMO-fri status for de forskellige gødningstyper, med mindre der er tale om produkter eller biprodukter af soja, raps og majs.

3.7 Økologisk foder

Dyr i økologiske besætninger skal fodres med økologiske fodermidler. Endvidere kan der anvendes omlægningsfoder høstet på arealer,

hvor bestemmelserne for økologisk plante-produktion har været fulgt i mindst 12 måneder inden høst og for etårige afgrøder tillige mindst fra såningen. Den daglige foderration kan for 30–60% vedkommende udgøres af omlægningsfoder.

For øjeblikket kan der anvendes 10% ikke-økologisk foder til drøvtyggere og 20% ikke-økologisk foder til enmavede dyr. Muligheden for at anvende ikke-økologisk foder gælder indtil den 24. august 2005. Imidlertid har det ved tegning af nye mælkekontrakter i 2001 været et krav fra mejeriernes side, at de økologiske producenter skal overgå til 100% økologisk fodring.

Foderstoffer, der består af, indeholder eller er fremstillet på grundlag af GMO og foderstoffer, der indeholder enzymer, vitaminer eller aminosyrer, der er produceret af GMO, må ikke anvendes. Dette gælder både for økologisk og ikke-økologisk foder og for tilsætningsstoffer (Plantedirektoratet, 2000b).

For indkøbte ikke-økologiske foderstoffer skal der kunne fremvises en erklæring fra sælger om, at foderet ikke består af, indeholder eller er fremstillet på grundlag af GMO. Der kræves dog ikke erklæring for GMO-fri status ved indkøb af soja, raps og majs af europæisk oprindelse.

Indførsel og import af økologiske produkter er reguleret, og der skelnes mellem indførsel fra andre EU-lande og import fra lande uden for EU. Når først et produkt er importeret til et EU-land i henhold til forordningens bestemmelser om import, kan det forhandles inden for EU. Der skal medfølge en original faktura samt et certifikat fra et godkendt kontrolorgan.

3.8 Forbrug og eksportpotentiale for økologiske fødevarer

Forbrugerundersøgelser viser, at der generelt er en positiv holdning til økologi, og 93% af de danske husstande købte en økologisk kvalitet mindst én gang (GfK Danmark, 2001). Imidlertid skønnes mindre end 1% af de danske husstande udelukkende at købe økologiske fødevarer, hvilket dog i høj grad skal ses i relation til udbuddet af varer. De oftest fremhævede motiver for at købe økologiske fødevarer er ønsket om at leve sundt samt hensyn til dyrevelfærd og miljø. Generelt udgør mejeriprodukter den største andel af økologiske varer. Således udgjorde økologisk mælk ca. 29% af det samlede forbrug i første halvdel af 2001. Havregryn, æg og gulerødder har tilsvarende en høj andel (20-25%). Den markant laveste andel af økologiske varer udgøres af okse- og svinekød. Generelt har udbuddet af økologiske fødevarer været stigende, men undersøgelsen viser, at manglende synlighed i butikkerne, manglende sortiment og ringere kvalitet kan være en begrænsende faktor for forbruget af økologiske fødevarer. Generelt forventer forbrugerne, at den økologiske vare som minimum har samme kvalitet som den ikke-økologiske variant. Oftest forventes dog en højere kvalitet, som en konsekvens af mer-

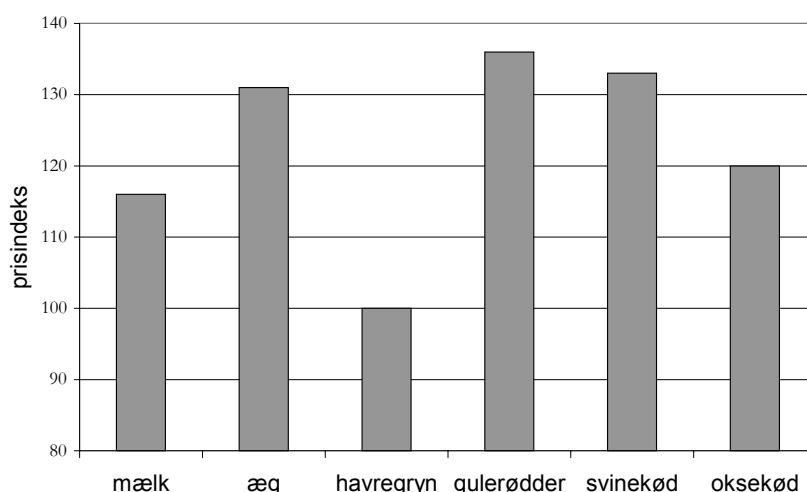
prisen på den økologiske vare. For øjeblikket er salget af økologiske varer stagneret.

En opdeling af de danske husstande i relation til, hvor stor en andel af madbudgettet, der anvendes på økologiske fødevarer, viser, at

- 13% brugte mere end 10% af madbudgettet
- 27% brugte 2,5-9,9%
- 54% brugte op til 2,5% og
- 6% købte ikke økologiske fødevarer.

De økologiske forbrugere findes fortrinsvis i større byer, er yngre mennesker og familier med børn.

En opgørelse af prisindeks (salgspris for økologiske varer i forhold til den ikke-økologiske variant) er vist for udvalgte fødevarer i figur 3.3. Økologisk havregryn sælges til samme pris som det konventionelt producerede produkt. Økologiske æg er imidlertid væsentligt dyrere end konventionelt producerede (prisindeks 131). Alligevel er forbruget af økologiske æg relativt højt, hvilket begrundes med en villighed til at betale en merpris for højere dyrevelfærd.



Figur 3.3 Prisindeks for udvalgte økologiske fødevarer, 2000. Kilde: GfK Danmark, 2001

Den økologiske forbruger vælger således ikke alene ud fra en prisforskel mellem økologiske og ikke-økologiske produkter. Umiddelbart synes forklaringen på den lave andel af økologisk okse- og svinekød ikke at være forårsaget af en større prisdifference.

Udviklingstendenser

Der produceres i øjeblikket flere økologiske mejeriprodukter end der er afsætningsmulighed for på hjemmemarkedet. Danske virk-

somheder søger at øge eksporten inden for denne produktionsgren. Økologisk svinekødsproduktion er endnu under opbygning, men der forventes gode eksportmuligheder (Hermansen, 2000).

Der vurderes generelt at være et uopfyldt behov for økologiske produkter i EU (Sylvander & Floc'h-Wadel, 2000). Største aftager af økologiske produkter er Tyskland efterfulgt af Italien og Frankrig.

3.9 Litteratur

- Beckmann, S.; Brokmose, S. & Lind, R.L. 2001. Danske forbrugere og økologiske fødevarer. Handelshøjskolen Copenhagen Business School. 254 pp.
- EU Rådets forordning (EØF) nr. 2092/91 af 24. juni 1991 med senere ændringer.
- GfK Danmark A/S. 2001. GfK ConsumerScan. Økologisk Landscenter; Den økologiske forbruger 2000.
- Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. 1997. Økologisk planteproduktion. E. S. Kristensen (red). Forskningscenter for økologisk jordbrug. 149pp.
- Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. 2000. Principper for økologisk jordbrug. E. S. Kristensen (red). Forskningscenter for økologisk jordbrug. 29pp.
- Forskningscenter for Økologisk Jordbrug. 2001. DARCOF II. Increased production and closer relationships between organic and inherent qualities. Forskningscenter for økologisk jordbrug. 30pp.
- Hermansen, J.E. 2000. Økologisk svineproduktion. Udfordringer, muligheder og begrænsninger. Føjo-rapport nr. 8. 174 pp.
- Jacobsen, L.B. 2001. Økologisk jordbrugs samfundsøkonomiske potentiale. SJFI-rapport nr. 124. Økonomiske perspektiver for økologisk jordbrug.
- Kristensen, I.S. 2001. Økologisk planteproduktion, næringsstofforsyning, ukrudtskontrol og udbytter. Bilag til Efterårskonference, 2001. p. 50-51.
- Meldgaard, M. 2001. Mødebilag vedrørende Landsforeningen for Økologisk Jordbrugs (LØJ) holdning til GMO. 8 pp.
- Michelsen, J. 2001. Organic Farming in a Regulatory Perspective. The Danish Case. Sociologia Ruralis 41 (1): 62-84.
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 1999. Aktionsplan II - Økologi i udvikling. Strukturdirektoratet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

- Plantedirektoratet. 2000a. Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion. 68 pp.
- Plantedirektoratet. 2000b. Vejledning til virksomheder der behandler, opbevarer eller sælger produkter til brug for økologisk jordbrugsproduktion. 23pp.
- Plantedirektoratet. 2000c. Økologiske jordbrugsbedrifter 2000. 12 pp.
- Sylvander, B. & Floch-Wadel, A. L. 2000. Consumer demand and production of organics in the EU. *AgBioForum*, 3:97 – 106.
- Tersbøl, M. & Kristensen, I. S. 1997. Afgrødeproduktion og økonomi i relation til sædskifte og gødningsforsyning. I: E. S. Kristensen (red). *Økologisk planteproduktion*. SP rapport nr. 15 – 1997: 11-35.

4 Kontrolleret spredning

Birte Boelt¹ og Inger Bertelsen²

¹ Afd. for Plantebiologi, Danmarks JordbrugsForskning

² Sektion for økologisk planteavl, Landbrugets Rådgivningscenter

Sammendrag

Det er tilladt at anvende ikke-økologiske produkter i økologisk produktion. Det drejer sig om udsæd, gødning og foder. Import af ikke-økologiske produkter vurderes at udgøre en potentiel risiko for spredning af genmodificerede organismer (GMO) til det økologiske jordbrug, og denne risiko forventes at stige i takt med en stigende anvendelse af GM-planter i det konventionelle jordbrug såvel uden for EU som ved forsøgsudsætninger i EU.

Forsyningen med økologisk udsæd er mangelfuld inden for bælgssæd, hvidkløver, lucerne, roer og grønsager. En dansk ekspertgruppe opbygger hvert år en liste af "passende" sorter inden for en given art, og hvis forsyningen af økologisk udsæd af "passende" sort er mangelfuld, anvendes ikke-økologisk ubejdset udsæd. Dette kan imidlertid være problematisk i de tilfælde, hvor udsæden er opformeret i et område, hvor der har været udsætningsforsøg med GM-sorter, eller hvor disse generelt anvendes i dyrkningen. I sådanne tilfælde forventes der at være en risiko for spredning af GM-egenskaber ved frø- og pollenspredning, hvilket bekræftes af franske undersøgelser af majs i 2001. Risikoen for indblanding af GMO ved anvendelse af ikke-økologisk udsæd er aktuel for raps og majs. For andre afgrøder som bælgssæd, roer, kløver, græs, lucerne og grønsager vil der på sigt være en tilsvarende risiko.

Især de økologiske planteavlsbedrifter anvender ikke-økologiske gødningsmidler i stor udstrækning, da tilstedeværelsen af økologisk husdyrgødning er utilstrækkelig til at dække næringsstofbehovet i Øst-danmark. Den importerede organiske gødning er overvejende ikke-økologisk husdyrgødning, men det er også tilladt at anvende byaffald. Disse produkter kan i nogen udstrækning indeholde GMO eller rester heraf, men forekomsten af frø af GM-planter, som kan etableres og opformeres i et økologisk sædskifte, vurderes at være meget beskeden.

Økologiske svine- og fjerkræproducenter er meget afhængige af import af både økologisk og ikke-økologisk foder. Størst næringsværdi og foderudnyttelse opnås, når korn suppleres med sojabønne, men anvendelsen af GM-sorter inden for sojabønne er imidlertid meget stor, og afgrøden produceres fortrinsvis uden for EU. Der er i 2001 påvist GM-soja i alle undersøgte prøver af ikke-økologiske foderblandinger i Danmark (i alt 12 prøver er undersøgt).

Omfanget af spredningsrisikoen i det økologiske sædskifte er vurderet ud fra GM-frøets evne til at etablere sig i marken, evne til at vokse og udvikle sig i en anden afgrøde samt evne til at gennemføre en hel livscyklus med heraf følgende risiko for frøspild. I den forbindelse fremstår raps og specielt vårraps som den art, som for øjeblikket udgør den største spredningsrisiko.

4.1 Indledning

Til trods for det økologiske jordbrugs grundlæggende ideologi om kredsløb, forsigtighed og nærhed (kapitel 3) anvendes i nogen udstrækning ikke-økologiske produkter. Ifølge "Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion" (Plantedirektoratet, 2000b) kan der i en vis udstrækning på økologiske jordbrugsbedrifter anvendes ikke-økologisk udsæd, gødning og foder.

Udsæd

Der må anvendes ikke-økologisk ubejdset udsæd i den udstrækning, økologisk udsæd af "passende" sort ikke er tilgængelig. Denne tilladelse bygger imidlertid på en dispensation fra det generelle krav om anvendelse af økologisk udsæd. Dispensationen er givet indtil 31/12, 2003.

Gødning

For planperioden 2001/2002 må der anvendes op til 70 kg kvælstof (total) pr. hektar fra ikke-økologisk gødning, såfremt der er en utilstrækkelig forsyning af økologisk gødning på bedriften.

Foder

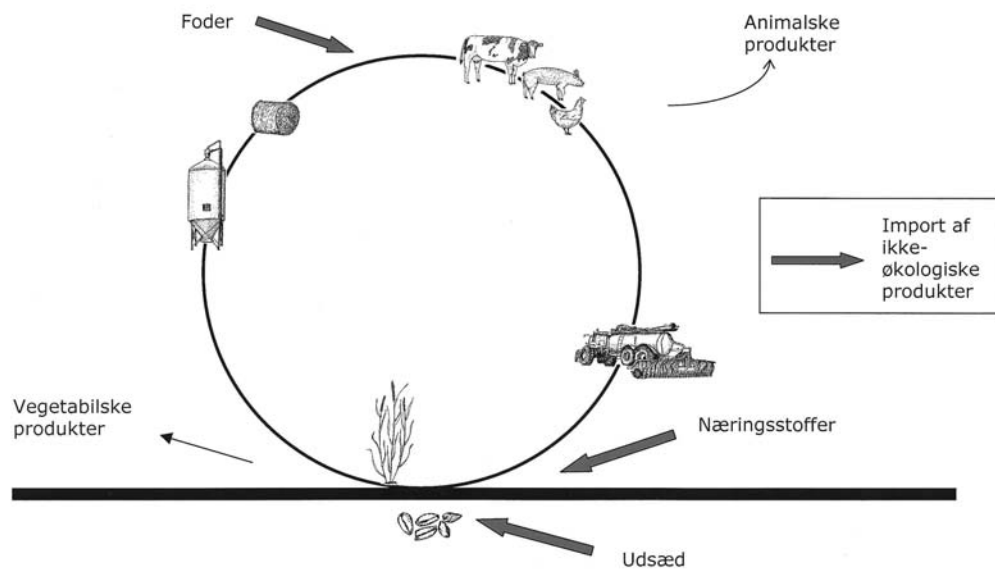
I 2001 kan der anvendes ikke-økologisk foder i en udstrækning af 10% til drøvtyggere (køer og får) og 20% til enmavede dyr (svin og fjerkræ). Muligheden for at anvende ikke-økologisk foder gælder indtil den 24. august 2005. Allerede nu fodrer en stor del af mælkeproducenterne med 100% økologisk foder. Der arbejdes på en tidligere overgang til 100% økologisk fodring for samtlige kvægbesætninger.

Ved en stigende anvendelse af GM-afgrøder i det konventionelle jordbrug må det imidlertid forventes, at risikoen for indblanding af GMO øges i alle de situationer, hvor ikke-økologiske produkter importeres til det økologiske jordbrug (hazard points). Figur 4.1 viser en oversigt over de situationer i bedriftens kredsløb, hvor ikke-økologiske produkter kan anvendes.

Pollen og frø angives at være de to væsentligste kilder til blanding af GM-afgrøder med økologiske afgrøder i en engelsk rapport fra 1999 (Moyes & Dale, 1999). Pollenspredning betragtes i denne rapport, som *ukontrollabel* spredning og behandles i kapitel 5.

I dette kapitel behandles denne *kontrollerede* (handlingsbetingede) spredning.

Potentielle GM-indblandingspunkter



Figur 4.1 Potentielle indblandingspunkter (hazard points) for GMO i et økologisk sædskifte. Illustration Brigitte Wollenweber, 2001

4.2 Udsæd

Tilgængelighed af økologisk udsæd

For visse arter har der gennem længere tid været produktion af økologisk udsæd, men for langt de fleste arter er de udbudte mængder ikke tilstrækkelige til at dække behovet.

Landbrugets Rådgivningscenter har siden 1998 monitoreret udbudet af økologisk udsæd, og resultaterne er vist i tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tons udsæd udbudt via oversigten over økologisk udsæd, 1999-2001. Kilde: Oversigt over økologisk udsæd www.lr.dk. samt DLF-TRIFOLIUM (pers. kommunikation)

Afgrøde	Tons udsæd		
	1999	2000	2001
Vårbyg	540 *	1.400 *	7.250
Vårhvede	50 *	80 *	690 *
Havre	340 *	950 *	1.650 *
Vinterhvede	2.260	1.700	2.780
Vinterrug	440	770	1.500
Vinterbyg	0	0	0
Triticale	550 *	620 *	1.370
Markært	250 *	260 *	490 *
Hestebønne	36	0	0
Lupin	110	40	0
Majs (pk)	-	800 *	950 *
Vinterraps	16	13	14
Vårraps	0	0	0
Oliehør	0	0	0
Foderroer	0	0	0
Sukkerroer	0	0	0
Kartofler ¹	ikke kendt	ikke kendt	ikke kendt
Alm. rajgræs	128 *	523	622
Andre græsfrø	18 *	94 *	53 *
Rødkløver	10 *	31	27 *
Hvidkløver	4 *	120 *	21 *
Lucerne	0	0	0

¹ vegetativt formeringsmateriale

* mængden er ikke tilstrækkelig til at dække efterspørgslen

Korn

I perioden 1999-2001 er mængden af økologisk udsæd blevet væsentligt forøget, og således var der i 2001 tilstrækkelige mængder udsæd i vårbyg, vinterhvede, vinterrug og triticale. I forhold til de foregående år er mængden af vårhvede- og havreudsæd væsentligt forøget, men udbuddet dækker endnu ikke efterspørgslen. Økologisk vinterbyg har været forsøgt fremavlet, men avlen er hvert år blevet kasseret. Behovet for vinterbyg er dog meget beskedent.

De i tabel 4.1 viste mængder er *udbudt* udsæd. Inden for kornafgrøder anvender de økologiske avlere i nogen udstrækning egen udsæd, men omfanget heraf er ikke kendt.

Bælgsæd

Forsyningen af økologisk udsæd af markært og lupin er særdeles mangelfuld. Således blev der i 2001 ikke udbudt udsæd af lupin, og forsyningsgraden af ærteudsæd var ligeledes meget mangelfuld. En væsentlig årsag hertil er infektion med ærtesyge, som opformeres i kolde og våde vækstsæsoner. Der findes for øjeblikket ingen muligheder for at undgå eller reducere angreb heraf. Forsyningsgraden med ærteudsæd er derfor meget svingende.

Majs

Der blev i 2000 i mange tilfælde søgt om dispensation til at anvende ikke-økologisk ubejdset udsæd af tidlige sorter. I 2001 er majsens opdelt i grupper efter tidlighed, så landmanden ikke behøver at anvende en sort af en anden tidlighed end den, der egner sig til bedriften. Der blev således ikke udsolgt af økologisk udsæd af middeltidlige sorter, men markedet er ikke dækket, da der slet ikke har været udbudt økologisk udsæd af tidlige majs-sorter.

Foderbælgsplanter

Der har ikke været udbudt økologisk udsæd af lucerne i den monitorerede periode.

Olieafgrøder

I 1999 blev udsæd af vinterraps først klar den 19. august. Vinterraps bør sås inden 15. august, og der vil derfor være anvendt ikke-økologisk ubejdset udsæd til de marker, som er sået inden dette tidspunkt. Den udbudte mængde burde dog være tilstrækkelig til det dyrkede areal i 2000. I efteråret 2000 var der økologisk udsæd af vinterraps til hele arealet. Den 22. august, 2001, blev 14 tons økologisk udsæd meldt klar, men igen må det forventes, at stor andel af de økologiske marker allerede på det tidspunkt var tilsået med ikke-økologisk udsæd.

Rodfrugter

I monitoringsperioden har der ikke været økologisk udsæd tilgængelig af foder- og sukkerroer. For kartofler (vegetativt plantemateriale) monitoreres mængden af udsædsmateriale ikke. Da der hos kartoffelavlere ofte laves egen opformering, er det vanskeligt at få et overblik over dækningen med økologisk materiale. Når en økologisk landmand laver eget læggemateriale, er det ikke et krav, at det indkøbte materiale er økologisk, men de læggekartofler, vedkommende producerer, skal være økologiske for, at de kan anvendes til produktion af spisekartofler. Der er dog blevet udbudt mange kartoffelsorter økologisk, og der er ikke blevet udsolgt de sidste par år.

Græs og kløver

Forsyningen af økologisk udsæd af almindelig rajgræs og rødkløver var 100% i 2000, men i 2001 blev der udbudt 4 tons rødkløversæd mindre end det foregående år, og mængden

har ikke været tilstrækkelig. Der er fortsat mangel på udsæd af øvrige græsarter, og forsyningen af økologisk hvidkløverfrø er meget lav og dækkede kun 21% af forbruget i 2000.

Grønsagsafgrøder

For grønsager er det ikke opgjort, hvor store mængder der bliver udbudt. Men forsyningen med grønsagsfrø er utilstrækkelig for langt de fleste kulturer. Samtidig er de udbudte sorter typisk ikke passende til dyrkning i Danmark, de fleste på grund af manglende afprøvning. Ordningen med passende og øvrige sorter blev først indført i foråret 200, og antallet af passende sorter var:

Agurk 1 (drivhus), porrer 5, salat 18, selleri 1, tomat 1 (drivhus).

Inden ordningen med passende og øvrige sorter blev indført, søgte langt de fleste avlere skriftlig dispensation til at anvende ikke-økologisk ubejdset udsæd.

Efterafgrøder

For de mindre arter har forsyningen været langt mere svingende. I nogle år overstiger produktionen langt det aktuelle behov, og i andre år er der slet ingen udsæd tilgængelig. Samtidig er der ikke lavet en opgørelse af arealanvendelsen, og det er derfor svært at fastsætte præcise behov. Arter, der har været udbudt i mindre mængder, er fodervikke, vintervikke, gul sennep, olieør, olieræddike, sneglebælg og stauderug.

Økologisk udsædsproduktion

Der er for øjeblikket manglende forsyning af økologisk udsæd inden for følgende arter:

- korn - vårhvede og havre

- bælgssæd - ært, lupin og hestebønne
- foderbælgplanter – lucerne
- majs
- rodfrugter – roer
- kløver - hvidkløver
- græs – timothe, engsvingel, hundegræs og engrapgræs samt
- en række grønsagsarter.

Korn

Gennem de seneste år er udsædsproduktionen af korn øget væsentligt, og med undtagelse af vårhvede, havre og vinterbyg dækker udbud den aktuelle efterspørgsel. Imidlertid er en væsentlig del af det økologiske areal beholdt produktion af foderafgrøder, og denne andel vil måske øges i fremtiden med kravet om en øget andel af økologisk foder (Bertelsen, 2001).

Forekomst af udsædsbårne sygdomme kan være en væsentlig kvalitetsforringende faktor i udsædsproduktion af især hvede (stinkbrand) og byg (nøgenbrand og sribesygge) (Nielsen et al., 1999). Hvert år kasseres udsædspartier som følge heraf.

Mulighederne for produktion af økologisk, sygdomsfri udsæd af korn og bælgssæd er beskrevet i Nielsen & Kristensen (2001).

Bælgssæd

Interessen for udsædsproduktion af ærter er stærkt begrænset som følge af en betragtelig risiko for at få avlen kasseret på grund af infektion med ærtesygge. Således blev 50% af alle ærtepartier kasseret på grund af sygdomme i 2000 (Nielsen, 2001). I lupin kan svampesygdommen antracnose forårsage en høj

kassationsprocent, men der er for øjeblikket sorter i opformering, som tilsyneladende ikke er modtagelige for denne sygdom (Kristensen et al., 2001).

Majs

Der er hverken konventionel eller økologisk udsædsproduktion af majs i Danmark. Den anvendte udsæd er overvejende af hybridsorter, og disse er fortrinsvis forædlet og opformeret i Frankrig. Der er endvidere hollandske og tyske sorter på markedet. Majs dyrkes på 1124 ha på det fuldt omlagte areal i 2000 samt på over 900 ha på arealer under omlægning (Plantedirektoratet, 2000c). Den økologiske udsædsproduktion foregår blandt andet i Frankrig, og der foreligger ingen vurdering af mulighederne for at øge denne produktion.

Foderbælgplanter

Der er hverken konventionel eller økologisk udsædsproduktion af lucerne i Danmark. Der har dog været enkelte forsøg på en økologisk produktion af lucernefrø men dette har hidtil været uden positive resultater.

Lucerne frøproduceres i Syd- og Østeuropa, og blandt andet Frankrig har en stor produktion. Der er ikke rapporteret om erfaringer med økologisk udsædsproduktion i denne art, men den vurderes vanskelig på grund af en høj forekomst af skadedyr (Sicard, 2001).

Der er for øjeblikket ikke nogen betydende økologisk udsædsproduktion af lucerne i Danmark, men i perioden 1974 - 1984 blev der gennemført forsøg ved Statens Planteavl-forsøg med relativt høje lucernefrøudbytter af høj spireevne (Nordestgaard, 1978, 1985). Det er uvist om og i hvilket omfang skadedyr vil angribe lucernefrømarker i Danmark, men afgrøden er sent moden med heraf følgende risiko for angreb af kvalitetsforringende

svampe. Det synes umiddelbart relevant at undersøge mulighederne for en økologisk lucernefrøproduktion af tidligt modnende sorter.

Olieafgrøder

Der foregår økologisk udsædsproduktion af vinterraps i Danmark, men ikke af vårraps eller oliehør. De to sidstnævnte dyrkes kun i begrænset udstrækning i de økologiske sædskifter.

I år 2000 var rapsarealet på fuldt omlagt jord godt 600 ha. Udsædsmængden i raps er lav (3-5 kg/ha), hvilket svarer til et udsædsbehov på 2-3 ton. Udbyttene i økologisk vinterraps dyrket med tilstrækkelig næringsstofforsyning forventes at være ca. 70% af udbyttet i konventionel produktion (Tersbøl et al., 2000). Hertil skal lægges de efterårsudlæg som eventuelt ompløjes på grund af jordloppeangreb. Angreb af glimmerbøsser er normalt ikke meget tabsvoldende, men i vækstår, hvor afgrøden i forvejen er svækket eksempelvis af kulde eller jordloppeangreb, kan udbyttetabet dog blive betydeligt. Alt i alt forventes udsædsbehovet at kunne dækkes ud fra produktion på < 1 ha.

Der er ingen økologisk produktion af hybridsorter af raps. Disse er dog meget fordelagtige i en økologisk produktion, da de vækstmæssigt er kraftigere og dermed har en større konkurrenceevne mod ukrudt. Endvidere er udbyttet normalt højere i hybridsorterne. Ordningen med "passende" sorter tager ikke hensyn til økologers ønske om at anvende hybrider. En meget væsentlig parameter for raps er et lavt glucosinolatindhold, da restproduktet fra oliepresning, rapskage, anvendes i foderproduktionen. Raps er en særdeles vigtig foderafgrøde i det økologiske jordbrug, både hvad angår olie og protein.

De i Danmark anvendte sorter er i overvejende grad forædlet i Tyskland, men også i Frankrig findes en væsentlig forædling og frøformering af raps.

Rodfrugter

Roer dyrkes på et relativt beskedent areal i det økologiske jordbrug (100 ha på det fuldt omlagte areal i år 2000), og dermed er behovet for udsæd beskedent. Der er ikke rapporteret om erfaringer med økologisk frøproduktion inden for denne art.

Tidligere var der i Danmark en stor produktion af roefrø, men produktionen foregår i dag hovedsagelig i Italien, hvor produktionen er mere dyrkningssikker, og frøkvaliteten er bedre. Imidlertid er roefrøproduktionen stærkt koncentreret i produktionsområderne i Italien. En eventuel fremtidig opformering af GM-sorter i disse områder skal overvåges meget nøje for at undgå spredning af GM-egenskaber.

Græs og kløver

For de fleste græsarter er en økologisk udsædsproduktion under etablering. Behovet for frø af almindelig rajgræs blev dækket allerede i 2000, og der er endvidere et overskud af frø, og eksport til andre europæiske lande søges for øjeblikket etableret. For øvrige græsarter, som er vigtige for opnåelse af kvalitetsgræsmarksblandinger, såsom timothe, engsvingel og engrapgræs, er udsædsbehovet væsentligt mindre. For engsvingel er dækningsgraden med økologisk frø 79%, medens den tilsvarende er 39% for timothe, medens der ikke er økologisk udsæd tilgængelig af engrapgræs.

Økologisk frøgræsproduktion er under opbygning i Danmark (Boelt & Deleuran, 2000), som er EU's største græsfrøproducent. For timothe, engsvingel og hundegræs forventes

behovet for økologisk udsæd at være dækket inden for en kort tidshorisont, medens det kan blive vanskeligt at opnå tilstrækkelige mængder og i særdeles en tilfredsstillende frøkvalitet for engrapgræs.

I det omfang, øvrige europæiske lande vil anvende økologisk udsæd i fodergræsblandinger, kan der forventes et eksportpotentiale inden for økologisk græsfrø.

Behovet for økologisk rødkløver var dækket allerede i 2000, medens kun 21% af behovet for hvidkløverfrø var dækket. Behovet for rødkløverfrø er væsentligt mindre end behovet for hvidkløverfrø, og endvidere er den økologiske udsædsproduktion mindre problematisk i rødkløver end i hvidkløver.

De opnåede udbytter i økologisk hvidkløver svarede i 1998 til 25% af udbyttet i konventionelle marker (Lund-Kristensen et al., 2000), i 1999 og 2000 var frøudbyttet henholdsvis 37 og 25% af det gennemsnitlige udbytte i konventionelle marker (Sortsundersøgelsen, 2000).

Hvidkløverfrøproduktion er en stærkt specialiseret produktion, og det er en af de mest dyrknings-usikre, afgrøder selv i det konventionelle jordbrug. Øvrige væsentlige producenter af hvidkløverfrø er New Zealand, men for EU's vedkommende er 80% af produktionen placeret i Danmark.

Forskningsinitiativer på området blev igangsat i 1998. Resultater heraf har indtil videre været koncentreret om at identificere årsagen til de meget lave udbytter i økologisk hvidkløverfrøproduktion. En væsentlig årsag er tilsyneladende angreb af kløversnudebillens larve (Rohde et al., 2000), og monitoringer af dette skadedyrs forekomst viser, at den findes overalt i Danmark (Langer, 2001). Udsigterne til at dække behovet for økologisk hvidkløverfrø ser således ikke ud til at kunne dækkes inden for en kort årrække. Med de

for en kort årrække. Med de meget lave udbytter er de økologiske avleres interesse for hvidkløverfrøproduktion vigende. De lave udbytter søges i nogen grad kompenseret ved en højere pris, hvilket imidlertid også giver sig udslag i at prisen for brugeren af økologisk hvidkløverfrø er høj.

Grønsagsafgrøder

Generelt er forsyningen af økologisk udsæd af grønsager meget sparsom og forsyningen af "passende" sorter er for mange af de vigtige grønsagsarter ikke eksisterende. For vigtige grønsagsarter som gulerod, porre, løg og kål blev der kun udbudt økologisk udsæd af passende sorter i porre (i alt 5).

Grønsagsproducenternes krav til udsæden er ofte meget specifikke i relation til produktionsform og afsætning, men typisk kræves sorter som har

- en høj vitalitet og spireevne
- resistensegenskaber over for sygdomme og skadedyr
- smag og ernæringsmæssig kvalitet
- god konkurrenceevne over for ukrudt
- god evne til at udnytte næringsstoffer
- giver ensartede produkter.

Desuden vil der være krav om tidlighed, som stemmer overens med producentens plan for afsætning. I mange tilfælde kræves udsæd af hybridsorter, da disse typisk har højere udbytter og meget ensartede produkter.

For en lang række grønsagsafgrøder er der en konventionel frøproduktion i Danmark, men der er stort set ingen økologisk produktion. Årsagen hertil er formentlig, at mange arter

typisk høstes sent, og risikoen for svampeinfektion på frøet med deraf følgende nedsat frøkvalitet er dermed høj. Af denne årsag er frøproduktionen af gulerod, porre og løg flyttet fra Danmark til Frankrig eller Italien. Der er fortsat en dansk produktion af hvidkålsfrø, men ingen frøproduktion af blomkål, broccoli, grønkål og rødkål.

I Frankrig og Italien er en økologisk produktion af havefrø under opbygning. Imidlertid er det i Frankrig tilladt at anvende naturlige pyrethroider i produktionen.

Udvikling af en økologisk produktion af grønsagsfrø i tunnel blev startet ved Danmarks JordbrugsForskning i 2000 i et projekt støttet af den danske frøbranche. I gulerod og porre er de hidtil opnåede resultater meget lovende - både hvad angår frøudbytte og frøets spireevne (Deleuran & Boelt, 2001).

Såfremt en tilfredsstillende frøkvalitet kan opnås, er opbygning af en økologisk frøproduktion i Danmark ønskelig, da der er et anerkendt og velrenommeret kontrolsystem, der er ekspertise og kompetence til at sikre mod indkrydsning fra nært beslægtede arter eller vildtvoksende slægtninge og sikre kvaliteten af frøet. Endvidere vil nærhed mellem forædler, frøproducent og forbruger (økologiske avlere) alt andet lige være det bedste udgangspunkt for en god kvalitetsudvikling i dyrkning og afsætning.

I fremmedbestøvende arter som rug, raps, roer, rød- og hvidkløver, lucerne, græs og grønsagsarterne gulerod, kålarterne m.fl. vil risikoen for spredning af GMO med udsæden øges i takt med en øget anvendelse af GM-sorter i det konventionelle jordbrug i de områder, hvor udsæden produceres.

4.3 Gødning

Næringsstofbalancer i de forskellige bedriftstyper

De ideologiske principper for økologisk jordbrug foreskriver produktion i helhedsorienterede systemer i balance. Imidlertid er der i Danmark en regional opdeling i bedriftstyper. Således er husdyrbedrifter overvejende placeret på de lavere jordboniteter og fortrinsvis i Vest-danmark, hvorimod planteavlsbedrifter fortrinsvis er placeret på de højere jordboniteter og fortrinsvis i Øst-danmark.

I økologiske malkekvægsbesætninger produceres foder til eget forbrug, og "flowet" af næringsstoffer ud af kredsløbet i form af mælk og kød er relativt begrænset. Den høje andel af kløvergræsmarker sikrer en tilførsel af kvælstof på disse bedriftstyper. Selv ved en 100 procent selvforsyning med foder vil næringsstofbalancen (kvælstof, fosfor og kalium) i de fleste sædskifter være positiv, dog kan der på sandjord være en negativ kaliumbalance (Simmelsgaard et al., 1998).

I modsætning hertil har de økologiske planteavlsbedrifter et megen stor eksport af næringsstoffer. Den regionale opdeling i bedriftstyper gør, at tilgængeligheden af husdyrgødning, såvel økologisk som ikke-økologisk, er meget begrænset i Øst-danmark. Disse bedrifter er således afhængige af en højere anvendelse og udnyttelse af kvælstoffikserende bælplanter, grøngødning og efterafgrøder for opretholdelse af en positiv næringsstofbalance på bedriftsniveau. I en række opstillede sædskiftemodeller fandt Simmelsgaard et al., (1998) en negativ kvælstofbalance i ugødede planteavlssædskifter uanset afgrødefordeling.

Tilsvarende var der underskud af både fosfor og kalium i de ugødede planteavlssædskifter. Igangværende undersøgelser bekræfter, at udbytterne på økologiske planteavlsbedrifter

begrænses af en tilstrækkelig næringsstofforsyning (Kristensen, 2001). Uden import af gødning anslår Simmelsgaard et al. (1998), at der i sædskiftet skal være en andel af grønbrak > 20% for at opnå en positiv kvælstofbalance. Tilsyneladende kan samdyrkning med grøngødningsafgrøder bidrage væsentligt til kvælstofforsyningen af en frøgræsafgrøde (Gislum et al., 2001). Imidlertid vil fosfor og kaliumbalancen være negativ uden anvendelse af husdyrgødning.

Den fremtidige udvikling af de økologiske planteavlsbedrifter vil således i høj grad afhænge af

- en højere udnyttelse af kvælstoffikserende bælplanter, grøngødning og efterafgrøder i sædskiftet
- en større tilgængelighed af økologisk husdyrgødning eller
- en fortsat adgang til ikke-økologisk husdyrgødning.

Anvendelse af ikke-økologisk gødning og spredningsrisiko for GMO

De økologiske bedrifter med kvæg er i langt den største udstrækning selvforsynende med næringsstoffer – dels på grund af en høj andel af kløvergræs i sædskiftet og dels på grund af en høj forsyning af husdyrgødning. Imidlertid importeres ofte ikke-økologisk halm til anvendelse i løsdriftstalde. Dette bliver efterfølgende anvendt som gødning i det økologiske sædskifte.

Der vil være en potentiel mulighed for spredning af frø fra halmen - GMO-frø, hvis halmen stammer fra GMO-afgrøder. Nogle af disse frø er formentlig i stand til at etablere sig og kan dermed opformerer i sædskiftet. Der er utilstrækkelig viden om, hvorvidt spildfrø kan overleve i forskellige former for husdyr-

gødning. Kompostering, hvor temperaturen når 55-65°C, er dog vist at reducere ukrudtsfrøes spireevne væsentligt allerede efter 4 ugers kompostering (Eghball & Lesoin, 2000; Tompkins et al., 1998).

De økologiske bedrifter med svineavl vil ofte være selvforsynende med næringsstoffer, da grisene har en relativt lav udnyttelsesgrad af næringsstoffer i foderet i sammenligning med drøvtyggere. Bedrifter, der lever op til reglerne for supplerende svinetilskud, må kun have en belægning på 0,5 – 0,7 dyreenheder (DE)/ha. På disse bedrifter vil der derfor være import af ikke-økologisk husdyrgødning.

De økologiske fjerkræbedrifter har typisk harmoniproblemer, så de eksporterer økologisk gødning til andre økologiske brug.

Får anvendes ofte til afgræsning af marginale jorde eller særligt følsomme landbrugsområder (SFL) i kombination med planteavl. Når fåreholdet er af begrænset størrelse, vil resten af ejendommen som regel være drevet som plantebrug med import af ikke-økologisk gødning op til 70 kg N pr. ha.

De økologiske bedrifter med planteavl er overvejende underforsynede med næringsstoffer, og hovedparten vil importere ikke-økologisk gødning. De økologiske planteavlsbedrifter er overvejende placeret i Øst-Danmark, hvor der er meget få kvægbesætninger. Derfor importeres overvejende ikke-økologisk gødning fra svinebesætninger. Disse dyr kan være fodret med foder, som indeholder GMO, men da grisene normalt fodres med forarbejdede foderstoffer, vurderes sandsynligheden for at hele frø optræder i foderet og efterfølgende i deres afføring at være lav. Derfor vurderes risikoen for at GM-frø etableres og opformeres i sædskiftet at være meget begrænset. Hvis grisene går i halmstrøelse, gælder samme problemstilling som for kvæg.

Der sker også typisk import af gødning fra fjerkræbrug, og nogle bedrifter anvender store mængder vinasse.

Komposteret byaffald kan anvendes som "ikke-økologisk gødning". Dette affald kan indeholde rester af GMO, men det forventes dog at hele frø af landbrugsafgrøder eller arter, som kan etablere sig under danske vækstforhold, kun findes i begrænset udstrækning.

4.4 Foder

Anvendelse af ikke-økologisk foder

De fleste økologiske malkekvægsbesætninger fodrer nu udelukkende med økologiske fodermidler. I kødkvægsproduktionen anvendes endnu op til 10% ikke-økologisk foder. Den ikke-økologiske del er typisk danske fodermidler bestående af roepiller, korn, grønpiller og rapskager. Sojabønner indgår i nogle blandinger.

På fåreavlsbedrifter anvendes endnu op til 10% ikke-økologisk foder, og det består overvejende af samme produkter som nævnt for kødkvægsbesætninger.

Fodring af svin på økologiske bedrifter er i høj grad afhængig af importeret økologisk og ikke-økologisk foder. Andelen af ikke-økologisk foder udgør op til 20% for de fleste bedrifters vedkommende. Kornafgrøders aminosyresammensætning er ikke ideel til svinefoder på grund af et lavt indhold af essentielle aminosyrer. Sojabønner er ét af de proteinprodukter, som supplerer korn bedst ved fodring til svin. Imidlertid må sandsynligheden for at sojabønner kan erklæres GMO-fri forventes stærkt reduceret i den nærmeste fremtid, da 36% af det globale areal med sojabønner i 2000 bestod af GM-sorter (kapitel 7, tabel 7.3). Andelen af sojabønner i de forskellige foderblandinger til svin varierer mellem 2

og 20%. Ligeledes kan raps og majs anvendes ved fodring af svin, og også for disse afgrøder vil der være en risiko for at importere GMO i det ikke-økologiske foder.

De økologiske svinebedrifter er meget afhængige af importeret ikke-økologisk foder, og for de afgrøder, som bedriften er meget afhængig af (sojabønne, raps og majs), er der udviklet GMO-sorter.

Der vurderes derfor at være en relativt stor sandsynlighed for spredning af GMO'er til de økologiske svinebesætninger, med mindre et meget bredt udsnit af de aktuelle foderblandinger kontrolleres for GMO-indhold.

Under forudsætning af at det anvendte foder er forarbejdet, burde disse produkter imidlertid ikke give anledning til spredning af frø og deraf følgende etablering og videre opformering af planter (potentielle GMO-planter i sædskiftet).

På økologiske bedrifter med fjerkræ anvendes ligeledes ikke-økologiske fodermidler, og risiko for GMO indblanding findes i form af anvendelse af sojabønne, raps og majs, hvoraf de to førstnævnte indtil videre kun dårligt lader sig substituere.

Forekomst af GMO i foder

Plantedirektoratet har i 2001 gennemført undersøgelser for GMO-indhold i prøver af økologisk foder (Plantedirektoratet, 2001). I 5 ud af 19 prøver undersøgt for indhold af soja blev der fundet svage spor af GMO. Resultaterne tolkes som en "forurening" med rester af GMO-soja, og potentielle kilder angives at være indblanding i forbindelse med transport. Foruden økologiske prøver blev også 12 prøver af ikke-økologisk foder analyseret, og resultaterne viste et indhold af GMO-soja i alle 12 prøver.

Endvidere blev 6 prøver af økologisk foder undersøgt for indhold af GMO-majs, men der blev ikke påvist GMO i disse prøver.

Forarbejdning og håndtering af foder

I december 2001 blev en frivillig aftale indgået til forebyggelse af GMO i foder til økologiske bedrifter (Økologiens Hus, 2001). Aftalen er indgået mellem de relevante landbrugsorganisationer og syv foderstofvirksomheder.

Aftalen "*Handlingsplan til sikring af GMO-frihed i foder til økologiske bedrifter*" har til hensigt at minimere det utilsigtede indhold af GMO i foder, og den medfører, at foderstofvirksomhederne indfører

- en effektiv råvarekontrol for samtlige importerede partier af soja, majs og raps, som skal sikre, at nærmere specificerede kvalitetskrav overholdes og
- et egenkontrolprogram til forebyggelse af overslæb af GMO i forbindelse med virksomhedernes håndtering af foder til økologiske bedrifter.

Potentialet for en øget økologisk produktion af olie- og proteinafgrøder

Der er specielt inden for den økologiske produktion af svin og fjerkræ en udtalt afhængighed af import af ikke-økologisk foder, specielt inden for olie- og proteinafgrøder. Der er et sammenfald mellem de afgrøder, som økologiske svine- og fjerkræbedrifter er afhængige af, og de arter, hvor en produktion af GMO-sorter er etableret i lande uden for EU, og hvor der i stigende grad findes iblanding af GMO.

Dette problem kan i nogen grad afhjælpes ved at sikre en økologisk produktion af disse afgrøder. Men da sojabønner ikke dyrkes i Danmark, er vi afhængige af en opbygning af

denne produktion i udlandet. Der har i 2001 været prøvedyrkninger af sojabønner på økologiske demonstrationsbrug, men udbytterne har været beskedne. Der har tidligere ved Statens Planteavlfsforsøg været forsøg med en svensk sort (Fiskeby) med udbytter på op til 1-2 tons pr. ha (Flengmark, 1976). Umiddelbart vurderes sojabønne ikke at være egnet til produktion i Danmark.

Alternativt kan udvikles en økologisk produktion af protein- og olieafgrøder, som tilsammen kan substituere sojaen. Det er blandt andet bemærkelsesværdigt, at iblandingsprocenten af ærter i svinefoder i Danmark er ca. 15%, medens den i Frankrig er op til 40%. Imidlertid er konsekvenserne for svinenes tilvækst og sundhed ikke belyst.

Generelt er der et stort behov for at udbygge undersøgelserne af produktkvaliteten i olie- og proteinafgrøder - både hvad angår indhold af næringsstoffer samt næringsværdien heraf ved opfodring til svin.

4.5 Dyrkningsmæssige foranstaltninger til reduktion af den kontrollerede spredning

Hvad angår spredning af GMO med udsæd, gødning og foder vil en væsentlig spredningskilde elimineres i det omfang, der alene anvendes økologiske produkter.

Da der for øjeblikket ikke foregår økologisk forædling, vil det basisfrø, som anvendes i den økologiske udsædsproduktion, være konventionelt dyrket. For visse danske landbrugsafgrøder er der ingen eller kun begrænset forædlingsaktiviteter i Danmark (lucerne, majs, raps m.fl.). Som følge heraf kan basisudsæd blive leveret fra udlandet.

Al basisudsæd bør sikres at være GMO-fri inden udsåning på et økologisk areal.

Spredning af GMO til økologiske jordbrugsbedrifter kan også stamme fra omlægning af arealer, som tidligere har været anvendt til GMO-produktion. Omlægningstiden for jord er 24 måneder, men frø af de fleste landbrugsafgrøder kan overleve i længere tid i jord (se tabel 5.2). Dette kan bevirke, at tidligere dyrkede GM-afgrøder vil etablere sig fra spildfrø i jorden, og nogle vil have potentiale til at opformere sig i det økologiske sædskifte. I den forbindelse bliver de nye regler omkring sporbarhed og mærkning af GMO meget centrale (kapitel 7, bilag 7.4). Det er væsentligt, at der foregår en registrering af de arealer, hvor GM-afgrøder har været dyrket. Hvis et sådant areal ønskes omlagt til økologisk drift, bør omlægningstiden være længere end 24 måneder, og forekomsten af GMP bør monitoreres og vurderes, inden jorden kan overgå til økologisk status. Forslag til monitorering af GM-planter er beskrevet i kapitel 6.6.

Som eksempel på risikoen ved omlægning af GM-arealer kan nævnes, at det i 2000 blev observeret, at et canadisk udsædsparti af vårraps udsået på danske marker i 1999 indeholdt GMO (Plantedirektoratet, 2000a). Da oplysningerne om indhold af GMO først kom i 2000, er de høstede frø allerede videreført i proceskæden og kan være anvendt til olie, foder med videre. Tilsvarende vil spildfrø fra disse rapsplanter nu være indarbejdet i jorden på de arealer, hvor udsædspartiet har været dyrket. Disse frø angives at have en levetid på 5 til >20 år (Thompson et al., 1997).

Ved maskinfællesskab kan frø spredes fra én bedrift til en anden. I det tilfælde, hvor en konventionel avler, som anvender GM-sorter, og en økologisk avler deler maskiner, kan dette udgøre en potentiel spredningsrisiko. Tilsvarende kan ske i det omfang en maskinstati-

on anvendes og denne umiddelbart inden besøg hos en økologisk avler har arbejdet på en konventionel bedrift, hvor GM-sorter anvendes. I disse situationer skal maskiner rengøres meget grundigt, men det vil være særdeles vanskeligt og formentlig umuligt at sikre, at en mejetærsker er helt fri for frø fra tidligere mark. Derfor vil maskinfællesskaber omkring mejetærsker udgøre en relativt stor spredningsrisiko ved en fremtidig øget anvendelse af GM-sorter. Tilsvarende gælder ved anvendelse af maskinstation. En forholdsregel til nedsættelse af spredningsrisikoen vil være at undgå at tærske en økologisk udsædsmark umiddelbart efter en udsædsmark af tilsvarende art med GM-sort.

Yderligere tiltag til reduktion af frøspredning er beskrevet i kapitel 5.

Vedligeholdelse og opformering af GM-planter i sædskiftet

I de afgrøder, hvor der anvendes ikke-økologisk udsæd, er der en risiko for, at GMO introduceres med frø i sædskiftet – en risiko, som stiger i takt med en øget anvendelse af GM-sorter i det konventionelle jordbrug. For arter, hvor den økologiske avler anvender egen udsæd, kan en eventuel GMO-indblanding vedligeholdes (eksempelvis i byg, hvede og triticale). En sammenstilling af de arter, hvor GMO kan introduceres med frø og vedligeholdes i det økologiske sædskifte er vist i kapitel 8, tabel 8.1.

Risikoen for introduktion af GMO med pollen samt krydsning/hybridisering med vilde slægtninge er beskrevet i kapitel 5 (se tabel 5.5).

Såfremt GM-frø er introduceret, kan de i visse arter opformeres i sædskiftet. Det forekommer i de tilfælde, hvor GM-frø kan etablere sig i en afgrøde, vokse og udvikle sig frem til

frøsætning med efterfølgende frøspild. Visse arter vil tillige have mulighed for vegetativ spredning. GM-frø af raps (især vårraps), hvid- og rødkløver og fodergræsser vurderes at kunne opformeres i sædskiftet.

For fremmedbefrugtede arter kan de introducerede GM-egenskaber spredes ved indkrydsning i en afgrøde af samme art i sædskiftet.

Risikoen for opformering og spredning af GM-egenskaber er størst i landbrugsafgrøder, som udvikler sig frem til den reproduktive fase, og mindst i arter, som kun forekommer i deres vegetative form. Således vurderes GM-roer ikke at spredes i et økologisk sædskifte, da de sjældent udvikler deres reproduktive form (stokløbere).

I relation til GM-planter opformering i sædskiftet er det relevant at vurdere, om netop tilstedeværelsen af GM-egenskaber giver disse planter en større overlevelsessevne. Hovedparten af de nuværende GM-sorter besidder en herbicidresistens (kapitel 2). For disse sorter vil overlevelsessevnen i et økologisk sædskifte ikke være forbedret. For GM-sorter, som besidder svampe- og/eller insektresistens kan overlevelsessevnen være påvirket i positiv retning i et økologisk sædskifte i forhold til en tilsvarende "ikke-GM-sort". Disse forhold inddrages i den landbrugsmæssige risikovurdering, som beskrives i kapitel 7.3.

4.6 Videns- og forskningsbehov

Det vurderes, at anvendelse af ikke-økologisk udsæd på sigt kan være en endog meget stor kilde til spredning af GMO i det økologiske jordbrug. Desværre er der et sammenfald mellem de arter, hvori vi ikke har økologisk udsædsproduktion i Danmark og forventet anvendelse af GMO (hybrid-raps, majs, roer og

lucerne). Der er et meget stort behov for at udbygge produktionen af økologisk udsæd i Danmark eller andre lande, hvor risikoen for utilsigtet indblanding er lav. Det gælder især inden for protein- og olieafgrøder, hvidkløver, evt. majs og lucerne samt de mest betydende grønsagsarter. Selv om der opbygges en økologisk produktion af udsæd, vil denne produktion fortsat ske på basis af ikke-økologisk udsædsmateriale, som skal sikres fri for GMO.

På næringsstofområdet vil en mindre "regionalisering" mellem husdyr- og plantebedrifter muliggøre en bedre udnyttelse af næringsstoffer fra husdyrproduktionen på planteavlsbedrifter – og dermed mindske brugen af ikke-økologisk gødning. Risikoen for at få udviklet GM-planter på basis af frø spredt med husdyrgødning afhænger af frøenes evne til at overleve i husdyrgødningen. Det vil være relevant at udvikle produktionssystemer, hvor en husdyrproduktion i stigende grad kombineres med produktion af salgsafgrøder. Eksempelvis vil der i produktion af græsfrø ofte være mulighed for udnyttelse af overskydende

græsvækst som foder (Deleuran & Boelt, 2000).

På foderområdet er import af ikke-økologiske fodermidler en væsentlig kilde til iblanding og spredning af GMO i det økologiske jordbrug. Selve håndteringen af fodermidler på anlæg, som oparbejder både konventionel og økologiske fodermidler, er meget problematisk, da det er næsten umuligt at rengøre udstyr, som har været anvendt til GM-produkter, i en grad så det kan garanteres GMO-fri. Imidlertid blev der i 2001 indgået en frivillig aftale mellem landbrugsorganisationer og foderstofvirksomheder med hensigten at minimere den utilsigtede iblanding af GMO i foder til økologiske bedrifter.

Forekomsten af GMO er for øjeblikket størst i sojabønner – og det er desværre et fodermiddel, som for øjeblikket er meget vanskeligt at substituere i foderblandinger til svin og fjerkræ uden, at det vil medføre relativt store udgifter i produktionen.

4.7 Litteratur

- Bertelsen, I. 2001. Økologisk såsæd. I: B.J. Nielsen & L. Kristensen (red.). Forædling af korn og bælgssæd samt produktion af såsæd i økologisk jordbrug. FØJO-rapport nr. 15:21-38.
- Boelt, B. & Deleuran, L.C. 2000. Organic forage seed production. Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference, Basel, Schweiz. pp. 228-229.
- Deleuran, L.C. & Boelt, B. 2000. Utilization of forage cuts in organic grass seed production. Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation Aalborg, Denmark. pp. 552-555.
- Deleuran L.C. & Boelt, B. 2001. Frøavl i tunnel – økologisk produktion af grønsagsfrø i tunnel. Dansk Frøavl, 7:124-125.
- Eghball, B. & Lesoing, G.W. 2000. Viability of weed seeds following manure windrow composting. Compost Science & Utilization 8: 46-53.
- Flengmark, P. 1976. Dyrkning af soyabønner *Glycine Max* (L.) Merrill. Tidsskrift for Planteavl, 80: 411-423. Statens Planteavlsforsøg.

- Gislum, R., Boelt, B. & Jensen, E.S. 2001. Grøngødningsafgrøder kan medvirke til et højt frøudbytte i økologisk dyrket almindelig rajgræs. Forskningsnytt om økologisk landbrug i Norden, 5:4-5.
- Kristensen, I.S. 2001. Indlæg ved Efterårskonferencen, Nyborg Strand, 2001.
- Kristensen, L., Østergård, H. & Jørnsgaard, B. 2001. Forædlingsmål og forædlingsopgaver i økologisk korn og bælgssæd. I: B. J. Nielsen & L. Kristensen (red.). Forædling af korn og bælgssæd samt produktion af såsæd i økologisk jordbrug. FØJO-rapport nr. 15:109-141.
- Landbrugets Rådgivningscenter. 2000. Sortsundersøgelsen 2000 markfrø. 20pp.
- Langer, V. 2001. Forekomst af kløversnudebiller i økologiske frømarker. I: B. Boelt (red). Temadag for økologisk frøproduktion, Forskningscenter Flakkebjerg, 2001.
- Lund-Kristensen, J., Jensen, M.T. & Grønbæk, O. 2000. Organic production of grass and clover seed in Denmark – a new challenge to the seed industry. Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation Aalborg, Denmark. pp. 539-541.
- Moyes, C.L. and Dale, P. 1999. Organic farming and gene transfer from genetically modified crops. MAFF Research Project OF=157, John Innes Centre, UK. 32 pp.
- Nielsen, G.C. 2001. Forekomst og betydning af udsædsbårne sygdomme i økologisk planteavl. I: B. J. Nielsen & L. Kristensen (red.). Forædling af korn og bælgssæd samt produktion af såsæd i økologisk jordbrug. FØJO-rapport nr. 15: 109-141.
- Nielsen, B.J. & Kristensen, L. 2001. Forædling af korn og bælgssæd samt produktion af såsæd i økologisk jordbrug. FØJO-rapport nr. 15. 168 pp.
- Nielsen, B., Nielsen, G.C., Pedersen, J. B. & Tersbøl, M. 1999. Muligheder for produktion af sygdomsfri, økologisk såsæd. 16. Danske Planteværnkonference 1999, Sygdomme og Skadedyr. DJF rapport nr. 10:29-40.
- Nordestgaard, A. 1978. Frøavlsforsøg med lucernesorter 1974-76. Tidsskrift for Planteavl, 82:343-347.
- Nordestgaard, A. 1985. Såmængde og rækkeafstand ved frøavl af lucerne. Tidsskrift for Planteavl, 89:303-307.
- Plantedirektoratet, (2000a). Rapsfrø med blanding af GMO-raps. Plantedirektoratet, pressemeddelelse.
- Plantedirektoratet. 2000b. Vejledning om økologisk jordbrugsproduktion. 68 pp.
- Plantedirektoratet. 2000c. Økologiske jordbrugsbedrifter 2000. 12 pp.
- Plantedirektoratet, (2001). Økologisk foder er ikke gensplejset. Plantedirektoratet, pressemeddelelse.
- Rhode, B., Langer, V. og Hansen, L.M. (2000). Dyrkning af økologisk hvidkløver – kan det lade sig gøre. Dansk Frøavl, Temanummer – økologisk frøavl, 9:148-149.
- Sicard, G. 2001. Personlig kommunikation.

- Simmelsgaard, S.E., Kristensen, I.S. & Mogensen, L. 1998. Planteproduktion på forskellige økologiske brugstyper. I: E. S. Kristensen & J. E. Olesen (red). Kvælstofudvaskning og –balancer i konventionelle og økologiske produktionssystemer. FØJO-rapport nr. 2 – 1998: 43-68.
- Tersbøl, M., Bertelsen, I., Pedersen, J.B., Haldrup, C., Birkmose, T.S., Knudsen, L. & Jørgensen, T.V. 2000. Økologisk dyrkning. I: C.Å. Pedersen (red.). Oversigt over Landsforsøgene, 2000. 336 pp.
- Thompson, K., Bakker, J.P. Bekker, R.M. 1997. The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tompkins, D.K., Chaw, D., Abiola, A.T. 1998. Effect of windrow composting on weed seed germination and viability. Compost Science & Utilization 6: 30-34.
- Økologiens Hus. 2001. Handlingsplan til sikring af GMO-frihed i foder til økologiske bedrifter. 5pp.

5 Ukontrollabel spredning af GM-egenskaber via pollen og frø

Gösta Kjellsson ¹ og Peter Kryger Jensen ²

¹ Afd. for Terrestrisk Økologi, Danmarks Miljøundersøgelser

² Afd. for Plantebeskyttelse, Danmarks JordbrugsForskning

Sammendrag

Den naturlige spredning af genmodificerede planter (GMP) foregår på samme måde som konventionelle afgrøder ved hjælp af pollen og frø. Genspredningen kan normalt ikke forhindres ved dyrkning i større skala. De vigtigste ukontrollable spredningsveje er direkte spredning fra GMP mark til den økologiske mark og via etablering af hybrider mellem GMP og vilde slægtninge og ukrudt.

Både vinden og insekter kan sprede GM-pollen fra bl.a. raps og sukkerroer flere km fra marken, men omfanget og betydningen af langdistancespredningen er dårligt kendt. Hovedparten af pollenet vil normalt spredes inden for de nærmeste 100-200 m fra marken afhængig af bl.a. planteart, markstørrelse og vindforhold. Ofte aftager koncentrationen af pollen i luften hurtigt med afstanden. Humlebier og lucernebier, der lever i nærheden af markerne, er de vigtigste bestøvere af henholdsvis rødkløver og lucerne. Eksisterende og nye forslag til isolationsafstande med grænseværdier (1% eller 0,1%) for krydsbestøvning af GMP og non-GMP afgrøder er baseret på forsøgsdata og praktisk erfaring. Nogle typer af GM-pollen kan måske have negative effekter på fødesøgningen hos bier. Forekomst af GM-pollen i honning vil kunne blive et problem for avlerne samtidig med, at påvisning af omfanget kan være vanskelig.

Kendskabet til den naturlige frøspredning af de dyrkede arter og dens betydning for etablering af ukontrollerede bestande er mangelfuldt. Etablering af bestande af GM-planter uden for marken, langs veje og på udyrkede arealer er dårligt undersøgt, men kan blive en alvorlig spredningskilde. Frø af GM-planter og ukrudtshybrider kan overleve i jorden i adskillige år afhængig af plantearten. Generelt overlever arter med små frø længere end planter, der har store frø. Mens frø af kornsorterne generelt ikke overlever meget mere end et år, kan frø af raps, roer, sneglebælg og kløver overleve i 5 til 20 år. Overlevelsen er bl.a. afhængig af: sort (genotype), jordtype, jordbehandling (større overlevelse med jorddybden, mindre overlevelse på jordoverfladen) og klimatiske variationer (makro- og mikroklima). Mængden af spildfrø i marken af raps kan være betydelig og udgøre et alvorligt ukrudtsproblem på længere sigt.

En vurdering af risikoen for spredning af GM-planter og hybridisering mellem GMP og vilde slægtninge i dyrkede arealer og i naturen indikerer, at: byg, hvede, markært, hestebønne og kartoffel er i lavrisikogruppen for GM-spredning, mens raps, hvid- og rødkløver, lucerne, majs, rajgræs og rug tilhører højriskogruppen. For nogle arter, som f. eks. havre, foderroe og kålrabi er bedømmelsen usikker. Det er umuligt at forhindre dannelsen af hybrider mellem GMP og vilde slægtninge, men isolationsafstande, og værnebælter kan reducere spredningen ved forsøgsudsætninger. Ved

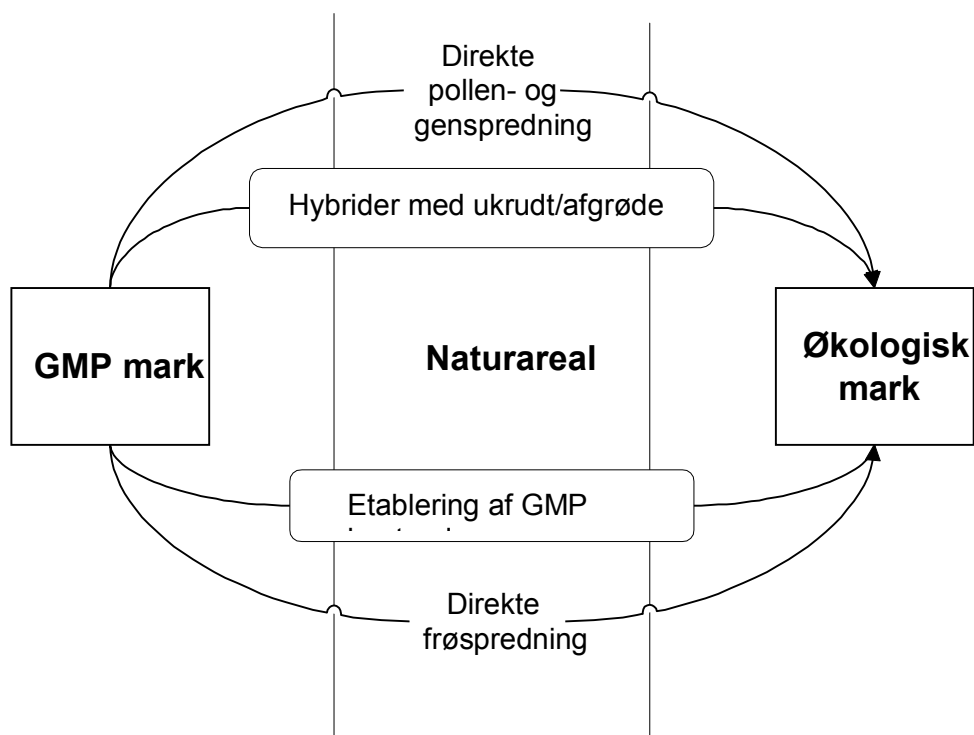
kommerciel dyrkning kan brugen af GM-sorter med nedsat fertilitet, som f.eks. hansterile planter, reducere spredningen yderligere. Dette må suppleres med en række andre forholdsregler såsom monitorering af genspredning for tidlig identifikation (Kapitel 6.6) og sikring mod utilsigtet frøspredning. Hybrider mellem raps, agerkål og kiddike findes mange steder og kan blive problematiske som kilder for spredning af GM-egenskaber fra raps. GM-planter, der kan overvinde og danne stokløbere, f.eks. roer, er en potentiel spredningskilde.

5.1 Indledning

I dette kapitel behandles ukontrollabel spredning, hvorved forstås den ikke-menneskeskabte pollen- og frøspredning af GM-

egenskaber. Efter indledningen med spredningsveje for GMP, gennemgås den kendte viden om bestøvning og forsøg med pollen-spredningsafstande for GM-afgrøder. Ikke-mål effekter af GM-pollen for insekter og betydningen for honningavlere diskuteres. Viden om frøspredning og overlevelse af GM-frø i jorden behandles, og i et afsnit om hybrider mellem GMP og ukrudt peges der på mulige risikoplanter og relativt GM-sikre afgrøder. Kapitlet afsluttes med at pege på områder, hvor der mangler viden og undersøgelser.

Den ukontrollable spredning kan foregå med vinden, via bestøvende insekter, ved frøspredning via fugle og andre dyr samt ved krydsning med vilde planter (Figur 5.1).



Figur 5.1 Spredningsveje for GM-egenskaber via pollen og frø. Se tekst for yderligere forklaring

Pollen- og frøspredning fra GM-planter vil udgøre en potentielt stor spredningskilde og gøre det vanskeligt at dyrke økologiske afgrøder i områder med tilsvarende GM-afgrøder, uden at der sker genoverførsel. Genoverførslen kan ske ved direkte spredning af pollen fra GMP marken til samme afgrøde i den økologiske mark, til vilde ukrudtsslægtninge i marken eller via hybrider på markrande eller naturarealer. En anden spredningsvej er fra spildfrø og etablering af tilfældige GMP bestande. Endelig vil der under uheldige omstændigheder kunne ske en direkte spredning af GM-frø til den økologiske mark. Dette kan ske både under transport og med markredskaber under markarbejde og høst. De faktiske risici afhænger dog helt af den pågældende GM-plantens biologi og dyrkningsmåde (se Afsnit 5.3).

Erfaringer fra konventionelt og økologisk jordbrug om isolationsafstande, sædskifter og krav for sortsrenhed ved frødyrkning giver her vigtige informationer, men de skal kombineres med viden om spredningsafstande for pollen og frø, fremmedbestøvning og hybridisering med vilde plantearter (Jørgensen et al., 1996; Kjellsson et al., 1997).

Det er vigtigt at analysere mulighederne for at håndtere en uønsket spredning af GM-afgrøder eller fremkomsten af GM-hybrider. Er det muligt at sanere, når spredningen til et markareal er sket? Hvilke metoder kan i givet fald anvendes, og hvor lang tid går der inden arealet igen er GMP-frit? I diskussionen indgår sædskifte, dyrkningsfaktorer og overlevelse af frø i jorden som vigtige elementer.

5.2 Spredning af pollen og frø

I planters naturlige livscyklus indgår normalt frøspiring, vækst, blomstring, bestøvning, frøsætning, frøspredning og frødvale. Her er pollenspredning en forudsætning for fremmedbe-

støvning og nye genkombinationer, og frøspredningen sikrer, at afkommet har en chance for at spredes til et egnet voksested.

5.2.1 Spredning af GM-pollen

Pollenspredning og bestøvning af vore dyrkede afgrøder foregår normalt ved hjælp af vinden eller med nektar- og pollensamlende insekter. Nogle planter er primært tilpasset vindbestøvning (f.eks. majs og de fleste græsser), mens andre (f.eks. løg, lucerne, hvid- og rødkløver) overvejende bestøves af insekter. Nogle planter, f.eks. raps og roer, bliver dog både bestøvet af insekter og med vinden. De vigtigste grupper af insektbestøvere er (ordnet efter relativ betydning): bier (i Nordeuropa især honning- og humlebier), fluer, sommerfugle, biller og hvepse.

Hos nogle afgrøder kan planten bestøves med pollen fra sine egne blomster (selvbestøvning), mens de fleste afgrøder kræver eller kan også bestøves med fremmed pollen (fremmedbestøvning). Velkendte selvbestøvede afgrøder inkluderer havre, byg, hvede og ært (se også tabel 5.3 og 5.4). Risikoen for fremmedbestøvning af disse arter fra en anden mark vil normalt være lav, men eksisterende. Raps er eksempel på en plante, der både kan selv- og fremmedbestøves.

Rødkløver (*Trifolium pratense*) har selvuforenelige blomster og må derfor fremmedbestøves for at sætte frø. De vigtigste bestøvere er her forskellige arter af humlebier, hvor tunge-længden skal passe til længden af kronrøret hos kløversorten (Proctor et al., 1996). Forekomst af humlebier er bl.a. afhængig af tilstedeværelsen af egnede levesteder i nærheden af kløvermarken. For bestøvningen af lucerne er tilsvarende lucernebien (*Melitta leporina*) meget vigtig. Lucernebien er selv i små tætheder i marken meget bedre til at bestøve planterne

end honningbier i høje tætheder (Proctor et al., 1996).

Honningbier og i mindre grad humlebier er vigtige som bestøvere af raps. Honningbierne indsamler hovedsagelig nektar fra rapsblomsterne, mens pollen, der hæfter ved hoved og krop, overføres og bestøver nye blomster. Honningbier er meget konstante i deres fødevalg, og rapsnektar kan udgøre hovedparten af føden i områder, hvor der dyrkes meget raps (Proctor et al., 1996). Honningbier samler normalt hovedparten af føden nærmere end 1 km fra statet, men kan om nødvendigt fouragere længere borte, mindst 3 km fra bistadet (Waddington, 1983). Spredningen af pollen kan således ske over store afstande. Sandsynligheden for genspredning aftager dog hurtigt med afstanden fra pollenkilden.

Pollenspredningen fra GM-raps (Westar) til konventionel raps med bier er blevet undersøgt i et markforsøg ved hjælp af en herbicid-resistensmarkør (Scheffler et al., 1993). Ud fra dot-tests af frøafkommet blev spredningsfrekvenserne estimeret til 1,5% af det samlede frøafkom ved 1 m, 0,4% ved 3 m faldene kraftigt til 0,02% ved 12 m og kun 0,00033% ved 47 m's afstand. De lave spredningsfrekvenser kan bl.a. forklares ved, at GM-rapsen kun udgjorde 3,6% af det samlede rapsareal. Andre markørforsøg fra små bestande af GM-raps har også vist en begrænset genspredning (f.eks. De Greef, 1990; Paul et al., 1995).

Vinden kan sprede pollenet mindst 2,5 km bort fra en rapsmark til områder hvor der kan ske hybridisering med vilde arter eller andre rapsafgrøder. Koncentrationen af pollen i luften aftager dog hurtigt med afstanden fra kilden (Metz et al. 1997) og det effektive bidrag til bestøvningen kan være lavt.

Risikoen for utilsigtet vindbestøvning med pollen fra GM-raps til konventionel raps er

diskuteret og vurderet af (Timmons et al. 1995). Forsøgene viste, at rapspollen har større mulighed for langdistancespredning end hvad der er indikeret ud fra småskalafeltforsøg. I 360 m's afstand var pollentætheden i luften 10% af koncentrationen ved markranden. Koncentrationer på mellem 0 og 22 pollenkorn pr. m³ luft blev observeret 1,5 km fra kilden, hvilket var tilstrækkeligt til at bestøve emaskulerede testplanter.

Bestøvningen af sukkerroer i marker med frøproduktion foregår hovedsagelig med vinden, selv om insektbestøvning også kan have væsentlig betydning (Vigouroux et al., 1999; Sweet in prep.). Koncentrationen af pollen i luften fra en sukkerroemark er blevet målt ved hjælp af pollenfælder (Scott, 1970). I 1,5 m's højde registreredes henholdsvis 4208 pollenkorn pr. m³ i midten af marken mod 36 pollenkorn pr. m³ i 230 m's afstand fra marken. Pollenkornene er dog normalt ikke levedygtige i mere end 1 døgn i naturen (Sweet in prep.). Sandsynligheden for spredning af *Beta*-pollen over lange afstande (> 1000 m) over en tidsperiode er dog stadig betydelig.

Generelt vil bestøvningen med udefrakommende GM-pollen skulle konkurrere med markens egenbestøvning. Der vil således ske en "fortynding" af fremmed pollen fra randen til midten af marken. Dette gør, at bestøvningen med GM-pollen vil aftage ind i marken (se kap. 6). Forsøg med pollenspredning af rajgræs viste, at det afsatte pollen ikke altid aftog jævnt med afstanden (Giddings et al. 1997). Flere faktorer, såsom vindhastighed og turbulens, har indflydelse på mængden af afsat pollen.

Et engelsk forslag til isolationsafstande for krydsbestøvning af raps og majs er udarbejdet (sammendrag i tabel 5.1) ud fra de tilgængelige eksperimentelle data (Ingram, 2000).

Tabel 5.1 Isolationsafstande (m) for at holde krydsbestøvning af hele marken under en given tærskelværdi (Ingram, 2000)

Afgrøde	Tærskelværdi ^a	
	1%	0,1%
Raps (<i>B. napus</i> , rapa)		
Konventionelle sorter	1,5 m	100 m
F1-hybrider (80% hansteril)	100 m	(> 500m) ^b
Majs (<i>Zea mays</i>)		
til frøproduktion	200 m	- ^b
til ensilage	130 m	420 m

a) Gennemsnit for hele marken

b) Utilstrækkelig information til anbefaling

De estimerede afstande er baseret på en markstørrelse på min. 2 ha, under gunstige vindforhold for pollenspredning og med begrænsede fysiske barrierer. Det skal dog tilføjes, at der er stor variation mellem resultaterne af forskellige undersøgelser af pollenspredning (Gliddon, 1999), bl.a. fordi spredningen afhænger af forhold som vindretning og markstørrelse.

Isolationsafstande ved EU-forsøgsudsætninger af GM-afgrøder er oftest af størrelsesordenen 200 - 400 m for majs og 350 – 400 m for raps. I et forsøg med pollenspredning fra en 400 m² stor mark med glyfosinatresistent GM-raps til non-GM-raps blev afkommet testet for herbicidresistens (Scheffler et al., 1995). Analysen viste, at frekvensen af hybrider var 0,0156% ved 200 m's afstand og 0,0038% ved 400 m's afstand fra marken; dvs. mindre end produktionskravet på 0,1%. Bier var den mest sandsynlige kilde til langdistancespredningen af pollen. Forsøg med små markstørrelser som ovenfor har dog en tendens til at underestimere andelen af pollen, der spredes over lange afstande (Lavigne et al. 1998).

5.2.2 Ikke-mål effekter af spredning med GM-pollen

Spredning af GM-pollen kan have utilsigtede negative effekter på dyre- og planteliv i den økologiske mark. Således kan GM-planter med genmodificerede indholdsstoffer eller insektresistens tænkes at give toksiske effekter eller adfærdsmæssige ændringer hos de fødesamlende bier. Eventuelle direkte effekter af GMP på honning- og humlebier afhænger primært af den biologiske aktivitet af proteinet, der udtrykkes af det specifikke transgen. Således er det ekstremt usandsynligt, at sommerfuglespecifikke Bt-toksiner vil påvirke bier (Malone & Pham-Delégue, 2001). Proteiner der påvirker mere generelle aspekter af insektbiologien, såsom proteinase-hæmmere og chitinaser, er mere sandsynlige til at påvirke bier, afhængig af dosis og hvor i planten de udtrykkes. Undersøgelser af bestøvningen af genmodificeret raps med ændret chitinaseindhold og proteinindhold for henholdsvis sygdoms- og insektresistens viste dog ingen toksiske effekter (Picard-Nizou & Pham-Delegue, 1995; Picard-Nizou et al., 1997). Forsøgene indikerede, at indholdsstofferne under uheldige omstændigheder kan forårsage adfærdsendringer hos bierne, idet beta-1,3

glucanase under laboratorieforsøg påvirkede de betingede responser, og CpTI i høje koncentrationer reducerede biernes indlæringssevne. Proteinasehæmmere udtrykkes dog ikke i nektar hos GM-afgrøden, så honningbier må forventes at have normal fourageringsadfærd (Pham-Delegue, 2001).

De økologiske honningavlere kan få et problem, hvis konsumenterne stiller krav om dokumentation for, at honningen er GMP-fri. Dette vil kræve undersøgelser af, hvorvidt honningen indeholder pollen eller nektar fra GM-afgrøder i påviselige mængder. En forudsætning for påvisning af GM-pollen i honninger, at transgene konstruktioner kan identificeres, eller at de er udtrykt biokemisk i pollenet. Det mest nærliggende er at anvende en PCR test rettet mod promotorer såsom CaMv35s, nos-terminator eller struktorgenet (Wilkinson et al., 1997). En påvisning vil dog formentlig være dyr og besværlig. Den mulige detektionsgrænse vil bl.a. afhænge af plantearten.

Bt-toksin er tilladt til bekæmpelse af skadedyr i økologisk jordbrug. Markundersøgelser viser kun få negative effekter af partikulært Bt-toksin på tætheden af nytteinsekter, der er predatorer eller parasitter på målorganismerne (Kjær in prep.) Oftest er dog anvendt småskala forsøg, der ikke giver et helt realistisk billede, samtidig med at der er anvendt rent toksin, som ikke helt kan efterligne effekten af en Bt-plante (Hilbeck et al. 2000). Et særligt aspekt er risikoen for at selve pollenet hos insektresistente Bt-afgrøder kan være giftigt for f.eks. planteædende sommerfuglelarver (Jesse & Obrycki, 2000). Koncentrationen af Bt-pollen anvendt i forsøg er dog blevet kritiseret for at være urealistisk høj i forhold til, hvor sommerfuglelarvens værtsplante vokser (Sears et al., 2000). Konklusionerne af en lang række nordamerikanske forsøg med Bt-pollen fra majs var, at der ikke blev fundet noget, der tydede på skadelige effekter på ik-

ke-mål organismer (f.eks. monark-sommerfuglen) under realistiske markforhold (Sears et al., 2001).

Et markforsøg over egnethed (fitness) af umodificerede og Bt-insektresistente udgaver af to forskellige rapssorter (Oscar & Westar) blev udført i USA (Stewart et al., 1997). I en af behandlingerne blev arealet lagt brak efter dyrkningen. De sorter, der var gjort resistente mod sommerfugleangreb, havde her en betydelig større frøsætning end de tilsvarende umodificerede sorter, hvor bladene blev kraftigt afgravede. Det konkluderes i undersøgelsen, at dette viser, at de genmodificerede planter kan give en øget økologisk risiko for overlevelse og etablering af populationer af Bt-planter.

5.2.3 Spredning af GM-frø med vinden eller med dyr

De fleste dyrkede afgrøder synes ikke at være specielt tilpasset frøspredning over længere afstande ved hjælp af f.eks. vind- eller dyrespredning. Gennem sortsudvikling har man også søgt at reducere den naturlige spredningsevne. Således er frøløsningen søgt reduceret hos f.eks. raps og majs. Nogle plantearter med vinterstandere har vindspredning (f.eks. lucerne og roe), hvor hovedparten af frøene falder tæt ved planten. Andre arter, som f.eks. byg og gulerod, kan spredes længere ved, at frøene hæfter sig til dyr eller mennesker. Dyrespredte frø er ofte større end frø, der spredes med vinden. Der findes dog ikke mange undersøgelser, der kvantificerer afstandene for den naturlige frøspredning af selv de almindeligste afgrøder. Antallet af frø pr. plante (frøproduktionen) har stor betydning for sandsynligheden for, at nogle frø spredes langt eller overlever længe som hvilende frø i jorden (se afsnit 5.2.4).

Kendskab til både den rumlige og den tidsmæssige fordeling af frøspredningen er vigtige ved en samlet vurdering af konsekvenserne. Anvendelsen af forskellige fænomenologiske og mekaniske modeller diskuteres bl.a. af Nathan & Muller-Landau (2000).

5.2.4 Overlevelse af GM-frø i jorden

Levedygtighed af frø i jord er en egenskab, der giver arten mulighed for tidsmæssig fordeling af spredningsmønstret. Frø af dyrkede kulturplanter har for en række arters vedkommende en levedygtighed i jord som betyder, at de pågældende arter kan "forurene" kommende afgrøder på det pågældende areal. Det bedst kendte eksempel er raps, hvis frø kan bevare spiredygtigheden i jord i en årrække. Raps er også den art, hvor flest undersøgelser belyser hvilke forhold, der påvirker levedygtigheden af frø. Med konventionelle rapssorter er der udført en række undersøgelser. Disse viser følgende om rapsførs levedygtighed i jord:

- At levedygtigheden stiger, jo dybere begravet frøet er (Schlink, 1995).
- At levedygtigheden aftager hurtigt, jo længere tid frøene efterlades urørt på jordoverfladen inden en efterfølgende dybere indarbejdning (Pekrun & Lutman, 1998; Pekrun et al, 1998).
- At der kan være forskelle i levedygtighed af frø af forskellige sorter (Lutman & Lopez-Granados, 1998; Pekrun et al, 1997).
- At der er (meget) stor variation i levedygtigheden af frø af samme sort produceret i forskellige høstår (Lutman & Lopez-Granados, 1998).
- At jordtypen påvirker levedygtigheden (Lutman & Lopez-Granados, 1998).

- At der, formentlig som følge af mikroklima, kan forekomme store forskelle i levedygtighed af frø af samme oprindelse (Lutman, 1993).

I sidstnævnte undersøgelse varierede procentandelen af levedygtige frø efter 10 måneder i 20 cm's dybde fra 0,5 til 27,6% mellem gentagelserne. Generelt er der fundet meget varierende resultater for rapsførs levedygtighed i de ovennævnte undersøgelser. I undersøgelserne angives en af kilderne til denne variation at være forårsaget af, at udgangsmaterialet, der anvendes, har stor betydning for resultatet. Det er således veldokumenteret, at de klimatiske forhold i modningsperioden, frøets placering på planten m.m. influerer på frøets spirehvileforhold. Der er udført enkelte undersøgelser af levedygtighed af transgene rapssorter i forhold til konventionelle sorter. Hails et al. (1997) undersøgte levedygtigheden af to transgene rapssorter. Den ene sort var tolerant over for antibiotikaet kanamycin, mens den anden linie var tolerant over for såvel kanamycin som herbicidet glyfosinat. Frøoverlevelse efter 12 og 24 måneder i jord blev undersøgt for såvel de to transgene sorter som for en ikke transgen sort. I denne undersøgelse var levedygtigheden af frø af den ikke transgene sort større end af de to transgene sorter. I en anden undersøgelse (Linder et al, 1995) blev levedygtigheden af frø af en transgen sort med ændret fedtsyresammensætning sammenlignet med 2 ikke transgene linier på 2 lokaliteter. På den ene lokalitet var der ikke forskel i levedygtighed af de 3 linier, mens den transgene linies frø var mere persistente end de ikke transgene linier på den anden lokalitet. Lutman (1993) har sammenfattet undersøgelser af målte og skønnede frøtab i forbindelse med høst af raps. Den generelle konklusion er, at op til 10.000 rapsfør/m² kan blive efterladt på marken efter høst. Såfremt disse spildfrø håndteres uhensigtsmæssigt, må det forventes, at de i en lang årrække vil kun-

ne udgøre en relativt stor andel af plantebestanden af kommende rapsafgrøder på samme areal. Ved overgangen til dyrkning af sorter med lavt indhold af erucasyre og glucosinolat var indblanding af planter fremspiret fra persistente frø af ældre sorter årsag til, at kvalitetskravene ikke kunne opfyldes i en række tilfælde (Sauermann, 1987).

Raps er den bedst undersøgte af vores kulturafgrøder for så vidt angår persistensen af frø i jord, men det er en egenskab, der findes i større eller mindre udstrækning hos de fleste dyrkede arter. En oversigt over de forskellige frøbanktyper og fordeling af plantearter er vist i tabel 5.2. For kornarter, hvor persistens i jord normalt ikke er en egenskab, der tillægges betydning, påviste Rauber (1988) således, at bygkerner kan bevare spireevnen i jord i op til 15 måneder. I en anden undersøgelse af Rauber (1986) fandtes store forskelle i levedygtighed mellem 2 bygsorter, hvor ca $\frac{1}{4}$ af den ene sorts kerner stadig var spiredygtige efter 10 måneder indarbejdet i jorden.

Arter, der anvendes i græsmarksafgrøder, har ligeledes frø, der har en vis persistens i jord. Timote og almindelig rapgræs er de mest vedvarende, mens almindelig og italiensk rajgræs, eng- og rødsvingel, engrapgræs samt hundegræs har en kortere levedygtighed ifølge egne undersøgelser (Kryger Jensen, upubl.) samt undersøgelser udført af Lewis (1973) og Roberts (1986). Frø af bælplanter som hvid- og rødkløver har frø med lang persistens i jord (Milberg, 1990).

5.3 Hybridisering mellem GM-afgrøder og vilde arter

En række forskellige faktorer bestemmer, hvor stor sandsynlighed der er for genoverførsel og hybridisering mellem afgrødeplan-

ter/ GMP og deres vilde slægtninge (Jørgensen, 2001):

- Overlap i udbredelse mellem afgrøde og vilde slægtninge. Den fysiske afstand mellem GM-planten og beslægtet ukrudt.
- Graden af beslægtethed. Generelt er der større genspredning til/fra nærmere beslægtede arter.
- Forplantningssystemet hos afgrøde og vilde slægtninge. Generelt dannes hybrider lettere hos arter med fremmedbestøvning end selvbestøvning. Vegetativ formering (f.eks. hos rajgræs) kan sikre overlevelsen af nye hybrider.
- Miljømæssige faktorer der varierer mellem lokaliteter og år vil påvirke plantetæthed og blomstring og dermed sandsynligheden for genoverførsel.
- Den selektive fordel af det nye (trans)gen. Hvis det giver en fordel i det givne miljø, vil hybrider med genet blive hyppigere (f.eks. herbicidresistent ukrudt i sprøjtede marker).

En oversigt med oplysninger om risikoen for direkte spredning af GM-planter og hybridisering med deres vilde slægtninge er samlet i tabel 5.3 og 5.4 for nogle af de vigtigste markafgrøder og grønsager. Yderligere oplysninger om hybrider findes bl.a. i: (Dale & Scheffler, 1996; Jørgensen et al., 1996; Keeler et al., 1996). I tabellerne er der samtidig anført hvor mange forsøgsudsætninger med GM-sorter der har været i EU. Arterne er blevet inddelt i tre risikogrupper (lav, høj og usikker risiko) på grundlag af en vurdering af risikoen for direkte genspredning fra GM- til non-GM-afgrøde samt en samlet vurdering af risikoen for hybridisering, forekomst som ukrudt i marker, brak- og græsarealer samt etablering i naturen. Det ses, at f.eks. byg, hvede, markært og kartoffel er i lavrisikogruppen for

GM-spredning, mens f.eks. raps, hvid- og rødkløver, lucerne, rajgræs, rug og gulerod tilhører højriskogruppen. Nogle arter, som f.eks. havre, kålrabi og foderroe, tilhører her en gruppe hvor bedømmelsen er mere usikker, eller hvor der mangler oplysninger.

I et schweizisk forslag til risikovurdering af genspredning inddeles plantearterne i fem risikokategorier inden for tre indekstyper af spredning: 1. Hybridisering og pollenspredning, 2. Frøspredning og 3. Frekvens af vilde slægtninge (Ammann et al., 1996). En analyse af spredningsrisikoen for de vigtigste afgrøder tydede på følgende risici for spredning:

1. Ingen effekt: Rødkløver, hvidkløver, sukkerroe, kartoffel, hvede, byg og majs.
2. Minimal effekt: Rug og kål.
3. Lav men lokal effekt: Raps, turnips og radise.
3. Betydelig men lokal effekt: Salat og gulerod.
4. Betydelig og udbredt effekt: Engsvingel, alm. rajgræs, italiensk rajgræs og lucerne.

Metoden er tidskrævende og forudsætter stort kendskab til historiske forekomster af hybrider og naturaliserede afgrødeplanter, men kan give vigtige fingerpeg på risikoplanter. Analyseresultatet kan dog ikke umiddelbart benyttes for danske forhold. F.eks. er vilde former af rød- og hvidkløver almindelige i Danmark, men ikke i Schweiz hvor der heller ikke forekommer vilde roeslægtninge som strandbeden. Desuden er genspredningen inden for samme planteart ikke inkluderet. Endelig vil de lokale klimatiske og miljømæssige forhold altid være afgørende for risikoen for genspredning.

En konklusion på hybridiseringsundersøgelserne må være, at hvis dannelsen af hybrider mellem GM-afgrøder og vilde slægtninge er

mulig, vil disse blive etableret på et eller andet tidspunkt og sted. Strategien ved udsætningsforsøg er derfor at minimere risikoen for pollenoverførsel (isolationsafstande og værnebælter) sammen med hurtig identifikation og bekæmpelse af etablerede hybridpopulationer (Arriola, 1997). Ved kommerciel dyrkning af GM-afgrøder er disse muligheder stærkt reducerede og må suppleres med andre forholdsregler såsom monitoring af genspredning og sikring mod utilsigtet frøspredning (se Kapitel 6). En mulig teknisk løsning på spredningsproblematikken er anvendelsen af hansterile GM-planter, eller planter hvor den genmodificerede egenskab kun er hunligt nedarvet (Daniell, 1999). Ved anvendelse af disse typer af transgene planter bliver spredningen af gener mere lokal.

Hansterile GM-sorter af bl.a. raps, kål, majs, hvede (alle PGS/AgrEvo), cikorie (BejoZaden), tomat (Biochem) og kartoffel er allerede blevet testet i forsøgsudsætninger i EU. Muligheden for dannelse af hybrider via bestøvning med pollen fra interfertile ukrudtsarter er dog stadig til stede hos disse planter. Endnu er dog kun den hansterile herbicidresistente raps til produktion af hybridfrø (PGS/AgrEvo) samt en hansteril herbicidresistent cikoriesalat til fremavl blevet godkendt til markedsføring i EU.

Såvel i markforsøg som i naturlige populationer er der fundet spontan overførsel af gener fra raps til agerkål (*Brassica rapa*). Glyphosinatgener er overført til agerkållignende planter i løbet af to generationer af krydsninger i marken (Mikkelsen et al., 1997). Undersøgelser af naturligt forekommende ukrudtspopulationer af agerkål har vist, at såvel kernegener som gener, der kun er hunligt nedarvede, overføres og videreføres gennem mange generationer. Overførslen af gener fra raps til agerkål er tilsyneladende større i det økologiske jordbrug end i marker, hvor herbicider anvendes til

ukrudtsbekæmpelse (Hansen et al., 2001). En del af de dannede hybrider og tilbagekrydsninger mellem raps og agerkål har en overlevelse og fertilitet, der er lige så stor som forældrearterne (Hauser et al., 1998 a og b).

Et markforsøg i Frankrig med genspredning fra kiddike (*Raphanus raphanistrum*) til hansteril, glyfosinattolerant raps resulterede i lav (gns. ca. 1 frø pr. plante) frøproduktion hos F1-hybriderne med stigende frøproduktion i de 2 følgende krydsningsgenerationer (Chevre et al., 1997; Chevre et al., 1998). Andelen af glyfosinatresistente planter varierede mellem 23,5% (G4) og 81,9% (G2). Efter fire generationer lignede de herbicidtolerante hybrider kiddike i både morfologi og kromosomtall. Amerikanske forsøg har vist, at en dominant egenskab (blomsterfarve) fra radis (*Raphanus sativus*) let videreføres i hybrider med kiddike (*R. raphanistrum*) og kunne påvises hos 8 – 22% af hybridplanterne i marken efter tre års forløb (Snow et al., 2001). Konklusionen var, at genmodificerede resistensgener hos en evt. GM-radise let ville kunne spredes til kiddike, der er ukrudt i marken.

Tyske forsøg har vist, at både dyrkede GM og non-GM-roer (*Beta vulgaris*) er i stand til at overvintre, danne stokløbere og blomstre det efterfølgende år, hvis vintertemperaturerne ikke bliver for lave (Pohl-Orf et al., 1999). Et dansk forsøg har vist, at ca. 90% af roeplanterne kan overleve, hvis vinteren er mild (Anonym, 1999). Dette udgør en potentiel risiko for, at der kan ske en utilsigtet spredning af GM-pollen til andre roemark, til ukrudtsroer eller til vilde roer (f.eks. strandbeden).

Genspredningen fra stokløbere af GM-sukkerroer til ukrudtsroer i et nærliggende område viste op til 0,8% hybrider i et fransk markforsøg (Vigouroux et al., 1999). I et andet forsøg aftog frekvensen af hybrider fra

11% ved 3 m's afstand fra pollenkilden til 1% ved 15 m. Et dansk forsøg over pollenspredning fra rødbede (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) til vilde roer tydede på meget lav bestøvning i afstande større end 25 m (Madsen & Steen, 1999). Frekvensen af fremmedbestøvning af strandbeder (*B. maritima*) var 0,06 - 0,31% ved 75 m afstand fra *B. vulgaris*.

5.4 Indflydelse af sædskifte og andre faktorer på GMP-spredning og etablering

Forskellige dyrkningsmæssige forhold såsom sædskifte og eventuel etablering af GMP bestande med forskellige egenskaber i og uden for det dyrkede areal påvirker risikoen for spredning og etablering af GMP i økologiske marker.

Typen af jordbearbejdning har stor indflydelse på den horisontale spredning af f.eks. rapsfrø i jorden (Rew & Cussans, 1997). Således udjævnes variationen af frøindholdet i jorden på langs af kørselsretningen. Dette er med til at gøre variationen på tværs af marken relativt større.

Mulighederne for at reducere genspredning med pollen ved hjælp af vegetationsløse zoner og fangplanter er blevet analyseret (Morris et al., 1994). Undersøgelserne viste, at 4-8 m brede vegetationsfri zoner rundt om marken øgede GM-forureningen i rapsfrø sammenlignet med resultatet, hvis randen i stedet var tilplantet med en fangafgrøde. Bredden af beskyttelseszonen af fangplanter havde stor betydning for effektiviteten til at udelukke GM-bestøvning.

Et særlig problemstilling er den ukontrollable genoverførsel og forekomst af flere genmodificerede egenskaber ("genetisk stabling") hos den samme afgrøde eller markukrudt (Senior

& Dale, 1999). Det er bl.a. påvist i Canada, at pollenspredning mellem rapssorter med resistens mod forskellige herbicider kan føre til etablering af multiresistente ukrudtsraps (Hall et al., 2000). Forskellige kombinationer af egenskaber kan resultere i hybrider, der har dyrkningsmæssige eller miljømæssigt uønskede egenskaber og som er vanskelige at kontrollere. Selv om dette primært vil være et dyrkningsmæssigt problem for konventionelt landbrug (multiherbicidresistent ukrudt), vil GM-gener fra f.eks. ukrudtsraps kunne spredes til de økologiske sorter i marken. For agerlandets miljø og økologisk dyrkning kan kombinationer af egenskaber som Bt-insektresistens og ændret stresstolerance også være problematiske.

Frøspredning og etablering af GMP planter uden for det dyrkede areal er forholdsvis dårligt undersøgt og dokumenteret (Crawley et al., 1993; Crawley & Brown, 1995). Det antages normalt, at forekomsten af f.eks. raps langs veje og markrande skyldes primærspredning fra dyrkning eller spildfrø fra maskiner eller transport. En fransk undersøgelse viser dog, at bestande af tidligere dyrkede rapssorter kan danne vedvarende bestande i vejkanter i mindst 8 år efter dyrkning (Pessel et al., 2001). Undersøgelsen konkluderer, at det er nødvendigt med mere detaljerede undersøgelser af dynamikken af ukrudtsraps for at vurdere risikoen for invasion og de potentielle effekter på genforurening fra GM-marker og ikke-GM-marker.

5.5 Videns- og forskningsbehov

På en række vigtige delområder mangler der tilstrækkelig viden om GM-spredning til, at der kan foreslås konkrete forholdsregler for økologisk jordbrug:

Der mangler informationer om hyppighed af (GM) pollenspredning over længere afstande samt de særlige forhold, der betinger langdistancespredning. Det drejer sig her bl.a. om klimatiske forhold (vind, temperaturer) og landskabsstruktur (bevoksning, fragmentering af marker). Disse informationer vil kunne bruges til at modellere og graduere risikoen for GM-spredning.

Undersøgelser af hvilken indflydelse forskellig dyrkningsmæssig praksis (økologisk, konventionelle typer med GM) har for spredning og hybridisering vil være vigtige. Herunder især forhold vedr. overlevelse i frøbanken, frøspiring, etablering og overlevelse af spildplanter, artshybrider og tilbagekrydsninger.

Metoder til at påvise pollenspredning af GM-transgener med bier og GM-pollenindhold i økologisk honning mangler at blive fastlagt.

Der mangler detaljeret kendskab til spredningsveje for GM-frø og kvantificering af den naturlige og den dyrkningsbetingede frøspredning, herunder betydningen af jordbearbejdning og spredning med markredskaber, der kan spille en potentielt stor rolle.

Der mangler undersøgelser, som belyser risikoen for etablering af populationer af GM-ukrudtsplanter i agerlandet (specielt raps, ukrudshybrider, roer og andre), der kan være vanskelige at kontrollere. Den generelle viden om genspredningen fra GMP-marker til økologiske marker er mangelfuld.

Mere detaljeret viden om fortyndingseffekten af GM pollen ind i marken er stærkt ønskelig. En mulig forholdsregel for økologisk jordbrug kunne være, at høsten i en randzone (f.eks. 3-5 m bred) ikke må klassificeres som et økologisk produkt.

Tabel 5.2 Overlevelse af frø i jorden af nogle vigtige afgrødeplanter*

Frøbanktype, overlevelseshorisnterval i antal år	Plantearter
Midlertidig overlevelse, normalt < 1 år	Byg (<i>Hordeum vulgare</i>), havre (<i>Avena sativa</i>), hvede (<i>Triticum aestivum</i>), majs (<i>Zea mays</i>), rug (<i>Secale cereale</i>), løg (<i>Allium cepa</i>)
Korttids-frøbank, 1- 4 år	Alm. rajgræs (<i>Lolium perenne</i>)
Korttids-/langtidsfrøbank, 1- >10 år	Italiensk rajgræs (<i>Lolium multiflorum</i>), lucerne (<i>Medicago sativa</i>), pastinak (<i>Pastinaca sativa</i>), gulerod (<i>Daucus carota</i>)
Langtidsfrøbank, 5 - > 20 år	Raps (<i>Brassica napus</i>), sukkerroe, foderbede (<i>Beta vulgaris</i>), humle-sneglebælg (<i>Medicago lupulina</i>), rødkløver (<i>Trifolium pratense</i>), hvidkløver (<i>T. repens</i>), selleri (<i>Apium graveolens</i>)

* Oplysninger om evnen til at overleve midlertidigt eller danne kort- eller langtidsfrøbank er baseret på informationer i Thompson et al. (1997). De angivne tidsintervaller repræsenterer gennemsnitlige angivelser for naturlig deposition i uforstyrret jordbund. Ved intensiv jordbehandling vil frøoverlevelsen være kortere

Tabel 5.3 Risiko for direkte pollenspredning fra GM planter og hybridisering mellem GM planter og beslægtede arter i Nordeuropa. Økologisk udsæd; kun de vigtigste plantearter der benyttes i økologiske marker er medtaget. Risikogrupper: * lavrisiko, ! højrisiko, (!) højrisiko der begrænses af dyrkningsmæssige tiltag (f.eks. høst inden blomstring og fjernelse af stokløbere), ? usikker eller manglende oplysninger. ^s: arter der normalt er helt eller delvis selvbestøvede. For yderligere oplysninger se afsnit 5.2 og 5.3.

Planteart	Risiko for direkte pollenspredning, hybridisering og etablering			Forsøgsudsætninger af GMP i EU-lande, antal udsætninger ⁴
	Risikogruppe: Pollenspredning ¹ / Hybridisering	Hybrider med beslægtede arter ²	Ukrudt i mark / Etablering i naturen, hyppighed ³	
Græsser, Poaceae				
Alm. rajgræs (<i>Lolium perenne</i>)	! / !	Italiensk rajgræs (<i>L. multiflorum</i>), Eng-Svingel (<i>F. pratensis</i>), Rød Svingel (<i>F. rubra</i>)?	Ja / Naturaliseret, alm.	NL, 1 FU
Italiensk rajgræs (<i>Lolium multiflorum</i>)	! / !	Alm. rajgræs (<i>L. perenne</i>), Eng-Svingel (<i>F. pratensis</i>)?	Ja / Naturaliseret, h.h. langs veje	–
Majs (<i>Zea mays</i>)	! / *	Ingen hybrider i Europa	Nej / Ikke naturaliseret, tilfældig forekomst	11 EU-lande, 464 FU
Havre (<i>Avena sativa</i>) ^s	* / ?	Flyvehavre (<i>A. fatua</i>)	? / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	–
Byg (<i>Hordeum vulgare</i>) ^s	* / *	Ingen naturligt forekommende hybrider med andre <i>Hordeum</i> arter	Sj. / Ikke naturaliseret, tilfældig h.h.	FI, GB, 4 FU
Hvede, Triticale (<i>Triticum aestivum</i>) ^s	* / *	Ingen hybrider med vilde slægtninge	Sj. / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	4 EU-lande, 20 FU
Rug (<i>Secale cereale</i>)	! / *	Ingen vilde slægtninge	Nej / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	–
Korsblomstrede, Brassicaceae				
Olieræddike, radis (<i>Raphanus sativus</i>)	(!) / !	Kiddike (<i>Raphanus raphanistrum</i>)	Ja / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	FR, 2 FU (<i>R. raphanistrum</i>)
Raps (<i>Brassica napus</i>)	! / !	Ager-kål (<i>B. rapa</i>), kiddike (<i>Raphanus raphanistrum</i>), sj. med ager-sennep (<i>Sinapis arvensis</i>)	Ja, hyppigt / Naturaliseret, forvildet h.h. langs veje og ruderaer	10 EU-lande, 363 FU

Ærteblomstrede, Fabaceae				
Hvidkløver (<i>Trifolium repens</i>)	! / !	Hybrider med vildformer af hvidkløver	Ja / Oprindelig og naturaliseret, vildformer m. alm.	–
Rødkløver (<i>Trifolium pratense</i>)	! / !	Hybrider med vildformer af rødkløver	? / Oprindelig og naturaliseret, vildformer m. alm.	–
Markært (<i>Pisum sativum</i>) ^s	* / *	Ingen hybrider med andre <i>Pisum</i> arter	Nej, sj. / Ikke naturaliseret sj. forvildet	DE, 1 FU
Lucerne (<i>Medicago sativa</i>)	(!) / !	Lucerne (<i>M. sativa</i>) vildformer, segl-sneglebælg (<i>M. falcata</i>)	Ja / Naturaliseret?, hyppigt forvildet, hybrider med <i>M. falcata</i> h.h.	BE, ES, 2 FU
Hestebønne (<i>Vicia faba</i>) ^s	* / *	Ingen hybrider med andre arter	? / Ikke naturaliseret, forvildet h.h.	–
Lupin (<i>Lupinus luteus</i>)	? / ?	?	? / Ikke naturaliseret, forvildet h.h.	–
Øvrige				
Sukkerroer, foderbede (<i>Beta vulgaris</i> ssp <i>vulgaris</i>)	(!) / (?)	Strandbede (<i>Beta vulgaris</i> ssp <i>maritima</i>)	Ja / Naturalisering og omfang af hybridisering med strandbede ikke kendt	12 EU-lande, 301 FU

¹ Oplysninger om direkte pollenspredning er bl.a. baseret på Keeler et al. 1996.

² Oplysninger om hybrider er især baseret på Mikkelsen & Jørgensen (1997) samt på Bartsch & Pohlorf (1996), Chevre et al. (1997), Desplanque et al. (1999), Ellstrand et al. (1999), Gymer & Whittington (1973), Hansen et al. (2001), Højland & Pedersen (1994b, 1994c), Højland & Poulsen (1994a, 1994b), OECD (1997, 1999), Pessel et al. (2001), Pohlorf (1996), Snow et al. (2001), Torgersen et al. (1998).

³ Oplysninger om etablering i naturen og hyppighed er baseret på Madsen & Lyck (1991) og Hansen 1981.

⁴ Forsøgsudsætninger (FU) pr. 14-05-2002.

Tabel 5.4 Risiko for direkte pollenspredning fra GM planter og hybridisering mellem GM planter og beslægtede arter i Nordeuropa. Økologiske grønsager; kun de vigtigste plantearter der benyttes i økologiske marker er medtaget. Risikogrupper: * lavrisiko, ! højrisko, (!) højrisko der begrænses af dyrkningsmæssige tiltag (f.eks. høst inden blomstring og fjernelse af stokløbere), ? usikker eller manglende oplysninger. ^s: arter der normalt er helt eller delvis selvbestøvede. For yderligere oplysninger se afsnit 5.2 og 5.3.

Planteart	Risiko for direkte pollenspredning, hybridisering og etablering			Forsøgsudsætninger af GMP i EU-lande, antal udsætninger ⁴
	Risikogruppe: Pollenspredning ¹ / Hybridisering	Hybrider med beslægtede arter ²	Ukrudt i mark / Etablering i naturen, hyppighed ³	
Løgfamilien				
Løg (<i>Allium cepa</i>)	(!) / *	Ingen hybrider med andre løgarter	Nej / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	–
Porre (<i>Allium ampeloprasum</i> var. <i>porrum</i>)	(!) / *	Ingen hybrider med andre løgarter	Nej / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	–
Korsblomstrede, Brassicaceae				
Have-Kål (<i>Brassica oleracea</i>)	(!) / *	Ingen hybrider med vilde slægtninge	Nej / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	BE, FI, NL, 10 FU
Kålrabi (<i>Brassica napus</i> ssp. <i>rapifera</i>)	(!) / ?	Som raps ?	Ja? / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	NL, 1 FU
Skærmpplanter				
Gulerod (<i>Daucus carota</i> ssp. <i>sativus</i>)	(!) / !	Hybrider med vild gulerod (ssp. <i>carota</i>), Vildformer alm. langs marker	Ja / Naturaliseret, alm. (vildformer og formentlig hybrider)	NL, 3 FU
Pastinak (<i>Pastinaca sativa</i>) ^s	* / !	Hybrider med vildformer af pastinak	Ja / Naturaliseret, alm.	–
Rodpersille (<i>Petroselinum crispum</i> ssp. <i>tuberosum</i>)	? / *	Ingen vilde slægtninge	Nej / Ikke naturaliseret, h.h. forvildet	–
Selleri (<i>Apium graveolens</i>) ^s	* / ?	Hybrider med vildformer af selleri	Nej / Naturaliseret, h.h.	–

Øvrige				
Rødbede (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>rubra</i>)	(!) / ?	Hybrider med andre bede-arter ?	Nej / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	–
Kartoffel (<i>Solanum tuberosum</i>)	* / *	Ingen hybrider med vilde arter	? / Ikke naturaliseret, sj. forvildet	12 EU-lande, 205 FU

¹ Oplysninger om direkte pollenspredning er bl.a. baseret på Keeler et al. 1996.

² Oplysninger om hybrider er især baseret på Mikkelsen & Jørgensen (1997) samt på Bartsch & Pohlorf (1996), Brandenburg (1981), Daniell (1999), Desplanque et al. (1999), Højland & Pedersen (1994a, 1994c), Pohlorf (1996), Torgersen et al. (1998), Wijnheimer et al. (1989).

³ Oplysninger om etablering i naturen og hyppighed er baseret på Madsen & Lyck (1991) og Hansen 1981.

⁴ Forsøgsudsætninger (FU) pr. 14-05-2002.

5.6 Litteratur

- Ammann, K., Jacot, Y., Rufener Al Mazyad, P. (1996). Field release of transgenic crops in Switzerland - An ecological risk assessment of vertical gene flow. I: Schulte, E., Käppeli, O. (eds.) Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlings-resistente Nutzpflanzen. Schwerpunktprogramm Biotechnologie des Schweizerischen Nationalfonds, Bern, 101-157.
- Anonym. (1999). Overvintring af transgene roer 1994-95, Holeby.
- Arriola, P.E. (1997). Risks of escape and spread of engineered genes from transgenic crops to wild relatives. AgBiotech News and Information 9: 157N-160N.
- Bartsch, D., Pohlorf, M. (1996). Ecological Aspects of Transgenic Sugar Beet - Transfer and Expression Herbicide Resistance in Hybrids With Wild Beets. Euphytica 91: 55-58.
- Brandenburg, W.A. (1981). Possible relationships between wild and cultivated carrots (*Daucus carota* L.) in the Netherlands. Kulturpflanze 29: 369-375.
- Chevre, A.M., Eber, F., Baranger, A., Hureau, G., Barret, P., Picault, H., Renard, M. (1998). Characterization of backcross generations obtained under field conditions from oilseed rape-wild radish F1 interspecific hybrids: an assessment of transgene dispersal. Theoretical and Applied Genetics 97: 90-98.
- Chevre, A.-M., Eber, F., Baranger, A., Renard, M. (1997). Gene flow from transgenic crops. Nature 389: 924.
- Crawley, M.J., Brown, S.L. (1995). Seed limitations and the dynamics of feral oilseed rape on the M25 motorway. Proc. R. Soc. Lond. B 259: 49-54.
- Crawley, M.J., Hails, R.S., Rees, M., Kohn, D., Buxton, J. (1993). Ecology of transgenic oilseed rape in natural habitats. Nature 363: 620-623.
- Dale, P.J., Scheffler, J.A. (1996). Gene dispersal from transgenic crops. I: Schmidt, E. R., Hankeln, T. (eds.) Transgenic organisms and biosafety - Horizontal gene transfer, stability of DNA, and expression of transgenes. Springer, Berlin, 85-93.
- Daniell, H. (1999). The next generation of genetically engineered crops for herbicide and insect resistance: containment of gene pollution and resistant insects. AgBiotechNet 1: August, ABN 024.
- De Greef, W. (1990). The release of transgenic plants into the environment: a review of the BAP projects. I: Economidis, I. (ed.) Biotechnology R&D in the EC, Catalogue of BAP achievements on risk assessment for the period 1985-1990 Vol. 1. Elsevier, Amsterdam, 19-22.
- Desplanque, B., Boudry, P., Broomberg, K., Saumitou-Laprade, P., Cuguen, J., Van Dijk, H. (1999). Genetic diversity and gene flow between wild, cultivated and weedy forms of *Beta vulgaris* L. (*Chenopodiaceae*) assessed by RFLP and microsatellite markers. Theor. Appl. Genet. 98: 1194-1201.
- Ellstrand, N.C., Prentice, H.C., Hancock, J.F. (1999). Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. Ann. Rev. Ecol. Syst. 30: 539-563.

- Giddings, G.D., Sackville Hamilton, N.R., Hayward, M.D. (1997). The release of genetically modified grasses. 2. The influence of wind direction on pollen dispersal. Theoretical and applied genetics 94: 1007-1014.
- Gliddon, C.J. (1999). Gene flow and risk assessment. In: Lutman, P. J. W. (ed.) BCPC Symposium Proceedings Vol. 72. Gene flow and agriculture - Relevance for transgenic crops. British Crop Protection Council, University of Keele, Staffordshire, 49-58.
- Gymer, P.T., Whittington, W.J. (1973). Hybrids between *Lolium perenne* and *Festuca pratensis*. I Crossing and incompatibility. New Phytol. 72: 411-424.
- Hails, R.S., Rees, M., Kohn, D.D., Crawley, M.J. (1997). Burial and seed survival in *Brassica napus* subsp *oleifera* and *Sinapis arvensis* including a comparison of transgenic and non-transgenic lines of the crop. Proc. R. Soc. Lond. B 264: 1-7.
- Hall, L., Topinka, K., Huffman, J., Davis, L., Good, A. (2000). Pollen flow between herbicide-resistant *Brassica napus* is the cause of multiple-resistant B-napus volunteers. Weed Science 48: 688-694.
- Hansen, K. (1981). Dansk feltflora. Gyldendal, Copenhagen.
- Hansen, L.B., Siegismund, H.R., Jørgensen, R.B. (2001). Introgression between oilseed rape (*Brassica napus*) and its weedy relative *B. rapa* L. in a natural population. Genetic Resources and Crop Evolution 48: 621-627.
- Hauser, T.P., Jørgensen, R.B., Ostergard, H. (1998a). Fitness of backcross and F-2 hybrids between weedy *Brassica rapa* and oilseed rape (*B. napus*). Heredity 81: 436-443.
- Hauser, T.P., Shaw, R.G., Ostergard, H. (1998b). Fitness of F-1 hybrids between weedy *Brassica rapa* and oilseed rape (*B. napus*). Heredity 81: 429-435.
- Hilbeck, A., Meier, M.S., Raps, A. (2000). Review on non-target organisms and Bt-plants. Eco-Strat GmbH, Zurich.
- Højland, J.G., Pedersen, S. (1994a). Carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* (Hoffm.) Arcangeli). Dispersal, establishment and interactions with the environment. The National Forest and Nature Agency; The Environmental Protection Agency; Ministry of the Environment, Copenhagen.
- Højland, J.G., Pedersen, S. (1994b). Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Dispersal, establishment and interactions with the environment. The National Forest and Nature Agency; The Environmental Protection Agency; Ministry of the Environment, Copenhagen.
- Højland, J.G., Pedersen, S. (1994c). Sugar beet, beetroot and fodder beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*). Dispersal, establishment and interactions with the environment. The National Forest and Nature Agency; The Environmental Protection Agency; Ministry of the Environment, Copenhagen.
- Højland, J.G., Poulsen, G.S. (1994a). Five cultivated plant species: *Brassica napus* L. ssp. *napus* (Rape), *Medicago sativa* L. ssp. *sativa* (Lucerne/Alfalfa), *Pisum sativum* L. ssp. *sativum* (Pea), *Populus* L. spp. (Poplars), *Solanum tuberosum* L. ssp. *tuberosum* (Potato). Dispersal, establishment and interactions with the environment. The National Forest and Nature Agency; The Environmental Protection Agency; Ministry of the Environment, Copenhagen.

- Højland, J.G., Poulsen, G.S. (1994b). Ært (*Pisum sativum* L. ssp. *sativum*) - Spredning, etablering og samspil med natur og miljø. Miljøstyrelsen, Skov- og Naturstyrelsen, København.
- Ingram, J. (2000). The separation distances required to ensure cross-pollination is below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. *Plant Varieties and Seeds* 13: 181-199.
- Jesse, L.C.H., Obrycki, J.J. (2000). Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125: 241-248.
- Jørgensen, R.B. (2001). Spredning af gener - En biologisk invasion med store naturkonsekvenser. Invasive arter og GMO'er - Nye trusler mod naturen. Naturrådets Temarapport 1, 2001. Naturrådet, København, 88-99.
- Jørgensen, R.B., Hauser, T., Mikkelsen, T.R., Østergård, H. (1996). Transfer of engineered genes from crop to wild plants. *Trends in plant science - perspectives* 1: 356-358.
- Keeler, K.H., Turner, C., E., Bolick, M., R. (1996). Movement of crop transgenes into wild plants. I: Duke, S. O. (ed.) *Herbicide-resistant crops: Agricultural, environmental, economic, regulatory, and technical aspects*. CRC Press, Inc., Boca Raton, USA, 303-330.
- Kjellsson, G., Simonsen, V., Ammann, K., eds. (1997). *Methods for risk assessment of transgenic plants. II. Pollination, gene-transfer and population impacts*. Birkhäuser, Basel.
- Kjær, C. (in prep.). How to assess prey-mediated effects of insect resistant plants on natural enemies - Bt-toxins as an example. .
- Lavigne, C., Klein, E.K., Vallee, P., Pierre, J., Godelle, B., Renard, M. (1998). A pollen-dispersal experiment with transgenic oilseed rape. Estimation of the average pollen dispersal of an individual plant within a field. *Theoretical and Applied Genetics* 96: 886-896.
- Lewis, J. (1973) Longevity of crop and weed seeds: Survival after 20 years in soil. *Weed Research* 25: 201-211.
- Linder, C.R., Schmitt, J. (1995). Potential persistence of escaped transgenes: performance of transgenic, oil-modified *Brassica* seeds and seedlings. *Ecol. Appl.* 5: 1056-1068.
- Lutman, P.J.W. (1993) The occurrence and persistence of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Aspects of Applied Ecology* 35, Volunteer crops as weeds, 29-36.
- Lutman, P.J.W., Lopez-Granados, F. (1998) The persistence of seed s of oilseed rape (*Brassica napus*). *Aspects of Applied Biology* 51, Weed seed banks, Determination, dynamics and manipulation, 147-152.
- Madsen, H.E.S., Lyck, G. (1991). Introducerede planter - Forvildede og adventive arter. Inst. for Økologisk Botanik, Skov- og Naturstyrelsen, København.
- Madsen, K.H., Steen, P. (1999). Pollen dispersal from *Beta vulgaris* to wild relatives (*Beta* spp). Maribo Seed, Holeby.
- Malone, L.A., Pham-Delégue, M.-H. (2001). Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* sp.). *Apidologie* 32: 287-304.
- Metz, P.L.J., Jacobsen, E., Stiekema, W.J. (1997). Aspects of the biosafety of transgenic oilseed rape (*Brassica napus* L). *Acta Botanica Neerlandica* 46: 51-67.

- Mikkelsen, T.R., Jørgensen, R.B. (1997). Kulturfgrøders mulige krydsningspartnere i Danmark. Danske dyrkede planters hybridisering med den vilde danske flora. Skov- og Naturstyrelsen og Forskningscenter Risø, København.
- Milberg, P. (1990) Hur länge kan ett frö leva? Svensk Botanisk Tidskrift 84: 323-352.
- Morris, W.F., Kareiva, P.M., Raymer, P.L. (1994). Do Barren Zones and Pollen Traps Reduce Gene Escape from Transgenic Crops. Ecol. Appl. 4: 157-165.
- Nathan, R., Muller-Landau, H.C. (2000). Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment [Review]. Trends in Ecology & Evolution 15: 278-285.
- OECD. (1997). Consensus document on the biology of *Brassica napus* L. (Oilseed Rape). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, vol. 7. OECD, Paris.
- OECD. (1999). Consensus document on the biology of *Triticum aestivum* (bread wheat). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, vol. 9. OECD, Paris.
- Paul, E.M., Thompson, C., Dunwell, J.M. (1995). Gene dispersal from genetically-modified oil seed rape in the field. Euphytica 81: 283-289.
- Pekrun, C., Potter, T.C., Lutman, P.J.W. (1997) Genotypic variation in the development of secondary dormancy in oilseed rape and its impact on the persistence of volunteer rape. Proc. The 1997 Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 243-248.
- Pekrun, C., Hewitt, J.D.J., Lutman, P.J.W. (1998) Cultural control of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science 130: 155-163.
- Pekrun, C., Lutman, P.J.W. (1998) The influence of post-harvest cultivation on the persistence of volunteer oilseed rape. Aspects of Applied Biology 51, Weed seed banks: Determination, dynamics and manipulation, 113-118.
- Pessel, F.D., Lecomte, J., Emeriau, V., Krouti, M., Messean, A., Gouyon, P.H. (2001). Persistence of oilseed rape (*Brassica napus* L.) outside of cultivated fields. Theoretical and Applied Genetics 102: 841-846.
- Pham-Delegue, M.-H. (2001). Environmental impacts of transgenic plants on beneficial insects. I: Kessler, C., Economidis, I. (eds.) EC-sponsored research on safety of genetically modified organisms. Research Directorate-General, European Commission, Luxembourg, 29-32.
- Picard-Nizou, A.L., Grison, R., Olsen, L., Pioche, C., Arnold, G., Pham-Delegue, M.H. (1997). Impact on proteins used in plant genetic engineering toxicity and behavioral study in the honeybee. Journal of economic entomology 90: 1710-1716.
- Picard-Nizou, A.L., Pham-Delegue, M.H. (1995). Foraging behaviour of honey bees (*Apis mellifera* L.) on transgenic oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera*). Transgenic Research 4: 270-276.
- Pohl-Orf, M., Brand, U., Driessen, S., Hesse, P.R., Lehnen, M., Morak, C., Mucher, T., Saeglitz, C., von Soosten, C., Bartsch, D. (1999). Overwintering of genetically modified sugar beet, *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*, as a source for dispersal of transgenic pollen. Euphytica 108: 181-186.

- Proctor, M., Yeo, P., Lack, A. (1996). The natural history of pollination. Timber Press, Portland.
- Rauber, R. (1986) Aufgang von keimlingen und überdauern von körnern frischgereifter wintergerste (*Hordeum vulgare* L.) nach flacher einarbeitung in den boden. VDLUFA Schriftenreihe 20 Kongressband 1986, 723-733.
- Rauber, R. (1988) Untersuchungen zum überdauern frischgereifter gerstenkörner (*Hordeum vulgare* L.) im boden. 2. Einfluss einer strohbeimengung auf das überdauern von körnern und ähren. Angewandte Botanik 62: 255-263.
- Rew, L.J., Cussans, G.W. (1997). Horizontal movement of seeds following tine and plough cultivation: implications for spatial dynamics of weed infestations. Weed Research 37: 247-256.
- Roberts, H.A. (1986) Persistence of seeds of some grass species in cultivated soil. Grass and Forage Science 41: 273-276.
- Sauermann, W. (1987) Entwicklung des glucosinolatgehalts von 00-raps in den nächsten 10 jahren in abhängigkeit vom fremddurchwuchs. RAPS 5: 12-13.
- Scheffler, J.A., Parkinson, R., Dale, P.J. (1993). Frequency and distance of pollen dispersal from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*). Transgenic Research 2: 57-65.
- Scheffler, J.A., Parkinson, R., Dale, P.J. (1995). Evaluating the effectiveness of isolation distances for field plots of oilseed rape (*Brassica napus*) using a herbicide-resistance transgene as a selectable marker. Plant breeding 114: 317-321.
- Schlink, S. (1995) Überdauerungsvermögen und dormanz von rapssamen (*Brassica napus* L.) im boden. Proc 9th EWRS symposium "Challenges for weed science in a changing Europe", 65-72.
- Scott, R.K. (1970). The effect of weather on the concentration of pollen within sugar beet crops. Annals of Applied Biology 66: 119-127.
- Sears, M.K., Stanley-Horn, D.E., Matilla, H.R. (2000). Preliminary report on the ecological impact of Bt corn pollen on the Monarch butterfly in Ontario. University of Guelph.
- Sears, M.K., Hellmich, R.L., Stanley-Horn, D.E., Oberhauser, K.S., Pleasants, J.M., Matilla, H.R., Siegfried, B.D., Dively, G.P. (2001). Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 98: 11937-11942.
- Senior, I.J., Dale, P.J. (1999). Molecular aspects of multiple transgenes and gene flow to crops and wild relatives. In: Lutman, P. J. W. (ed.) BCPC Symposium Proceedings Vol. 72. Gene flow and agriculture - Relevance for transgenic crops. British Crop Protection Council, University of Keele, Staffordshire, 225-232.
- Snow, A.A., Uthus, K.L., Culley, T.M. (2001). Fitness of hybrids between weedy and cultivated radish: Implications for weed evolution. Ecological Applications 11: 934-943.
- Stewart, C.N.J., All, J.N., Raymer, P.L., Ramachandran, S. (1997). Increased fitness of transgenic insecticidal rapeseed under insect selection pressure. Molecular Ecology 6: 773-779.

- Sweet, J. (in prep.). Genetically modified organisms (GMO's): the significance of gene flow through pollen transfer. EEA rapport om biodiversitet.
- Thompson, K., Bakker, J.P., Bekker, R.M. (1997). The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge University Press, Cambridge.
- Timmons, A.M., O'Brien, E.T., Charters, Y.M., Dubbels, S.J., Wilkinson, M.J. (1995). Assessing the risks of wind pollination from field of genetically modified *Brassica napus* ssp. *oleifera*. *Euphytica* 1: 417-423.
- Torgersen, H., Soja, G., Janssen, I., Gaugitsch, H. (1998). Risk assessment of conventional crop plants in analogy to transgenic plants. *Environmental Science and Pollution Research International* 5: 89-93.
- Vigouroux, Y., Darmency, H., Gestat de Garambe, T., Richard-Molard, M. (1999). Gene flow between sugar beet and weed beet. In: Lutman, P.J.W. (ed.) BCPC Symposium Proceedings Vol. 72. Gene flow and agriculture - Relevance for transgenic crops. British Crop Protection Council, University of Keele, Staffordshire, 83-88.
- Waddington, K.D. (1983). Foraging behaviour of pollinators. I: Real, L. (ed.) *Pollination Biology*. Academic Press, Orlando, 213-239.
- Wijnheimer, E.H.M., Brandenburg, W.A., Ter Borg, S.J. (1989). Interactions between wild and cultivated carrots (*Daucus carota* L.) in the Netherlands. *Euphytica* 40: 147-154.
- Wilkinson, J.E., Twell, D., Lindsey, K. (1997). Activities of Camv 35s and Nos promoters in pollen: implications for field release of transgenic plants. *J. Exp. Bot.* 48: 265-275.

6 Muligheder for begrænsning af ukontrollabel GMP-spredning

Gösta Kjellsson¹, Christian Damgaard¹, Lise M. Frohn², Jørgen Brandt², Per Løfstrøm² og Beate Strandberg¹

¹ Afd. for Terrestrisk Økologi, Danmarks Miljøundersøgelser

² Afd. for Atmosfærisk Miljø, Danmarks Miljøundersøgelser

Sammendrag

Der findes en række forskellige analyseredskaber og praktiske tiltag der kan hjælpe med at forudsige og begrænse en spredning af GM-planter og -egenskaber til økologiske marker. Herunder diskuteres anvendeligheden af forskellige modelværktøjer, der er baseret på viden om invasion, hybridisering og introgression, atmosfærisk transport og spredning, pollenfortynding i marken samt frøbankens dynamik. Desuden gennemgås behovene og mulighederne for overvågning af GMP spredningen.

GM-planternes naturlige livscyclus og de kritiske stadier og faktorer, der indgår fra frøspredning, frøbank, spiring, vækst, blomstring og pollespredning, er afgørende for risikoen for spredning og etablering i økologiske marker. Samtidig er disse forhold bestemmende for hvilke dyrknings- og håndteringskrav, der er relevante for de enkelte arter.

Mulighederne for at forudsige invasion på baggrund af planteegenskaber er dårlige. Der findes således ikke gode modeller, der kan forudsige sandsynligheden for, at et transgen spredes til en vild planteart. På grund af de komplicerede genetiske forhold for selektion og tilbagekrydsning er dette meget vanskeligt. Derimod kan historiske oplysninger om udbredelsesmønstre og hybriddannelse måske anvendes til at forudsige den fremtidige spredning.

Det vil være muligt at udvikle modeller, der beskriver den atmosfæriske spredning af pollen over længere afstande. I en skitseret modeltype, der vil kunne udvikles, anvendes informationer bl.a. om pollenkoncentrationer, tidsforløb, horisontal og vertikal spredning, faldhastigheder og afsætning til at forudsige langdistancespredningen. En anden modeltype (pollenfortyndingsmodellen) vil kunne anvendes til at forudsige, hvordan bestøvningen med fremmed GM-pollen aftager fra randen mod midten af den økologiske mark. De to modeller vil kunne bruges til at foreslå afstandskrav mellem GM-marker og økologiske marker samt beregne GM-kritiske sikkerhedszoner for økologiske afgrøder. Modeller for frøoverlevelse i jorden kan bl.a. bruges til at estimere populationsdynamikken og langtids-overlevelsen af GMPer og GM-hybrider i forhold til startpulje, sædskifte og jordbearbejdning

Et forslag til overvågningsprogram for spredning af GMP til økologisk landbrug er skitseret. Forekomst af GM-hybridplanter, GM-afgrødeplanter og kontrol af frøspild i marken, langs veje og friarealer er hovedmål for overvågningen. Forskellige metoder til påvisning af transgener og GM-spredning diskuteres og sammenlignes (billige, upræcise f.eks. morfologiske markører og dyre, præcise analyser af DNA-konstruktionen). Monitering af effekter på nytteorganismer foreslås iværksat, hvis forekomsten af GM-hybrider i omgivelserne er betydelig. En påvisning af spredning

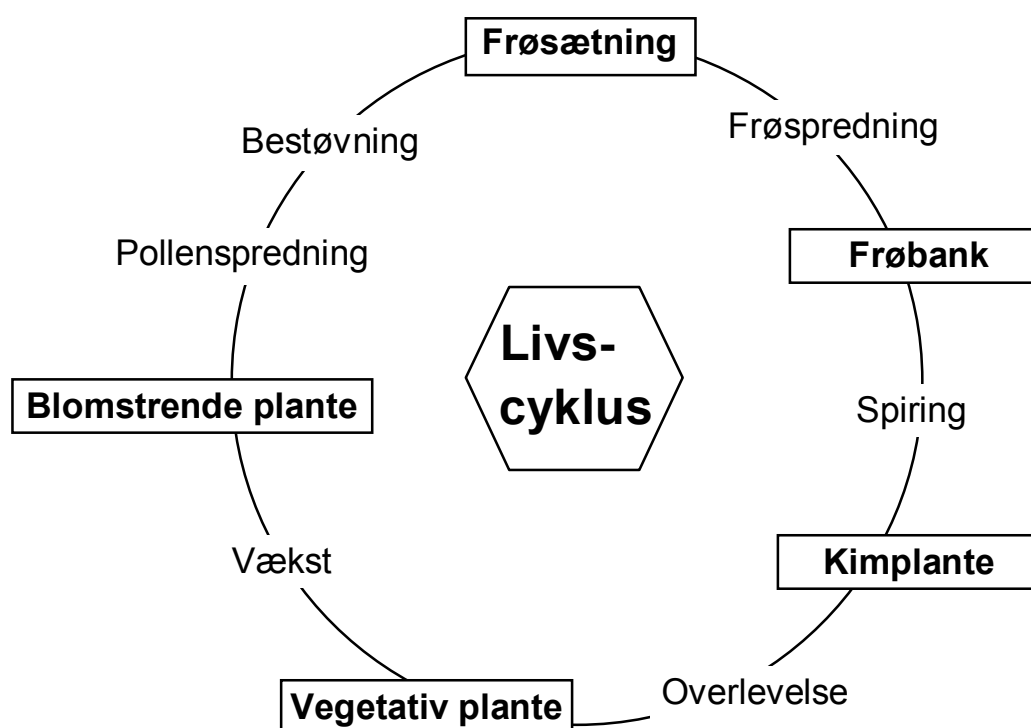
og eventuelle effekter kan kræve overvågning i en længere periode (måske 10 år). Viden om basistilstanden inden en evt. GM-spredning vil gøre det lettere at konstatere ændringer tidligt.

6.1 Indledning

De forskellige måder til at forudsige og i praksis begrænse den ukontrollable spredning af GMP til økologiske marker analyseres i dette kapitel. Mulighederne afhænger af de måder som planter og gener kan spredes på i naturen – ved pollen- og frøspredning, direkte invasion eller hybridisering med andre arter. Muligheden for at forudsige spredning af GMP ved hjælp af planteegenskaber samt modeller for hybridisering og introgression diskuteres. Det

beskrives, hvordan atmosfæriske spredningsmodeller vil kunne anvendes til at forudsige langdistancespredning af pollen. Modeller for bestøvning med GM-pollen i marken og for frøoverlevelse i jorden skitseres. Forskellige metoder til at overvåge GMP spredning diskuteres. Til sidst peges der på behov for yderligere viden og redskaber til at begrænse spredningen af GMP.

En række forskellige kritiske stadier og processer i plantens livscyklus er afgørende for artens spredning og overlevelse på længere sigt (Figur 6.1). Dette gælder også for dyrkede afgrøder, både GMP, konventionelle og økologiske. Her influerer de kritiske stadier for de enkelte arter direkte på mulighederne for at forebygge og begrænse spredningen både i og uden for marken.



Figur 6.1 Kritiske stadier i en plantes livscyklus. Typisk vil planten gennemløbe sin livscyklus i løbet af et (enårige arter) eller flere år (flerårige arter)

Problemstillingerne omkring pollenspredning, bestøvning og hybridisering er behandlet i kapitel 5. Forholdsregler vedr. tærskelværdier og isolationsafstande er omtalt i kapitel 5 og mere indgående behandlet i kapitel 7. Forhold vedr. frøspredning og frøoverlevelse i jorden diskuteres også i kapitel 5 sammen med indflydelsen af dyrkningsmæssige forhold og mulighederne for begrænsning af spredningen.

6.2 Genetiske sprednings- og invasionsmodeller

Der er forskellige muligheder til at forudsige spredningen af GMP til økologiske marker. Således kan der benyttes matematiske modeller til at forudsige spredning af pollen og gener fra en mark med en GM-afgrøde til en økologisk dyrket mark med samme afgrøde. Sådanne modeller kan være en stor hjælp til at analysere fremtidige konsekvenser af bioteknologisk landbrug og foreslå mulige tiltag til at reducere de negative effekter.

Gener kan spredes til naturlige habitater via invasion eller ved introgression og hybridisering med andre arter. Ved invasion forstås at en planteart, f.eks. en GM-afgrøde, spreder sig med frø til et plantesamfund og etableres, hvor den ikke findes i forvejen. Ved introgression forstås at gameter (pollen eller frøanlæg) fra en GM-plante bliver forenet med en gamet fra en nært beslægtet vild art. Den resulterende hybridplante kan derefter med en vis sandsynlighed krydse tilbage til den vilde art og efter en serie af sådanne tilbagekrydsninger vil transgenet med en vis sandsynlighed findes i en plante, som tilnærmelsesvis ligner den vilde art.

Invasion

Muligheden for at forudsige en invasion af specifikke plantearter i nye områder på baggrund af deres biologi har været meget undersøgt, ofte med dårlig sammenhæng med arts-karakterer, men bedre for populationsdata eller historiske oplysninger (Williamson 1999). For mange arter, inkl. ukrudt, nævnes menneskeskabte forstyrrelser af økosystemet som en vigtig forudsætning for, at en invasion kan finde sted (Hobbs, 1989). Anvendelsen af modeller til forudsigelse af GMP invasion er blevet kritiseret, bl.a. på baggrund af historiske data for ukrudts spredning i landskabet (Kareiva et al., 1996). Kommentarer til anvendelsen af forskellige modeltyper til at forudsige GMP invasion findes bl.a. hos Giddings (1999).

Sandsynligheden for, at en GM-afgrøde invaderer en naturlig habitat, kan beskrives ved sandsynligheden for, at planten spreder sig til den naturlige habitat gange sandsynligheden for at planten etablerer sig lokalt (Damgaard, submitted).

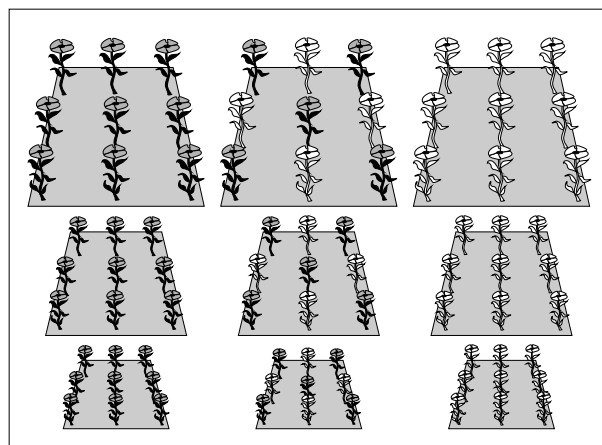
$$P_{\text{invasion}} = P_{\text{spredning}} \times P_{\text{etablering}}$$

Sandsynligheden for, at en plante spreder sig til en bestemt habitat, bestemmes af frøspredningen eller plantens vegetative spredning. Langdistance frøspredning er sjældent forekommende, og det er derfor ikke nemt at forudsige sandsynligheden for, at et frø spreder sig f.eks. 1 km. De mest benyttede spredningsmodeller (f.eks. eksponentielle modeller og "power" kurves) har en tendens til at underestimere "halen" på spredningskurven og inkluderer ofte ikke ekstreme vindsituationer, der fører til langdistance spredning (Bullock, 2000). Det kan derfor være nødvendigt at udvikle alternative modeltyper.

Et udgangspunkt kan være, om det er muligt at forudsige om en plante på sigt vil sprede sig til en habitat eller ikke. GM-afgrøder vil i de fleste tilfælde kunne blive dyrket i det meste af Danmark, og der vil kun være få (om nogen) habitater, hvor man vil kunne udelukke immigration af GM-afgrøder, især hvis man tager den menneskelige transport af planter og frø i betragtning. Det vil derfor være rimeligt for de fleste GM-afgrøder at antage, at immigration til en geografisk specifik habitat ikke vil kunne udelukkes, og at sætte sandsynligheden for at planten spreder sig til habitatet til 1 (Damgaard submitted).

Hvis GM-afgrøden spreder sig til plantesamfundet vil den ikke være alene. Typisk vil planten skulle konkurrere om de begrænsede ressourcer med de andre planter i plantesamfundet, og sandsynligheden for at planten vil etablere sig vil afhænge af de konkurrencemæssige interaktioner med de andre plantearter i samfundet (se figur 6.2). Hvis vi antager, at etableringssandsynligheden hovedsageligt er bestemt af interaktionerne med en eller to plantearter, er det muligt at forudsige etableringssandsynligheden ud fra manipulerede konkurrenceforsøg, en konkurrencemodel og Bayesiansk statistik (Damgaard, 1998; Damgaard submitted).

En simpel Lotka-Volterra konkurrencemodel med diffusion har været benyttet til at modellere spredning af GMP i et spatialt heterogent miljø i konkurrence med en ikke-modificeret plante (Cruywagen et al., 1996). Et resultat af modelleringen var, at invasion i et gunstigt habitatområde, der er isoleret med en ugunstig zone, vil ske, hvis det gunstige område er tilstrækkelig stort. Det blev pointeret, at der endnu mangler feltdata til estimat af konkurrenceparametre.



Figur 6.2 Forsøgsdesign til at teste forskelle i konkurrenceevne mellem en GMP og en ikke-GMP

Introgression

Man ved, at de fleste afgrøder kan hybridisere med vilde arter i dele af deres dyrkningsområde, og at der derfor er en vis genspredning (Ellstrand et al., 1999). En oversigt over dyrkede afgrøder og deres mulige hybrider med vilde slægtninge er vist i Appendiks 5.1. Der findes i dag ikke modeller, som fuldt ud kan forudsige sandsynligheden for, at et transgen etableres permanent i en vild plantearts genpulje. Dette skyldes, at introgressionsprocessen er meget mere kompliceret end eksempelvis invasionsprocessen. Introgressionssandsynligheden vil bl.a. afhænge af følgende faktorer:

- Hybridisering mellem GM-afgrøden og den vilde art, hvilket inkluderer effekter af pollenproduktion, pollenets levedygtighed, bestøvningsbiologi, afstande mellem plantearterne, blomstringstider, etc.
- Eventuelle kromosomale forskelle mellem GM-afgrøden og den vilde art. For eksempel har raps 38 kromosomer og dens vilde slægtning agerkål har 19 kromosomer, hvilket giver et ubalanceret kromosomsæt i de forskellige tilbagekrydsningsgenerationer.

- Hybridgenerationens og de forskellige tilbagekrydsningsgenerationers reproduktionsbiologi samt fitness i det givne miljø og plantesamfund.
- Eventuelle selektionskræfter på transgenet i et naturligt habitat.
- Eventuelle selektionskræfter på gener som sidder koblet til transgenet. Transgenet vil sandsynligvis være koblet til gener, som er selekteret i et agroøkosystem, og derfor forringe fitness i et naturligt økosystem med eksempelvis færre næringsstoffer.

I stedet for at forudsige introgressionssandsynligheden ved at estimere og modellere de ovennævnte faktorer i det komplicerede populationsbiologiske system vil det måske være mere frugtbart at studere den historiske introgressionsproces fra den traditionelle afgrøde til den vilde planteart. Måske vil det være muligt ved hjælp af DNA-sekvensbaserede teknikker samt historiske optegnelser over populationsstørrelser m.m. at opnå et tilstrækkeligt overblik over den historiske genspredning mellem de to arter til at kunne forudsige den forventede genspredning i fremtiden.

6.3 Atmosfæriske modeller for spredning af pollen

Indtil nu har en eksponentiel modeltype (Batemans ligning) været anvendt til at forudsige pollenspredning af rajgræs (*Lolium perenne*), men den har vist sig ikke at være særlig velegnet til at beskrive spredningen, der udviste stor variation i deposition med tid, retning og afstand (Giddings et al., 1997a). En revideret model, der inddrager gennemsnitlig vindretning, gav bedre resultater, men effekter af turbulens og vindhastighed er vanskelige at simulere (Giddings et al., 1997b). En stokastisk model for vindspredning af pollen, der

inkluderer vindretning, vægtfylde og tærskelværdi for pollenfang af vinden, er foreslået af Tufto et al. 1997. En sammenligning med bl.a. eksponentialmodeller viste bedre overensstemmelse med markdata for pollenforurening af frøafgrøder end andre modeltyper.

Der er også udviklet modeller til forudsigelse af pollenspredning af raps med forskellige humlebiarter og honningbier baseret på forsøg med kunstigt pollen (Cresswell et al. 1995). Modellerne indikerede, at hovedparten af pollenet fra en plante afsættes på de nærmeste naboer med pollenspredning i op til 20-40 planters afstand. Modellerne inkluderede ikke spredning i forhold til afstand, men i forhold til biflyvetime.

Disse modeller er meget simple med hensyn til beskrivelsen af den atmosfæriske transport og spredning, som er meget væsentlig for den vinddrevne pollentransport. De processer, som er nødvendige i en model for at beskrive pollenspredning er:

1. Definition af pollenudslippet (tid, varighed og sted).
2. Atmosfærisk transport pga. vinden.
3. Horisontal og vertikal spredning (atmosfærisk opblanding pga. turbulens), både under konvektive (stor opblanding), stabile (lille opblanding) og neutrale forhold.
4. Afsætning af pollen på overfladen, dels pga. tyngdekraften (beskrevet ved en faldhastighed), dels pga. almindelig afsætning på overfladen (beskrevet ved en afsætningshastighed)
5. Viden omkring størrelsesfordeling og faldhastigheder af de enkelte pollentyper.
6. Udvaskning som følge af nedbør.

Modellering af atmosfærisk transport kan udføres ved hjælp af forskellige modeltyper afhængig af afstanden. Tæt på spredningskil-

den er såkaldte Lagrangeske modeller, i hvilke transport af pollen beskrives ved at følge bevægelsen med vinden, bedst egnede. Det er muligt at videreudvikle en eksisterende Lagrangesk model (udviklet på DMU) til dette formål. Denne såkaldte OML-Multi model anbefales for nærværende til brug for miljøeffektvurdering af luftforurening, når nye industrikilder bliver planlagt i Danmark. Modellen kan estimere spredningen af partikler fra punkt- og arealkilder op til ca. 30 km fra kilden ved hjælp af estimering af spredningskoefficienter. Heri indgår fysiske parametre som aerodynamisk ruhedslængde, friktionshastighed, varmeflux, grænselagshøjde etc.). Modellen behandler også horisontal spredning ved svag vind eller ved ændrede vindretninger og beregner indflydelsen fra nærliggende forhindringer. Berkowicz et al. (1986) og Olesen et al. (1992), giver en detaljeret beskrivelse af modellens fysik og modelresultater sammenlignet med målte data.

OML-Multi modellen vil kunne anvendes som værktøj til estimering af vindspredning af pollen fra en GMO afgrøde til andre marker med samme afgrøde. Modelresultater (pollenkoncentrationer som funktion af afstanden til spredningskilden under forskellige meteorologiske forhold) kan hjælpe, når der skal tages forholdsregler til begrænsning i spredningen.

En videreudvikling af OML-Multi modellen til håndtering af pollen kræver en parameterisering af afsætningshastigheden (baseret på faldhastighed og almindelig tøraftsætning). Den atmosfæriske afsætning kan beskrives som en række negative kilder ved overfladen svarende til det, der er implementeret i "the surface depletion model" af Horst (1977). Beregningsområdet kan beskrives ved hjælp af en blanding af pollenudslipskilder og afsætningssegmenter langs med vindretningen, karakteriseret ved udslipsrate og afsætningshastighed. Den negative udslipsrate af et afsæt-

ningssegment er lig med afsætningen i segmentet. Den videreudviklede version af OML-Multi vil kunne beregne tidsserier af koncentrationer af pollen på brugerbestemte geografiske punkter, fra hvilke statistik kan trækkes ud og præsenteres. Beregninger foretaget med modellen kan sammenlignes med eksisterende målinger udført ved brug af pollenfælder.

Modellen kræver information om pollenudslip og meteorologi på timebasis, som kan fås fra vejrudsigtsmodellen, Eta, og fra måledata fra meteorologiske målinger på danske lufthavne. Data fra Eta modellen findes allerede for 1999-2001 og produceres kontinuerligt af DMUs vejr- og luftforureningsprognosesystem. Variationen i pollenafsætningen under forskellige meteorologiske forhold kan vurderes ved at køre OML-Multi modellen med timeintervaller i relevante perioder. Typiske meteorologiske situationer (vindstyrker, vindretninger, turbulens, temperaturer, solstråling, etc.) kan anvendes som basis for simuleringerne. Modellen kan så køres for forskellige vejr-situationer og vigtige GM-afgrøder, hvorved forskellige typer af spredningsmønstre kan vurderes. Det er også muligt at bruge OML-Multi modellen til at estimere effekten af læhegn og fangbælter placeret enten omkring GMO afgrøder eller omkring de økologiske afgrøder.

6.4 Fortyndingsmodel for bestøvning med GM-pollen i marken

Som vist i kapitel 5 aftager den succesfulde bestøvning med pollen fra en anden mark kraftigt, når man bevæger sig fra randen ind i marken. Dette skyldes, at der sker en kraftig fortynding af de fremmede (f.eks. GM) pollen med de pollen, der produceres i marken. Så selv om de fremmede pollen stadigvæk er i

luften, er effekten af dem ringe. De fremmede pollen giver ikke nær så mange succesfulde bestøvningshændelser i midten af marken som i randen.

Fortyndingseffekten som en funktion af afstanden fra markkanten afhænger af:

- antallet af fremmede luftbårne pollen, der falder ned pr. arealenhed, mens blomsterne i marken er modtagelige for bestøvning
- produktion af pollen i marken
- spredning af pollen i marken
- den relative bestøvningsevne af de fremmede pollen (afhænger bl.a. af flyvetid)

Det er muligt at modellere fortyndingseffekten ud fra disse relativt få og simple parametre og dermed opnå et værktøj til at forudsige sandsynligheden af bestøvning fra en GM-mark som en funktion af afstanden til markkanten. Modellen kan gøres afgrødeafhængig og skal testes på en relevant type afgrøde.

Et givet kvalitetskrav/en given grænseværdi til den økologiske afgrøde kan da opfyldes ved at beregne en kritisk afstand fra markkanten, inden for hvilken afgrøden enten ikke er bestøvet af GM-pollen eller ikke overskrider en accepteret grænseværdi og dermed kan sælges som et økologisk produkt. Afgrøden i sikkerhedszonen vil derimod ikke kunne sælges som et GM-frit, økologisk produkt.

6.5 Modeller for frøoverlevelse i jorden

Anvendelsen af modeller for frøbankens dynamik vil være nyttige til at forudsige og vurdere risikoen for langtidsoverlevelse af GM-afgrødeplanter og GM-hybridukrudt.

Frøformerede arters dynamik er bl.a. forsøgt beskrevet ved populationsdynamiske modeller. Populationsdynamiske modeller findes for en række arter (van der Weide, 1990; Wilson & Cousens, 1984; Pekrun et al., 1999). Sådanne modeller giver mulighed for at opnå en forståelse af betydningen af forskellige faktorer for populationsudviklingen. Modellerne giver desuden mulighed for at beregne optimale bekæmpelsesstrategier i forskellige sædskifter (f.eks. Vleeshouwers & Streibig, 1986). For så vidt fremspirede planter bekæmpes inden de får mulighed for at sætte frø, foresimples modellerne væsentligt, da de så alene skal beskrive frøoverlevelsen i jord.

En matriksmodel over populationsdynamikken af ukrudtsraps i marken er blevet foreslået af (Pekrun et al., 1999). Som variable indgår: frøtab under høst, sædskifte, jordfugtighed og ukrudtskontrol i hver rotation. Modellen er ikke blevet valideret, men en sensitivitetsanalyse tydede på, at andelen af spirede rapskimplanter i forhold til frøbankens størrelse var særlig vigtig for udviklingen.

En model for den samlede ukrudtsfrøbanks dynamik med separate livsstadier (fremspiring, overlevelse, frøproduktion, mortalitet efter høst og frøoverlevelse i jorden) viste rimelig overensstemmelse med ændringer i frøbankens størrelse efter 4 år i et markforsøg (Kjellsson & Rasmussen, 1995). Frøproduktion og frømortalitet efter høst af afgrøden syntes at have størst betydning for udviklingen.

Der er udviklet et modelsystem, GeneSys, til at vurdere forskellige sædskiftetyper i forhold til deres risiko for genspredning fra genmodificeret, herbicidtolerant vinterraps til ukrudtsraps (Colbach et al., 2001a, b). Det er en populationsdynamisk model, der inkluderer livs-cyklusparametre for kimplanter, voksne planter, blomster og frøproduktion, samt

ter, blomster og frøproduktion, samt forskellige aspekter af frøbanken i forhold til markbehandling. Modellen søger at integrere effekterne af afgrødeændringer og markhåndtering på et regionalt niveau. Modellen indikerede, at i en mark, hvor der var dyrket GM-raps, vil der efter 12 år med ikke-genmodificeret raps-vinterhvede-vårbyg og brak rotation uden herbicider være mere end 1% GM-ukrudtsraps til stede i jorden. En populationsmodel er også blevet anvendt til at udvikle hypoteser om effekterne af forskellige sædskifter på ukrudtsfrøbanken og -dynamik (Jordan et al., 1995). En sensitivitetsanalyse indikerede, at vinterovelevelsen af frøene var den faktor, der der påvirkede dynamikken stærkest.

Jordbearbejdning er den dyrkningsmæssige faktor, der har størst betydning for frøoverlevelsen. Jordbearbejdning virker spiringsstimulerende (Jensen, 1995) og jordbearbejdning er den enkeltfaktor, der har størst betydning for frøets placering i pløjelaget. Modeller for frøbevægelse i forbindelse med jordbearbejdning findes beskrevet af Yenish & Doll (1992) og Grundy et al. (1999) samt Colbach et al. (2000).

Effekterne af rumlig heterogenitet for spredning i marken samt frøbanksdynamiken er blevet undersøgt hos en græsart, Ager-rævehale (*Alopecurus myosuroides*) ved hjælp af en metapopulations-naboskabsmodel (Gonzalez-Andujar et al., 1999). Modellen indikerede bl.a., at frøspredningen langs rækkerne hovedsagelig skyldtes anvendelse af mejetærsker snarere end jordbearbejdning eller naturlig spredning.

6.6 Overvågning af GM-planter

Et overvågningsberedskab kan fungere som sikkerhedsnet for både den landbrugsmæssige og den økologiske risikovurdering og samtidig

bruges til tidligt at opdage uønskede effekter af GM-afgrøder for økologisk jordbrug. Heri indgår bl.a. muligheden for at påvise GM-spredning til økologiske afgrøder samt effekter af f.eks. insektresistente ukrudtsplanter på nytteinsekter i marken. Kravene til monitorering af pollen- og genspredning fra GM-planter må fastlægges for de enkelte arter, og relevante metoder til påvisning af GMP må udvælges. Foruden forslag til relevante detektionsmetoder indgår vigtige faktorer såsom tidshorisont, arealmæssig variation og statistisk analyse (Kjellsson & Strandberg, 2001).

Der findes en række forskellige metoder til påvisning af spredning og hybridisering mellem GM-afgrøder og beslægtede ukrudtsarter (Oversigt over metoder bl. i: Kjellsson et al., 1997; Simonsen, 1999). De oftest benyttede typer af markører er:

- Proteinmarkører
- Immunologiske metoder
- Herbicidtolerance og antibiotikaresistensmarkører.
- Morfologiske og kvantitative markører
- DNA og RNA markører

Morfologiske markører for transgener (f.eks. bladfarve eller bladtegning) og herbicidtolerancemarkører er lette og billige at anvende, men findes kun i nogle GMP'er. Desuden er de ikke nødvendigvis koblet til andre transgener. Antibiotikaresistens er generelt uønsket i GMP'er og vil derfor blive udfaset, så den er derfor ikke længere aktuell. Proteinmarkører, som f.eks. isozymer, er et velunderbygget redskab til studier af populationsgenetik hos planter og dyr og vil også være anvendelige i denne sammenhæng. Immunologiske metoder, såsom ELISA og Western Blot, kan anvendes til hurtig detektion, men kræver produktion af et specifikt antistof for det specifikke GM-antigen. Den sikreste type markør

vil dog være selve transgenet ("genetic construct"), der bestemmer GM-egenskaberne. Det kræver dog kendskab til de specifikke mulige genkoder enten fra biotek producenten selv eller en evt. fremtidig database med "constructs" i EU-regi. Det er også muligt at bruge "promoteren" til den indsatte egenskab som en mere generel GM-markør. DNA-analyse kræver forskellige specifikke testmetoder som PCR (Polymerase Chain Reaction) eller AFLP (Amplified restriction Fragment Polymorphism), der tidligere har været relativt kostbare og arbejdskrævende (Kjellsson et al. 1997; Simonsen, 1999). Ved valg af metode er det nødvendigt at analysere muligheden for detektion i forhold til forskellige kritiske grænseværdier af GM-indhold.

En forslag til overvågning af GMP spredning til økologiske marker er vist i tabel 6.1. Overvågningen i og uden for marken bør især omfatte ukrudtshybrider, ukrudtsafgrøder og frø-

frøspild. Desuden foreslås at det undersøges, om der sker ændringer i hyppighed og antal arter af nytteinsekter i marken.

Det tidsmæssige perspektiv for en utilsigtet GM-spredning er af betydning for, hvordan den kan begrænses. Således vil sædskiftet have indflydelse på, hvornår og hvordan en eventuel GMP spredning foregår, og hvornår den kan konstateres. Afgrøder som raps og sukkerroe dyrkes normalt kun hvert tredje eller fjerde år i den samme mark. Dette sammen med buffervirkning fra frøbanken gør, at en eventuel GM-ukrudthybrid måske først vil forekomme i sporbar frekvens efter en længere årrække. Samtidig vil eventuelle effekter på andre organismer af f.eks. Bt resistens først kunne konstateres relativt sent (forsinket effekt). Det er derfor nødvendigt, at overvågningen foregår i en længere årrække. Viden om basistilstanden i marken inden en evt. GM-spredning fandt sted vil gøre det lettere at konstatere ændringer tidligt.

Tabel 6.1 Forslag til mål for overvågning af GMP spredning og forekomst af hybrider i økologiske marker og nære omgivelser

Overvågningsmål	Økologisk mark og markrande	Arealer uden for den økologiske mark (veje, friarealer, etc.)
Genspredning (pollen, frø) og etablering af GMP bestande	Hybrider med ukrudt (forsk. afgrøder)	Etablerede hybridbestande (forsk. afgrøder)
	Ukrudtsafgrødeplanter (sekundært etableret fra frø)	Ukrudtsafgrødeplanter, stokløbere (sekundært etableret fra frø)
	Frøspild og spredning med landbrugsredskaber	Frøspild under transport
Effekter på nytteorganismer	Ikke-mål insekter, prædatorer, bier (populationstæthed, diversitet)	Bistader

Randzonen af marken, hvor hyppigheden af ukrudt og dyreliv normalt er størst, vil være det bedste område til overvågning af GM-spredning og tidlig forekomst. Prøvetagning i midten af marken vil dog også være nødvendig som kontrol. Yderligere vil det være relevant at checke tilfældige forekomster af spildafgrøder og hybrider langs markveje og friarealer (specielt raps, se Crawley & Brown, 1995).

Effekter af specifikke indsatte GM-egenskaber (som f.eks. insektresistens) hos hybrider på andre organismer i og uden for marken bør evt. overvåges, hvis der er konstateret GM-hybrider. Dette kan inkludere utilsigtede effekter på ikke-mål organismer såsom bier, predatorer og andre nytteinsekter. Vurdering af eventuelle effekter af insektresistens på bestøvende bier kan udføres som akut toksisitets-test kombineret med undersøgelser af eventuelle adfærdsmæssige ændringer (Picard-Nizou et al., 1997).

På landskabsniveau har det vist sig muligt ved hjælp af "remote sensing" og GIS (geografiske informationssystemer) at identificere de områder, hvor raps (*Brassica napus*) og beslægtede vilde arter (*B. rapa* og *B. oleracea*) findes nær hinanden (Wilkinson et al., 2000). I Danmark findes agerkål primært i (raps-) marker, og metoden er derfor ikke relevant for disse arter (pers. komm. R.B. Jørgensen), men vil måske kunne anvendes på andre afgrøder som f.eks. rød- og hvidkløver. Metoden kan bruges proaktivt til at identificere de områder, hvor der bør ske en overvågning af GMP spredning og forekomst af GM-hybrider. Samtidig kan GIS-baserede oplysninger om afgrøde- og markfordeling i landskabet bruges til at forudsige risikoen for GM-spredning med pollen til økologiske marker ved hjælp af spredningsmodeller.

Nogle af de generelle konklusioner og anbefalinger for monitorering af GMP, der er givet i

Kjellsson (2001), er også relevante for økologisk landbrug:

- Data fra monitorering kan give et tidligt varsel af kommende problemer.
- Monitoreringen skal skræddersys til de relevante formål, f.eks. detektion af pollen-spredning, frøspredning og hybridukrudt.
- Påvisning af effekter af GMP kan kræve indtil 10 års monitorering.
- En opskalering af GMP markforsøg og dyrkning vil øge sandsynligheden for utilsigtet spredning.
- Nye bioteknologiske udviklingstendenser (nye egenskaber, transgen stabling etc.) vil nødvendiggøre ændrede monitoringsprocedurer.

6.6.1 Monitorering af effekter af GM-afgrøder på miljøet i marken

Dyrkningen af afgrøder kan påvirke de organismer, der lever eller søger deres føde i marken, men også processer som f.eks. udvaskning af pesticider afhænger af valget af afgrøde og dyrkningsform. Påvirkningen af ukrudtsfloraen og dyrelivet, f.eks. insekter, fugle eller mindre pattedyr, kan ske såvel direkte som indirekte. I det følgende vil vi gennemgå de overvejelser, der er gjort i forbindelse med en monitoringsplan til undersøgelse af effekter af dyrkningen af Roundup-tolerante GM-foderroer.

Dyrkningen af herbicidtolerante foderroer vil give mulighed for ukrudtsbekæmpelsesstrategier med sprøjtning på et senere udviklingsstadium end ved konventionel roedyrkning. Ukrudtsplanterne vil derfor findes i marken i et længere tidsrum og kan indgå i føden for leddyr (dvs. insekter, edderkopper og mider),

fugle og små pattedyr. Da Roundup er et særdeles effektivt herbicid, kan dyrkningen af Roundup-tolerante afgrøder formodes at medføre en meget effektiv ukrudtsbekæmpelse. Hermed vil frøproduktionen og den pulje af ukrudtsfrø, der skal danne grundlag for de efterfølgende års ukrudtsplanter, gradvist blive reduceret. En særlig monitoringsplan blev

udarbejdet for at kunne overvåge ændringerne på miljøet (Tekstboks 6.1).

Tilsvarende undersøgelser på sukkerroe, raps og majs foretages i England (Farm Scale Evaluations) se f.eks. Butt (2001).

Tekstboks 6.1 Metoder til monitorering af ukrudt og leddyr-faunaen i marken

I forbindelse med forsøgsdyrkning af den Rounduptolerante foderroe har DMU været interesseret i at undersøge, hvordan ukrudt og leddyrfaunaen i marken påvirkes af den ændrede driftsform. Ukrudt og leddyr er undersøgt i fire 20 x 20 m parceller, alle beliggende i en afstand af 5 m til markkanten. Artssammensætning, plantetæthed, biomasse (tørvægt) og frøproduktion er bestemt 5 gange fra primo maj til primo august.

Bestemmelsen af biomasse og frøproduktion er relativt tidskrævende sammenlignet med tætheden, men er væsentlige parametre hvis man interesserer sig for fødemængden for agerlandets dyreliv. Da biomassebestemmelsen er destruktiv er prøvetagningen foregået inden for en 2 m bred transekt ved hver måling. Inden for transekten er ukrudtsfloraen undersøgt i 10 tilfældigt placerede 50 x 50 cm felter, hvor 5 felter ligger mellem rækkerne og 5 felter hen over en række. Leddyrindsamlingerne er foretaget med en Dietrick Vacuum Sampler, en såkaldt D-Vac, som "støvsuger" plantedækket og jordoverfladen og opsamler dyrene i netposer. Ti prøver på hver 0,09 m² blev udtaget i hver parcel. I laboratoriet blev de indsamlede dyr bestemt til orden eller gruppe. Resultaterne af monitorings-undersøgelserne af ukrudt og insekter i et enkelt år (2000) er publicerede i (Elmegaard & Pedersen, 2001).

6.7 Videns- og forskningsbehov

Der er en række af vigtige områder til begrænsning af GMP spredning, hvor konkrete tiltag, redskaber og viden er mangelfuld:

Der er behov for at udvikle konkrete forholdsregler som reducerer den ukontrollable GM-spredning med pollen og frø til de økologiske marker. Disse forholdsregler kan bl.a. inkludere isolationsafstande, jordbearbejdning, høstpraksis og valg af afgrøde.

Der er behov for at udvikle modelredskaber til at forudsige risikoen for GM-pollenspredning. Disse modeller bør indrage faktorer som GM-afgrødeart, vindretning og turbulens som parametre. Modellerne vil bl.a. kunne bidrage til at foreslå isolationsafstande og dyrkningsbetingelser. Der er specielt behov for udvikling af bedre modeller for langdistancespredning af pollen og frø.

Det er nødvendigt at finde dyrkningsmetoder, der reducerer frøspredning og overlevelse i jorden af utilsigtet GMP forekomst i den økologiske mark. Generel viden om frøspredning

og specielt viden om spredning med landbrugsmaskiner er mangelfuld. Hertil vil også modeller over frøbankens udvikling kunne bruges til at identificere kritiske faktorer.

Overvågning af økologiske marker giver mulighed for tidligt at opdage en utilsigtet spredning af GMP. Der er her behov for at tilpasse eksisterende metoder for overvågning af genspredning til at undersøge og kvantificere GMP spredning via pollen og frø til økologiske afgrøder.

Muligheden for at økologisk jordbrug kan anvende informationer fra det kommende monitoringsprogram for GMP under det reviderede EU-direktiv bør undersøges.

Undersøgelser af historiske forløb af introgression mellem dyrkede afgrøder og vilde slægtninge kan give basisviden, der kan bruges til at forudsige spredningshastighed og udbredelse af transgener fra GM-afgrøder i fremtiden.

6.8 Litteratur

- Berkowicz, R., Olesen, H.R. and Torp, U., 1986: The Danish Gaussian air pollution model (OML): Description, test and sensitivity analysis in view of regulatory applications. In: Air Pollution Modeling and its Application V. C. De Wispelaere, F. A. Schiermeier, and N.V. Gillani (eds.). Plenum Press, New York.
- Bullock, J.M., Clarke, R.T. 2000. Long distance seed dispersal by wind: measuring and modelling the tail of the curve. *Oecologia* 124: 506-521.
- Butt, A. 2001. The Farm Scale Evaluations. I: Mieke, A. (ed.) EU-workshop: Monitoring of environmental impacts of genetically modified plants Vol. 45/01. UmweltBundesamt, Berlin, 139-141.
- Colbach, N., Clermont-Dauphin, C., Meynard, J.M. 2001a. GENESYS: a model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers - I. Temporal evolution of a population of rapeseed volunteers in a field. *Agriculture Ecosystems & Environment* 83: 235-253.
- Colbach, N., Clermont-Dauphin, C., Meynard, J.M. 2001b. GENESYS: a model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers - II. Genetic exchanges among volunteer and cropped populations in a small region. *Agriculture Ecosystems & Environment* 83: 255-270.
- Colbach, N., Roger-Estrade, J., Chauvel, B, Caneill, J. 2000 Modelling vertical and lateral seed-bank movements during mouldboard ploughing. *European Journal of Agronomy* 13: 111-124.
- Crawley, M.J., Brown, S.L. 1995. Seed limitations and the dynamics of feral oilseed rape on the M25 motorway. *Proc. R. Soc. Lond. B* 259: 49-54.
- Cresswell, J.E., Bassom, A.P., Bell, S.A., Collins, S.J., Kelly, T.B. 1995. Predicted pollen dispersal by honey-bees and three species of bumble-bees foraging on oil-seed rape: a comparison of three models. *Functional Ecology* 9: 829-841.

- Cruywagen, G.C., Kareiva, P., Lewis, M.A., Murray, J.D. 1996. Competition in a spatially heterogeneous environment: Modeling the risk of spread of a genetically engineered population. *Theoretical Population Biology* 49: 1-38.
- Damgaard, C. 1998. Plant competition experiments: Testing hypotheses and estimating the probability of coexistence. *Ecology* 79: 1760-1767.
- Damgaard, C. (submitted). Quantifying the invasion probability of genetically modified plants.
- Ellstrand, N.C., Prentice, H.C., Hancock, J.F. 1999. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 30: 539-563.
- Elmegaard, N., Pedersen, M.B. 2001. Flora and fauna in roundup tolerant fodder beet fields. NERI Technical Report, No. 349. Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute, Silkeborg.
- Giddings, G.D. 1999. The role of modelling in risk assessment for the release of genetically engineered plants. I: Ammann, K., Jacot, Y., Simonsen, V., Kjellsson, G. (eds.) *Methods for risk assessment of transgenic plants III. Ecological risks and prospects of transgenic plants, where do we go from here? A dialogue between biotech industry and science.* Birkhäuser Verlag, Basel, 31-41.
- Giddings, G.D., Sackville Hamilton, N.R., Hayward, M.D. 1997a. The release of genetically modified grasses. 1. Pollen dispersal to traps in *Lolium perenne*. *Theoretical and applied genetics* 94: 1000-1006.
- Giddings, G.D., Sackville Hamilton, N.R., Hayward, M.D. 1997b. The release of genetically modified grasses. 2. The influence of wind direction on pollen dispersal. *Theoretical and applied genetics* 94: 1007-1014.
- Gonzalez-Andujar, J.L., Perry, J.N., Moss, S.R. 1999. Modeling effects of spatial patterns on the seed bank dynamics of *Alopecurus myosuroides*. *Weed Science* 47: 697-705.
- Grundy, A., Mead, A., Burston S. 1999 Modelling the effect of cultivation on seed movement with application to the prediction of seedling emergence. *Journal of Applied Ecology* 36: 663-678.
- Hobbs, R.J. 1989. The Nature and Effects of Disturbance Relative to Invasions. I: Drake, J. A., al., e. (eds.) *Biological Invasions: a Global Perspective.* John Wiley and Sons Ltd, 389-405.
- Horst, T.W. 1977 A surface depletion model for deposition from a Gaussian plume. *Atmospheric Environment* 11, 41-46.
- Jensen, P. K. 1995 Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. *Annals of Applied Biology* 127: 561-571.
- Jordan, N., Mortensen, D.A., Prenzlow, D.M., Cox, K.C. 1995. Simulation analysis of crop-rotation effects on weed seedbanks. *Amer. J. Bot.* 82: 390-398.
- Kareiva, P., Parker, I.M., Pascual, M. 1996. Can we use experiments and models in predicting the invasiveness of genetically engineered organisms. *Ecology* 77: 1670-1675.

- Kjellsson, G. 2001. Proposals for standard procedures and methods for monitoring GMPs. I: Miehe, A. (ed.) EU-workshop: Monitoring of environmental impacts of genetically modified plants Vol. 45/01. UmweltBundesamt, Berlin, 101-113.
- Kjellsson, G., Rasmussen, K. 1995. Frøpuljens størrelse og dynamik i moderne landbrug 2. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen, København.
- Kjellsson, G., Simonsen, V., Ammann, K., eds. 1997. Methods for risk assessment of transgenic plants. II. Pollination, gene-transfer and population impacts. Birkhäuser, Basel.
- Kjellsson, G., Strandberg, M. 2001. Monitoring and surveillance of genetically modified higher plants. Guidelines for procedures and analysis of environmental effects. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Olesen, H.R., Løfstrøm, P., Berkowicz, R. and Jensen, A.B., 1992: An improved dispersion model for regulatory use - the OML model. In: Air Pollution Modeling and its Application IX, H. van Dop and G. Kallos (eds.). Plenum Press, New York.
- Pekrun, C., Lane, P.W., Lutman, P.J.W. 1999. Modelling the potential for gene escape in oilseed rape via the soil seedbank: its relevance for genetically modified cultivars. In: Lutman, P. J. W. (ed.) BCPC Symposium Proceedings Vol. 72. Gene flow and agriculture - Relevance for transgenic crops. British Crop Protection Council, University of Keele, Staffordshire, 101-106.
- Picard-Nizou, A.L., Grison, R., Olsen, L., Pioche, C., Arnold, G., Pham-Delegue, M.H. 1997. Impact on proteins used in plant genetic engineering toxicity and behavioral study in the honeybee. *Journal of economic entomology* 90: 1710-1716.
- Simonsen, V. 1999. Molecular markers for monitoring transgenic plants. I: Ammann, K., Jacot, Y., Simonsen, V., Kjellsson, G. (eds.) Methods for risk assessment of transgenic plants III. Ecological risks and prospects of transgenic plants, where do we go from here? A dialogue between biotech industry and science. Birkhäuser Verlag, Basel, 87-93.
- Tufto, J., Engen, S., Hindar, K. 1997. Stochastic dispersal processes in plant populations. *Theoretical Population Biology* 52: 16-26.
- Van der Weide, R., & van Groenendael, J. 1990 How useful are population dynamical models: an example from *Galium aparine* L. *Zeitschrift Pfl.krankh. Pfl.schutz, Sonderheft XII*, 147-155.
- Vleeshouwers, L. M., & Streibig, J. C. 1986 How often must we theoretically control weeds?. *Weed Control in Vegetable Production*, 85-98.
- Wilkinson, M.J., Davenport, I.J., Charters, Y.M., Jones, A.E., Allainguillaume, J., Butler, H.T., Mason, D.C., Raybould, A.F. 2000. A direct regional scale estimate of transgene movement from genetically modified oilseed rape to its wild progenitors. *Molecular Ecology* 9: 983-991.
- Williamson, M. 1999. Invasions. *Ecography* 22: 5-12.
- Wilson, B. J., Cousens, R., Cussans, G. W. 1984. Exercises in modeling populations of *Avena fatua* to aid strategic planning for the long term control of this weed in cereals. *Proc 7 int. colloq. on Weed Biology, Ecology and Systematics, COLUMA / EWRS*, 287-294.

Yenish, J., Doll, J.D., Buhler, D.D. 1992. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seeds in soil. *Weed Science* 40: 429-433.

7 Regulering, kontrol og risikovurdering af GM-planter

Svend Pedersen ¹, Gösta Kjellsson ², Jan Pedersen ³ og Gitte Silberg Poulsen ⁴

¹ Plantedirektoratet

² Afd. for Terrestrisk Økologi, Danmarks Miljøundersøgelser

³ Inst. for Fødevarerikkerhed og Ernæring, Fødevarerdirektoratet

⁴ Landbrugs- og Bioteknologikontoret, Skov- og Naturstyrelsen

Sammendrag

Mulighederne for lovmæssigt at regulere og effektivt kontrollere anvendelsen af GM-planter i landbruget er en forudsætning for, at der ikke sker uønskede effekter på miljø og sundhed. Samtidig er det forudsætning for, at en utilsigtet GM-spredning til økologisk produktion kan begrænses. Kendskab til tendenser i den dyrkningsmæssige anvendelse af GMP både i EU og globalt er vigtig for, at økologisk landbrug kan handle proaktivt over for den forventede udvikling.

Forsøgsudsætning og markedsføring af GMP er for nærværende reguleret efter EU-direktivet 90/220/EØF, men et revideret udsætningsdirektiv forventes at træde i kraft til oktober 2002. En række eksisterende EU-direktiver og danske bekendtgørelser om handel og mærkning af frø forventes at få indføjet bestemmelser om tærskelværdier for tilladt indhold af GM-frø i konventionel såsæd. Dette sker bl.a. på baggrund af, at der i 2000 i flere EU-lande blev konstateret iblanding af GM-frø i konventionel såsæd af bl.a. raps og majs importeret fra USA og Canada. Forslag til nye tærskelværdier for GM-indhold i konventionel såsæd samt dyrkningsintervaller og isolationsafstande præsenteres og sammenlignes med de nuværende danske standarder, der for visse arter følger strengere krav.

Reglerne for økologisk jordbrug, hvor genmodificerede organismer for nærværende ikke er tilladt, gennemgås. En udvidet kontrolprocedure for såsæd, foderstof og økologisk produktion beskrives. Baggrunden er bl.a. fundet af GM-iblandet soja i økologisk foder i sommeren 2001.

Analyse af GM-indhold kan bl.a. foretages ved hjælp af det specifikke modificerede DNA eller det tilknyttede protein, som produceres i GM-planten. En kvalitativ analyse kan anvendes, hvis det skal undersøges, om der findes eller ikke findes GM-materiale i frøprøven. Hvis der findes fastsatte grænseværdier, skal GM-mængden bestemmes med kvantitativ analyse. Der mangler i øjeblikket europæiske standarder for GM-analyse og prøvetagning, men der arbejdes for nærværende med at fastlægge disse.

EU-udsætningsdirektivet og det reviderede direktiv (2001/18/EF) inkluderer ikke specifikt effekter af GMO'er på økologisk jordbrug. De generelle bestemmelser vedr. risikovurdering og markedsføring er dog vigtige for flere aspekter. Således vil en markedsførings-tilladelse for en GMP i fremtiden kun gælde 10 år ad gangen, og eventuelle direkte og indirekte, umiddelbare eller langsigtede virkninger på miljø og sundhed skal overvåges.

Skov- og Naturstyrelsen (SNS) er ansvarlig for den samlede miljømæssige risikovurdering i Danmark, der består af en økologisk, en landbrugsmæssig og en sundhedsmæssig del.

Ansøgninger om tilladelse til forsøgsudsætning eller markedsføring risikovurderes af faglige eksperter på disse tre områder. I den økologiske del vurderes især risikoen for, at GM-planten eller dens gener kan spredes uden for det dyrkede areal samt de eventuelle negative effekter på plante- og dyrelivet. I den landbrugsmæssige del lægges hovedvægten på dyrkningsmæssige aspekter og risikoen ved anvendelse af GMP som foder. Sundhedsmæssigt fokuseres der på mulige problemer med giftige stoffer, ernæringsmæssig værdi og allergi for mennesker. Desuden høres ca. 50 interesseorganisationer, deriblandt LØJ. Den endelige tilladelse til forsøgsudsætning i Danmark gives af Miljø- og energiministeren, som endvidere fastlægger den danske holdning til EU-markedsføringsansøgninger.

Hovedparten af 1660 forsøgsudsætninger i EU med i alt ca. 60 plantearter har indtil april 2001 været med genmodificeret majs, raps, roer og kartoffel. De vigtigste modificerede egenskaber var i perioden 1997-2000: Herbicidtolerance (60%), indholdsstoffer (20%), insektresistens (18%), svampe- og virusresistens (10%) og ændrede planteegenskaber (7%). Der er en tydelig tendens til, at antallet af genmodificerede egenskaber pr. plante er stigende.

Hidtil er kun tilladt markedsført følgende GM-planter i EU: 4 typer majs, 1 type soja, og 2 raps og 1 cikoriesalat i EU. Heraf er 1 majs, 1 soja og den ene raps kun tilladt til import, og den anden raps samt cikorie kun godkendt til produktion af frø. For nærværende er der ingen GMP sorter, som er tilladte til dyrkning i Danmark. I Europa har der i 2000 været begrænsede arealer med GM-majs i Spanien,

Bulgarien, Rumænien, Tyskland og Frankrig. På verdensplan er de vigtigste producentlande: USA, Argentina, Canada, Kina, Sydafrika og Australien. Ud af det samlede globale dyrkningsareal udgjorde de vigtigste GM-afgrøder i 2000: Soja (36%), raps (11%), Bomuld (16%) og majs (7%). Det samlede GMP-areal forventes at stige i 2001.

7.1 Indledning

I det følgende behandles de forskellige lov-mæssige aspekter for regulering af GM-afgrøder, og de praktiske muligheder for at kontrollere den utilsigtede spredning af GM-egenskaber og GMP til økologiske produkter. Markedsføring af GM-afgrøder er omfattet af EU-udsætningsdirektivet 90/220/EØF og reguleret ved en række bekendtgørelser, der for nærværende bl.a. omfatter produktion, transport og import. Regulering og kontrol af GM-frø beskrives og vurderes i relation til anvendelse af ikke-økologisk udsæd, gødning og foder. De eksisterende regler for økologisk jordbrug med stikprøvekontrol for GMO-forekomst præsenteres og metoder til prøve-udtagning og analyse diskuteres.

Endvidere beskrives den miljømæssige risikovurdering af GMP, der foretages inden udsætningsforsøg og markedsføring. Risikovurderingen omfatter en lang række forskellige økologiske, landbrugsmæssige og sundhedsmæssige forhold. Selv om der ikke tages specielt hensyn til mulige effekter af GMP for økologisk jordbrug i lovgivningen, er kendskab til risikovurdering og nuværende lovgivning dog vigtig for de økologiske brugere og deres handlemuligheder.

Oplysninger om tendenser i anvendelsen af plantearter og deres genmodificerede egenskaber beskrives for forsøgsudsætninger og markedsføringer af GMP i EU. Desuden gives

der oplysninger om den arealmæssige udvikling i dyrkningen af GMP både for EU og på globalt plan.

7.2 Regulering og kontrol af GM-afgrøder

7.2.1 Regulering og kontrol af GM-frø

Udsætning i miljøet (dvs. forsøgsudsætning og markedsføring) af genetisk modificerede planter reguleres i Danmark efter lov nr. 356 af 6. juni 1991 om miljø og genteknologi. Bestemmelserne i udsætningsdirektivet 90/220/EØF er gennemført i bekendtgørelse nr. 1098 af 11. december 1992 om godkendelse af forsøgsudsætning og markedsføring af genetisk modificerede organismer med efterfølgende ændringer.

I en række EU-direktiver om handel med frø og læggekartofler (se Bilag 1) findes der i dag bestemmelser om mærkning af genetisk modificerede frø og læggekartofler. Disse bestemmelser er gennemført i danske bekendtgørelser (Bilag 1). Ligeledes findes der i to direktiver om henholdsvis den fælles sortliste over landbrugsplantearter samt om handel med grønsagsfrø (Bilag 1) bestemmelser om gennemførelse af en miljørisikovurdering af genetisk modificerede sorter samt om mærkning af sådanne sorter på sortslister og i salgskataloger. Bestemmelserne heri er ligeledes gennemført i en dansk bekendtgørelse (Bilag 1).

På trods af disse allerede gennemførte ændringer skal der ifølge EU-Kommissionens Hvidbog om Fødevarer sikkerhed (1999) gennemføres yderligere ændringer vedrørende genetisk modificerede frø i direktiverne om handel med frø og læggekartofler. Ændringerne omfatter bl.a. fastsættelse af højere krav til renhed med hensyn til tilfældigt forekom-

mende tilstedeværelse af genetisk modificerede frø i frøpartier af traditionelle plantesorter.

Behovet for disse ændringer blev aktualiseret i foråret 2000, da der i flere EU-medlemsstater blev konstateret iblanding af genetisk modificerede frø i partier med konventionel såsæd af raps, majs og bomuld importeret fra USA og Canada.

Som følge heraf blev der i "Den Stående Komité for Frø og Plantemateriale henhørende under Landbrug, Havebrug og Skovbrug" udarbejdet en midlertidig handlingsplan for kontrol af konventionel såsæd af raps, majs, roer, bomuld, soja og tomat for tilstedeværelse af genetisk modificeret frø. Handlingsplanen fastsatte bl.a. en midlertidig grænseværdi for tilladt indhold af godkendte genmodificerede frø i konventionel såsæd.

I maj 2001 har Kommissionen udsendt et arbejdsdokument til drøftelse i Den Stående Komité for Frø med et direktivforslag, som følger op på hvidbogens anbefalinger samt på handlingsplanen. Direktivforslaget omfatter fastsættelse af tærskelværdier for tilladt indhold af godkendte genmodificerede frø i frøpartier af konventionelle plantesorter samt de deraf følgende krav til isolationsafstande til marker med genmodificerede afgrøder og dyrkningsintervaller efter genmodificerede afgrøder (se Bilag 2). Indhold af genetisk modificerede frø, som ikke er godkendt til markedsføring i EU, er ikke tilladt. Herudover omfatter forslaget bestemmelser om hensigtsmæssig praksis med hensyn til såning, dyrkning, høst, transport og oplagring.

For så vidt angår isolationsafstande ved produktion af såsæd foreslås for de fleste afgrøder ingen ændringer i de eksisterende afstande, der er gengivet i frøhandelsdirektiverne, forudsat at yderligere foranstaltninger, som fysiske barrierer eller pollenbarrierer, tages i

anvendelse (Bilag 2). Undtaget herfra er bederoer henholdsvis raps- og rybshybrider, hvor isolationsafstandene foreslås øget betragteligt (med en faktor 2 for bederoer henholdsvis en faktor 10 for raps- og rybshybrider).

Derimod foreslås der indførelse af specifikke dyrkningsintervaller ved frøavl mellem afgrøder af samme art eller nært beslægtede arter for dyrkning på den samme mark. Dyrkningsintervallerne varierer fra et til fem år afhængigt af planteart (Bilag 2). Den hidtidige formulering i frøhandelsdirektiverne har været, at "marken i tilstrækkelig grad skal være fri for selvsåede planter fra tidligere dyrkning".

I de danske fremavlsregler eksisterer der imidlertid for visse arter strengere krav til dyrkningsintervaller end foreslået i arbejdsrapporten (f.eks. 6-16 år for arter af Brassica og 8 år for bederoe). Danmark vil under forhandlingerne om forslaget arbejde for, at direktivet kommer til at følge de strengere danske avlsnormer. De nuværende danske krav til dyrkningsafstand, sortsrenhed og dyrkningsinterval ved avl af konventionelle frø til såsæd fremgår af tabel 7.1.

Som følge af EU-handlingsplanen for kontrol af konventionel såsæd for tilstedeværelse af genetisk modificeret frø etableres der fremover i Danmark stikprøvekontrol for indhold af GMO i importeret såsæd fra lande uden for EU af de relevante arter omfattet af handlingsplanen. Denne kontrol etableres i et samarbejde mellem Skov- og Naturstyrelsen og Plantedirektoratet.

7.2.2 Nye regler for sporbarhed, mærkning og markedsføring af GM-fødevarer og foderstoffer

Der er i juli 2001 fremsat forslag om nye regler for sporbarhed og mærkning af GMO'er samt markedsføring af GM-fødevarer og foderstoffer i EU. Forslagene er beskrevet i Bilag 3 og 7.4.

7.2.3 Regler for økologisk jordbrug

Ifølge EU's forordning nr. 2092/91/EØF om økologisk produktionsmetode for landbrugsprodukter og om angivelse heraf på landbrugsprodukter og levnedsmidler (med senere ændringer) er anvendelse af GMO'er og afledte produkter heraf ikke tilladt inden for økologisk jordbrug.

Det fremgår af præamblen til indføjesen af de særlige regler for økologisk husdyrhold i rådsforordningen (EF 1999), at genetisk modificerede organismer og produkter afledt heraf ikke er i overensstemmelse med de økologiske produktionsmetoder. For at fastholde forbrugernes tillid til den økologiske produktion må der ikke anvendes GMO, dele af disse eller produkter afledt af disse i produkter, der mærkes som økologiske.

Det nuværende kontrolsystem inden for økologisk jordbrugsproduktion er reguleret af ovennævnte rådsforordning, hvoraf det blandt andet fremgår, at der ud over uanmeldt inspektion som minimum skal gennemføres en årlig kontrol af autoriserede primærbedrifter og virksomheder. Økologikontrollen udgør på nuværende tidspunkt ikke en analysekontrol af varer, men derimod kontrol af fysiske forhold og regnskaber.

Tabel 7.1 Nuværende danske krav til dyrkningsafstand, sortsrenhed og dyrkningsinterval ved avl af sædekorn og markfrø for henholdsvis basisfrø og certificeret frø (C1-generationen).

	Afgrøde	Basisfrø			Certificeret frø (C1)		
		Afstandskrav	Indblanding	Interval	Afstandskrav	Indblanding	Interval
Selvbestøvende	Byg	0 m	0,1%	2 år	0 m	0,3%	2 år
	Hvede	0 m	0,1%	2 år	0 m	0,3%	2 år
	Havre	0 m	0,1%	2 år	0 m	0,3%	2 år
	Markært	1 m	0,3%	2 år	1 m	1%	2 år
	Triticale	50 m	0,3%	2 år	20 m	1%	2 år
Fremmedbestøvende	Rug & triticale (fremmedbestøvede)	300 m	1 pr. 30 m ² (rug)	2 år	250 m	1 pr. 10 m ² (rug)	2 år
	Rug; hybrider	600-1.000 m	1 pr. 30 m ²	2 år	500 m	1 pr. 10 m ²	2 år
	Majs; indavlede linier & simple hybrider	200 m	0,1%	2 år	200 m	0,2%	2 år
	Majs; åbent bestøvede	200 m	0,5%	2 år	200 m	1%	2 år
	Raps; selvertil	200 m	0,1%; 0,3% (foder)	6 år*	100 m	0,3%; 1% (foder)	6 år*
	Raps; hybrider & sammensatte sorter	500 m	0,1-5%	6 år*	300 m	10 %	6 år*
	Roer	1.000 m	-	8 år	800 m	-	8 år
	Græsmarksplanter	200 m	1 pr. 20-50 m ²	5 år**	50-100 m	1-6 pr. 10 m ²	3 år
	Engrapgræs; enklonedede sorter	200 m	0,3%	5 år	50-100 m	2%	3 år
	Hestebønne	400 m	0,3%	2 år	200 m	%	2 år

* Imellem frøavl af sorter med forskelligt indhold af erucasyre og/eller glucosinolater dog 8 år.

** For græsmarksbælgplanter dog 7 år.

Hvad angår kontrol for GM-indhold, vil en fuldstændig kontrol af samtlige partier frø, foder, udplantningsplanter m.m. ikke være praktisk mulig at gennemføre. Det vil derfor være nødvendigt at indføre et kontrolsystem baseret på egenkontrol i virksomhederne og en stikprøvekontrol på primærbedrifterne baseret på dokumentation og analyser udført af Plantedirektoratet. På denne måde vil det være myndighedernes rolle at føre tilsyn med, at virksomhedernes egenkontrol fungerer samt at udtage stikprøve på primærbedrifterne.

Det kan være vanskeligt at kontrollere anvendelsen af GMO-hjælpestoffer i økologisk jordbrug (veterinærmedicin, gødning, biologiske bekæmpelsesmidler). På nuværende tidspunkt kontrolleres hjælpestofferne ved gennemgang af indholdsdeklarationer, men større analyser vil kunne afsløre eventuelt indhold af GMO, afhængig af produktets karakter.

Kontrollen af GMO i den økologiske produktion er p.t. primært baseret på oprindelsesdokumentation, suppleret med stikprøveanalyser af fodermidler og udsæd. Endvidere vil det i de tilfælde, hvor der ved dokumentationskontrollen opstår tvivl om der er tale om utilsigtet forurening eller direkte opblanding af GMO i et økologisk produkt, fremover blive nødvendigt med kontrolanalyser. Såfremt analyser skulle vise et indhold af GMO, vil det konkret skulle vurderes, om dette indhold sandsynligvis stammer fra en direkte opblanding/anvendelse, eller om der er tale om en utilsigtet forurening.

Plantedirektoratet udtager i 2001 ca. 400 prøver, hvoraf hovedparten af prøverne udtages hos foderstofvirksomheder. Alle virksomheder der handler med økologiske varer er omfattet af kontrollen. Dette gælder således både foderstof- og såsædsvirksomheder. Der tages prøver af importeret majs, raps og soja. Prø-

verne tages fra færdige foderblandinger, hvori ovennævnte produkter indgår.

På grund af risiko for kontaminering af den økologiske afgrøde i flere produktionsled vil en udvidelse af kontrollen fremover være sandsynlig. Kontrollen vil omfatte importlandet, leverandører af såsæd, foderstoffirmaer og de økologiske primærproducenter. Kontrollen på primærbedrifterne vil omfatte gennemgang af produktionen, herunder afstandskrav mellem GM-afgrøder og ikke-GM-afgrøder, gennemgang af dokumentation for GMO-frihed samt prøvetagning og laboratorieanalyse. Kontrollen på forsyningsvirksomhederne vil omfatte gennemgang af produktion og dokumentation samt prøvetagning og laboratorieanalyse.

7.2.4 Prøveudtagning og analyse af GM-indhold

De mest præcise og følsomme analysemetoder af GM-indhold baserer sig på analyse af det specifikke DNA, som er blevet indsat i en GMO eller i en GMP. Andre metoder omfatter analyse af det eventuelle specifikke protein, som produceres i GMO'en, eller udførelse af bioassays for f.eks. herbicidtolerance. En GMO-analyse kan foregå som en kvalitativ eller en kvantitativ analyse. Den kvalitative analyse bruges til analyse af, om et produkt indeholder GM-materiale (detektion) samt til eventuel identifikation af dette, medens den kvantitative analyse bruges til at bestemme mængden af GM-materiale i produktet.

Såfremt der i den økologiske sektor opretholdes et totalt forbud mod indhold af GM-materiale, vil en kvalitativ analyse for tilstedeværelse af GMO være tilstrækkelig i økologikontrollen. Derimod vil det med en eventuel vedtagelse af grænseværdier for maksimalt

tilladt GM-indhold blive nødvendigt at supplere med kvantitative analyser for at kontrollere, om grænseværdierne bliver overholdt. Variation af prøvematerialet og usikkerhed på analyseresultaterne vil dog stille store krav til prøveantal og ressourcer, hvis der skal måles til en grænseværdi under 1% GM-indhold.

Der foretages i dag rutinemæssige GMO-analyser af soja og majs i frø, foder og fødevarer hos såvel offentlige som private laboratorier. Der er imidlertid endnu kun udviklet få internationalt validerede standarder for prøvetagning og analyse af GMO'er. Som følge heraf foregår der et stort arbejde med at udvikle standardiserede metoder til dette. Således arbejdes der for øjeblikket på at udvikle standarder for prøvetagningsmetoder, kvalitative og kvantitative DNA-baserede metoder samt proteinbaserede metoder under den europæiske standardiseringsorganisation CEN. Standarderne forventes at blive færdige i perioden 2002-2004. Der følger herefter et arbejde med at validere standarderne ved ringanalyser.

En arbejdsgruppe under EU's Stående Komité for Frø har i 2001 udarbejdet udkast til prøvetagnings- og analysemetoder til detektion af GM-frø i konventionel udsæd. Disse metoder skal anvendes i forbindelse med kontrollen med overholdelsen af de kommende regler om grænseværdier for tilladt indhold af GM-frø i konventionel udsæd. Endvidere er der i EU-regi etableret et netværk af officielle GMO-analyselaboratorier ("European Network of GMO Laboratories") inden for områderne miljø, fødevarer, foder og frø. Formålet med oprettelsen af netværket er at sikre europæisk harmonisering af udvikling af metoder til detektion, identifikation og kvantificering af GMO'er. Netværket koordineres af EU's Joint Research Centre.

7.3 Miljømæssig risikovurdering af GMP

Der må ikke udsættes GMO'er i Danmark uden, at der på forhånd er givet en tilladelse hertil. Dette fremgår af den danske lov om miljø og genteknologi, der bl.a. implementerer udsætningsdirektivet (90/220/EØF) i dansk ret. Udsætningsdirektivet er netop blevet revideret, idet der bl.a. er sket en opstramning af risikovurderingen, således at både direkte, indirekte, umiddelbare, forsinkede og kumulative langsigtede virkninger skal medtages. En tilladelse til markedsføring vil for eftertiden kun gælde i 10 år og vil være ledsaget af et krav om overvågning. Det nye direktiv åbner mulighed for, at etiske spørgsmål af generel karakter kan forelægges en etisk komité. Det nye direktiv nævner ikke specifikt hensynet til økologisk jordbrug.

Vedtagelsen af det nye udsætningsdirektiv (2001/18/EF) betyder, at den danske genteknologilov skal revideres. Lovændringen skal være på plads senest i oktober 2002. Lovændringen vil medføre ændringer i den danske behandling af de konkrete sager, idet bl.a. placeringen af forsøgsudsætninger skal offentliggøres.

Skov- og Naturstyrelsen er ansvarlig for behandlingen af ansøgninger om tilladelse til såvel forsøgsudsætning som markedsføring. Som led i behandlingen af de konkrete sager indhentes ekspertvurderinger af risici for miljø, landbrug og sundhed fra Danmarks Miljøundersøgelser, Plantedirektoratet og Institut for Fødevarer og Ernæring (se efterfølgende afsnit). Der gennemføres desuden en høring af ca. 50 interesseorganisationer, forskningsinstitutioner og myndigheder bl.a. Danmarks Naturfredningsforening, Greenpeace, Foreningen af Bioteknologiske Industrier, Landbrugsorganisationerne, LØJ og Forskningscenter Risø. På denne baggrund

udarbejder Skov- og Naturstyrelsen et notat med indstilling til afgørelse. Tilladelse til forsøgsudsætning er en national afgørelse, der træffes af miljø- og energiministeren efter orientering af folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg. En tilladelse til markedsføring gælder som udgangspunkt i hele EU, og den danske holdning til de konkrete sager fastlægges af miljø- og energiministeren efter orientering af folketinget.

Generelle vurderinger og procedurer

Arbejdsopgaverne for både den landbrugsmæssige, den økologiske og den sundhedsmæssige risikovurdering omfatter kommentering og vurdering af andre EU-landes forsøgsudsætninger og markedsføringsansøgninger samt vurdering af tilsvarende danske forsøgsudsætninger og markedsføringssager. Ansøgninger om forsøgsudsætninger og markedsføringssager bliver fremsendt i summarisk form som et Summary Notification and Information Format, SNIF. For markedsførings-sager skal der yderligere foreligge en egentlig ansøgning med uddybende bilag. Det reviderede udsætningsdirektiv 2001/18/EF (EU-Kommissionen 2001), der efterfølger 90/220/EØF, vil i fremtiden udgøre det lovmæssige grundlag for selve risikovurderingen.

Forsøgsudsætningerne er som regel af begrænset arealomfang, med kendt beliggenhed og ofte allerede under opstart. *Kommentarerne til forsøgsudsætningerne* søges udformet som en konstruktiv påpegning af risikoelementer, som ansøgerlandet eventuelt har overset, med forslag til tiltag som reducerer risici eller påpeger nye forsøgsdata, der er nødvendige. De danske kommentarer af *udenlandske forsøgsudsætninger* har dog ingen formel indflydelse på forsøgene. Der kan heller ikke indhentes yderligere oplysninger fra ansøgeren/ansøgerlandet. Derfor fokuseres der i kommenteringen på forhold, der vil være relevante for en

eventuel senere markedsføringsansøgning. Ansøgerlandet ved således allerede på et tidligt stadium, at der kan blive gjort indsigelser fra dansk side, hvis der i en senere markedsføringsansøgning er forhold, der er mangelfuldt belyst. En oversigt over forsøgsudsætninger i EU er vist i Afsnit 7.4.1.

Markedsføringsansøgningerne risikovurderes på grundlag af et fuldstændigt dossier med alle oplysninger om GM-planten. Der kan om nødvendigt indhentes yderligere oplysninger fra ansøgeren via EU-kommissionen. Når en GMP først er markedsført til dyrkning, er den arealmæssige anvendelse normalt uden begrænsninger, og den eksakte beliggenhed af markerne er normalt ikke kendt. Der har ikke været nye markedsførings-sager i den forløbne periode under "moratoriet". Nye markedsføringsansøgninger forventes at blive fremsendt, når procedurer til mærkning, sporing og monitorering er vedtaget for det ny udsætningsdirektiv 90/220/EØF, senest i oktober 2002.

7.3.1 Økologisk risikovurdering af GMP

Den *økologiske risikovurdering* af genmodificerede planter (GMP) udføres ved Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Afd. for Terrestrisk Økologi, Silkeborg, hvor der er forskning og faglig kompetence inden for området. Denne risikovurdering inkluderer udelukkende effekter på naturen, men ikke effekter for økologisk landbrug. Hensynet til naturens velbefindende og de levende organismer er dog en fælles basis for begge. En række mulige økologiske risici indgår i risikovurderingen af genmodificerede planter og er samtidig vigtige at kunne forudsige for at undgå miljøskader i naturen (Tiedje et al., 1989; Kjellsson, 1997; Kjellsson et al., 2001; Damgaard et al., 1998). Først vurderes om der er risiko for spredning og invasion af GM-afgrøden eller transgenet

til andre habitater (naturområder), eller om GM-planter kan overleve og spredes i selve det dyrkede areal:

- GM-planterne kan spredes direkte via frø og invadere naturområder.
- GM-planterne kan sprede deres gener i naturen ved at krydse med nærtbeslægtede vilde plantearter.
- GM-planterne kan sprede deres gener til ikke genmodificerede afgrøder.
- GM-planterne kan sprede deres gener til andre GM-afgrøder således at der fremkommer nye kombinationer (genetisk stabling) af egenskaber, som f.eks. multiresistens.

Dernæst inddrages de mulige effekter på andre organismer i vurderingen og sandsynligheden for, at dette har negative konsekvenser for miljøet:

- De indsatte egenskaber kan have uønskede direkte effekter på ikke-målorganismer i marken eller omgivelserne (f.eks. jordfaunaen, insekter og fugle).
- De indsatte gener kan forårsage indirekte effekter på fødekæderne i marken eller omgivelserne (f.eks. prædatorer som nytteinsekter og fugle).
- GM-afgrøden eller dens hybrider kan blive problemukrudt i marken, hvilket kan medføre ændrede driftsformer og markbehandling (f.eks. brug af nye pesticider), der påvirker plante- og dyrelivet negativt.
- GMP med ændrede indholdsstoffer kan påvirke planter og dyr i marken samt jordbundens biotiske og abiotiske egenskaber.

Et indgående kendskab til den ikke-modificerede plantes biologi (inkl. livscyklus, formering, vækstkrav og udbredelse) og muli-

ge ændringer hos GM-planter er nødvendig for at kunne foretage en grundig økologisk risikovurdering. Under selve vurderingen benyttes også nogle generelle principper for at gøre vurderingen ensartet og videnskabelig forsvarlig, bl.a.:

- case-by-case: De enkelte ansøgninger (planteart, indsatte egenskaber, etc.) bedømmes "sag for sag".
- step-by-step: Viden om GMO indsamles trinvis via indesluttede laboratorieforsøg over små-skala markforsøg til kommerciel dyrkning i stor-skala.
- Eventuelle effekter af GMP vurderes på baggrund af en sammenligning med den tilsvarende ikke-GM-plante eller sort.

Ansøgninger om forsøgsudsætninger (SNI-Fer) fra de forskellige EU-ansøgerlande gennemgås og kommenteres hos DMU med hen syn til risiko for spredning og uønskede økologiske effekter på miljøet, der kan tænkes at opstå som følge af udsætning og dyrkning under markforhold (se ovenfor). Kommentarerne omhandler primært de miljømæssige aspekter i Danmark af GMP udsætning i andre EU-lande eller senere dyrkning herhjemme. For de *danske forsøgsudsætninger* er kravene til behandling af sagerne udvidet i forhold til de udenlandske forsøgsudsætninger med bl.a. mulighed for indhentning af yderligere oplysninger, mulighed for krav om miljørelevante undersøgelser og krav til indeslutningsforanstaltninger og efterbehandling af forsøgsarealer.

Risikovurderingen af *Markedsføringsansøgningerne* udføres som anført ovenfor under "generelle procedurer". Nye oplysninger på allerede godkendte eller afventende markedsføringssager kræver jævnligt kommentering og evt. revurdering.

7.3.2 Landbrugsmæssig risikovurdering af GMP

Den landbrugsmæssige risikovurdering af GM-afgrøder bliver foretaget af Plantedirektoratet.

Ved risikovurdering af forsøgsudsætninger i Danmark lægger Plantedirektoratet særlig vægt på, om de foreslåede foranstaltninger til begrænsning af spredning af pollen til omgivelserne, samt om efterbehandlingen af forsøgsarealet er tilstrækkelige.

I EU-markedsføringssager lægger Plantedirektoratet hovedvægt på at vurdere risikoen ved dyrkning og omsætning af den genetisk modificerede plante samt ved dennes eventuelle anvendelse til foder. Relevansen af de enkelte punkter på nedennævnte liste over faktorer, der indgår i vurderingerne, varierer fra sag til sag, ligesom yderligere aspekter, som ikke er opført på listen, kan blive inddraget.

Forsøgsudsætning

Minimering af pollenspredning

- overholdelse af isolationsafstande
- etablering af værn

Efterbehandling af forsøgsareal

- overvågning af fremspiring af genmodificerede spildplanter
- destruktion af eventuelt fremspirende genmodificerede spildplanter

Markedsføring

Karakteristika ved den genetisk modificerede plante

- det indsatte genetiske materiale
- hvor og hvor meget de indsatte gener udtrykkes
- hvor stabilt de indsatte gener udtrykkes

- hvor stabilt de indsatte gener nedarves

Dyrkningsmæssige aspekter

- spredning af transgener til vilde slægtninge (ukrudt)
- spredning af transgener til nabomarker
- ændringer i etablerings- og overlevelses-evne
- effekter på sædskiftet (spildplanteukrudt i efterfølgende afgrøder)
- effekter på markens dyreliv (nyttedyr/insekter)
- eventuelle effekter på anvendelsen af pesticider

Foderanvendelse

- ændringer af kemisk sammensætning
- indhold af toksiner
- ændring af næringsværdi
- oplysninger fra fodringsforsøg med målhusdyr
- eventuel restkoncentration af pesticider i foderet
- eventuel overførsel af antibiotikaresistensgener til tarmbakterier

Mærkning

- sikring af tilstrækkelig mærkning i dyrkningsleddene (sortslistor, salgsmateriale, emballage, ledsagedokumenter, etc.)

Sideløbende med ansøgning om markedsføringsgodkendelse i EU skal en GM-landbrugsplante eller grønsag i lighed med konventionelle sorter gennemløbe en officiel sortsafprøvning, der varer minimum 2 år. Indtil videre er der godkendt en GM-foderroesort og tre sukkerroesorter til optagelse på den danske sortsliste, men den endelige sortslisteoptagelse afventer en EU-

markedsføringsgodkendelse for henholdsvis foderroen og sukkerroerne.

For så vidt angår pryddplanter skal disse ikke godkendes med henblik på sortslisteoptagelse.

En oversigt over de hidtidige EU-markedsføringsansøgninger vedrørende genetisk modificerede planter er gengivet i Bilag 5. Det fremgår endvidere af oversigten hvilke genmodificerede planter, der er blevet godkendt som sorter.

7.3.3 Sundhedsmæssig risikovurdering af GMP

Ansvar for den sundhedsmæssige risikovurdering af GMP i forbindelse med udsætning, dyrkning og handel ligger hos Institut for Fødevaresikkerhed og Toksikologi (IFT) under Fødevaredirektoratet. IFT er faglig rådgiver for SNS i sager vedrørende genteknologi. Hertil er det IFT's opgave at foretage en grundig vurdering af de konstruktionsmæssige forhold i forbindelse GMP. Det faglige grundlag for at foretage den sundhedsmæssige risikovurdering er baseret på erfaringer indenfor traditionel toksikologi og risikovurderinger samt internationale diskussioner om GMP (ILSI 1995, IFBC 1990, NNT 1991, WHO 1991, OECD 1993, WHO 1993, WHO 1995, WHO 1996, NNT 1996, WHO 2000, VIB 2001).

Formålet med den sundhedsmæssige vurdering er at bedømme, om de transgene planter giver anledning til nye sundhedsmæssige problemer, herunder både akutte effekter og langtidseffekter.

De sundhedsmæssige problemer, der kendes fra traditionelle planter og som vil være de samme problemer, som kan forventes at kunne forekomme ved gensplejsede planter, er:

- Højt indhold af giftige stoffer i planten.
- Ændring af den ernæringsmæssige værdi, f.eks. lavt vitaminindhold.
- Indhold af antinutritionelle stoffer.
- Indhold af stoffer som giver allergiske reaktioner

De ovennævnte mulige sundhedsmæssige problemer er gældende for såvel mennesker som for dyr.

Inden en plante underkastes undersøgelser for at afdække, om den sundhedsmæssige værdi er ændret, er det vigtigt at vurdere:

- Plantens indeslutning
- De forventede mest sandsynlige sundhedsmæssige problemer
- Anvendelse af planten

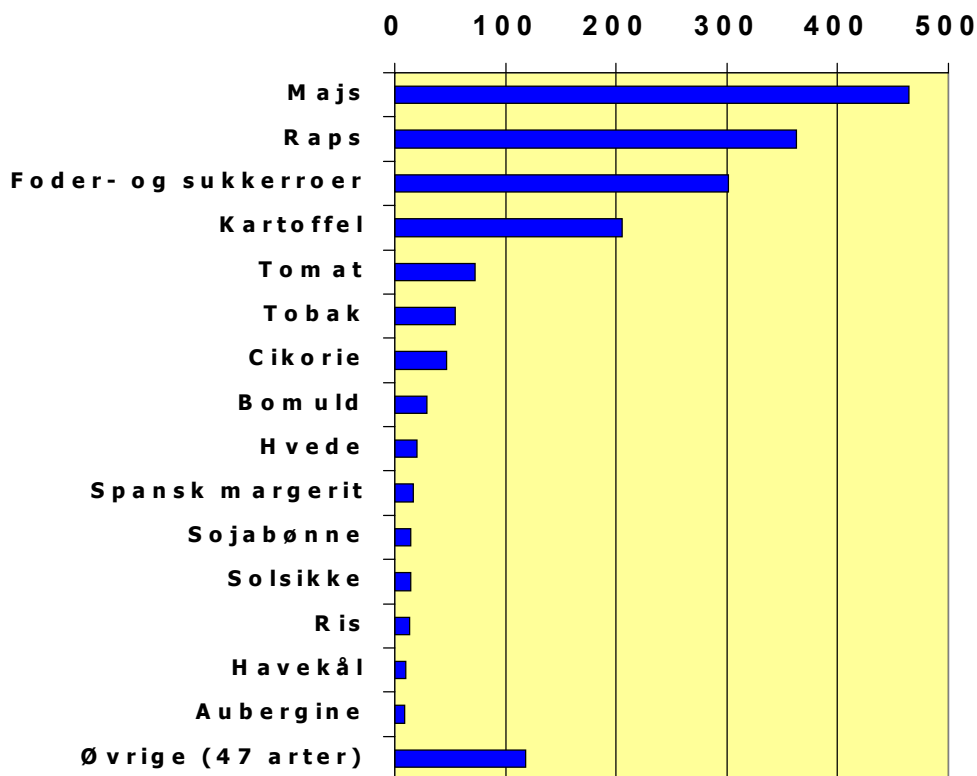
I forbindelse med det første punkt er det ofte således, at transgene planter, som forsøgsudsættes, er relativt godt indesluttet. Dette betyder, at man på dette trin ikke forlanger generelle toksikologiske undersøgelser af planten. Dette svarer til almindelig forædlingspraksis. Hvis den transgene plante kan sprede pollen til andre levnedsmiddelplanter uden for forsøgsfeltet, er det vigtigt at vurdere, ud fra selve den ændring som er foretaget ved gensplejsningen, om denne eventuelle krydsning umiddelbart giver anledning til betænkeligheder.

Ved den videre forædling i stor skala, hvor planternes indeslutning ophæves, må det igen overvejes, om der ud fra konstruktionen og observationer i tidligere forsøgsfelt er nødvendigt med nærmere undersøgelse af de sundhedsmæssige aspekter. Der foretages altså en trin for trin vurdering af nødvendigheden for at få yderligere oplysninger. Krav om dyreforsøg og egentlige toksikologiske undersøgel-

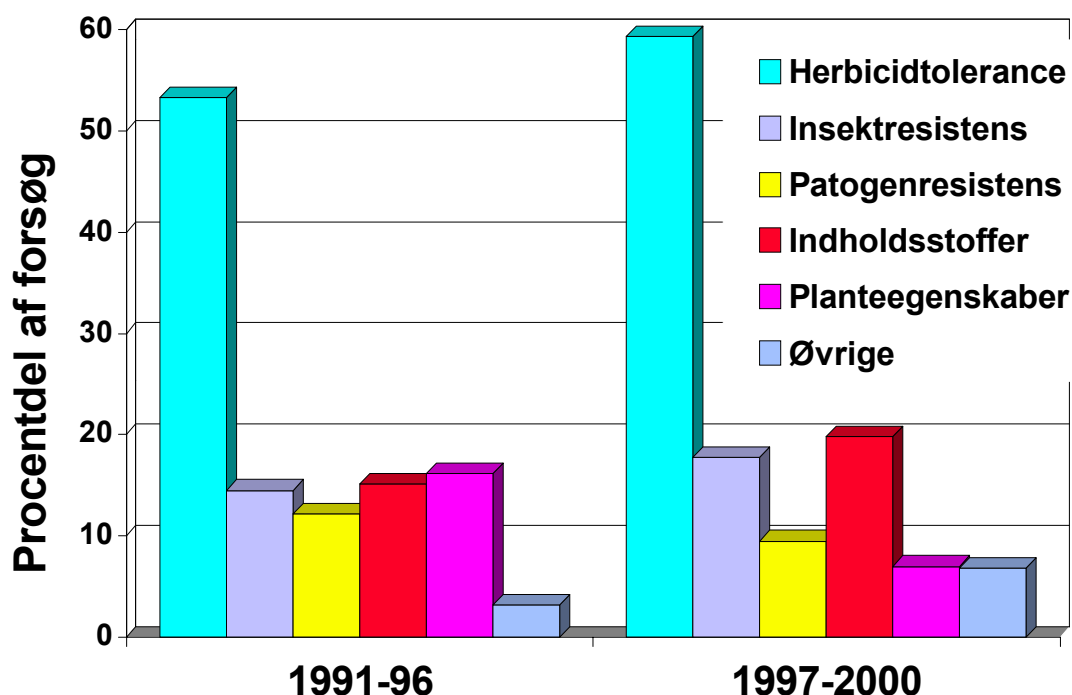
ser vil som hovedregel først være relevant ved markedsføring med fokus på det (de) nye indsatte produkt(er).

Det er ikke formålet i forbindelse med vurderingen af udsætning at vurdere, om de nye produkter senere kan godkendes til f.eks. an-

vendelse til produktion af fødevarer, lægemidler eller som foderstof. Anvendelse af GMO til fødevarer er reguleret gennem EU rådsforordning 258/97 om nye levnedsmidler, hvor Fødevaredirektoratet er den ansvarlige myndighed.



Figur 7.1 De vigtigste genmodificerede plantearter benyttet i forsøgsudsætninger i EU. Antal separate ansøgninger om forsøgsudsætninger til og med april 2002 er vist vandret. I alt har der været 1762 ansøgninger i perioden



Figur 7.2 Genmodificerede egenskaber i forsøgsudsætninger med GM-planter i perioderne 1991-1996 og 1997-2000. Da en GMP godt kan have flere GM-egenskaber- er summen af procentdelene større end 100

7.4 Udvikling og tendenser i forsøg og dyrkning af GMP

7.4.1 Forsøgsudsætninger med GMP i EU

En oversigt over de vigtigste GM-plantearter, der er foretaget udsætningsforsøg med i EU i perioden 1991-2000, er vist i Figur 7.1. Længst hovedparten af forsøgene (77%) er foregået med majs, raps, roer og kartoffel. Andre GM-plantearter i EU, der er vigtige i dansk økologisk sammenhæng, er f.eks. hvede, soja og byg (se også Tabel 5.2 og 5.3).

En sammenligning af forholdet mellem de forskellige typer af egenskaber i forsøgsudsætninger med GM-planter i perioden 1991-1996 og 1997-2000 viser nogle tendenser i den bioteknologiske udvikling (Figur 7.2). Herbicidtolerance dominerer i begge perioder og forekommer i henholdsvis 53 og 59% af planterne. Andelen forsøgsudsætninger med insektresistens (overvejende Bt) er steget fra ca. 14% til 18%, og tilsvarende er andelen med genmodificerede indholdsstoffer (inklusive lægemidler) også øget fra 15 til 20% af forsøgene. Forsøg med patogenresistens (især virus- og svamperesistens) er mindsket fra 12 til 10%, og GM-planter med ændrede plante-

egenskaber (den han-sterile raps fra Aventis/PGS dominerer denne gruppe) er også mindsket fra 16 til 7%. Mindre end 1% af forsøgene i begge perioder var med stressresistente planter (kulde, salt og tørke).

Der er en tydelig tendens til, at antallet af genmodificerede egenskaber pr. plante er stigende. De hyppigste kombinationer af GM-egenskaber er for nærværende herbicidtolerance og Bt-insektresistens samt herbicidtolerance og han-sterilitet. Anvendelsen af antibiotikaresistens er ikke medtaget, da den ikke er inkluderet i den officielle statistik og forventes udfaset. I det seneste års ansøgninger om forsøgsudsætninger (medio 2000 - medio 2001) er der brugt antibiotikaresistens som markør i ca. 25% af planterne.

7.4.2 GMP-dyrkningens omfang

Tilladte GM-afgrøder i EU

Der er hidtil givet godkendelse til markedsføring i EU af fire forskellige typer GM-majs, en GM-soja og en GM-raps (Tabel 7.2 og Bilag 5). Den ene majs samt sojaen og rapsen er kun tilladt til import som høstprodukt og må således ikke dyrkes i EU. Herudover er der givet tilladelse til produktion af frø - men ikke dyrkning - af en GM-raps samt en GM-cikoriesalat.

En samlet oversigt over status for GMO-markedsføringsansøgninger i EU er givet i Bilag 5. Heraf fremgår også hvilke GM-afgrøder, der er blevet optaget på sortliste i forskellige EU-lande.

Dyrkning af GM-afgrøder i Danmark

Det er i øjeblikket ikke tilladt at dyrke GM-landbrugsplanter kommercielt i Danmark, idet der endnu ikke er blevet optaget GMP-sorter

på den danske sortliste eller EU's fælles sortliste over landbrugsafgrøder. En genmodificeret foderroesort og tre genmodificerede sukkerroesorter er imidlertid indstillet til optagelse på den danske sortliste efter at have gennemgået sortsafprøvning i Danmark. Den endelige sortlisteoptagelse afventer godkendelse til markedsføring efter direktiv 90/220/EØF. Der er på EU's fælles sortliste over grønsagsarter optaget to sorter af rød cikoriesalat - radicchio rosso ("Firestone" og "Sam") - men de er kun tilladt til dyrkning til fremavl (hvilket fremgår af en fodnote i EU-sortlisten) og vil derfor ikke kunne bringes i handelen til almindelig produktion på nuværende tidspunkt.

Tabel 7.2 Genmodificerede linier af soja, majs og raps som er tilladt til markedsføring i EU efter direktiv 90/220/EØF

GM-linie	Dyrkning i EU	Import til EU
Soja		
<i>CTS 40-3-2</i>	÷	+
Majs		
<i>Event 176</i>	+	+
<i>T25</i>	+	+
<i>MON 810</i>	+	+
<i>Bt11</i>	÷	+
Raps		
<i>HCN92</i>	÷	+

Dyrkning af GM-afgrøder i andre EU-lande

Det er tilladt efter direktiv 90/220/EØF om udsætning i miljøet af genetisk modificerede organismer at dyrke GM-majs baseret på de genmodificerede linier "*Event 176*", "*T25*" og "*MON 810*" i EU (Tabel 7.2). Der er hidtil blevet optaget sorter af "*Event 176*" på sortliste i Frankrig og Spanien, af "*T25*" i Holland og af "*MON810*" i Frankrig, men endnu er

der kun sket dyrkning i større skala i Spanien (se nedenfor).

GM-afgrøder dyrket uden for EU, men tilladt til import

Ud over dyrkning af de tre nævnte GM-majslinier er det tilladt efter direktiv 90/220/EØF at importere høstprodukter af genetisk modificeret soja ("*GTS 40-3-2*"), majs ("*Bt11*") og raps ("*HCN92*") til EU. Herudover vil forarbejdede produkter med indhold af GMP'er, som ikke er godkendt efter direktiv 90/220/EØF, kunne importeres fra lande uden for EU som foder. Dette kan ud over produkter fra majs og raps omfatte materiale fra genmodificeret bomuld og kartoffel. De forarbejdede produkter må ikke indeholde levende frø eller andet formeringsdygtigt materiale.

Global fordeling og areal med GM-afgrøder i 2000

Der blev i 2000 globalt dyrket sammenlagt 44,2 millioner hektar med GM-afgrøder. De

fire dominerende GM-afgrøder var soja med 25,8 mio. ha, majs med 10,3 mio. ha, bomuld med 5,3 mio. ha og raps med 2,8 mio. ha. GMP-andelen af det samlede dyrkede areal i verden for disse fire afgrøder er vist i tabel 7.3.

Af yderligere registrerede arter blev der i 2000 dyrket genetisk modificerede kartofler, tomater, squash og papaya.

Fire lande (USA, Argentina, Canada og Kina) dyrkede 99% af det totale GMP-areal i 2000. I tabel 7.4 er vist arealfordelingen mellem de lande, som dyrkede GM-afgrøder i 2000, samt hvilke GMO-afgrøder der blev dyrket i de enkelte lande.

Ud over det officielt angivne areal med GM-bomuld dyrkes der i Kina genetisk modificerede tomater, peberfrugt og petunia på ikke nærmere angivne arealstørrelser. Desuden formodes det, at der illegalt dyrkes større arealer med GM-soja i de sydlige provinser i Brasilien.

Tabel 7.3 GMP-afgrødeareal i 2000 for soja, majs, bomuld og raps (mio. hektar)

Afgrøde	Globale areal	GMP-areal	GMP-areal i % af det globale areal
Soja	72	25,8	36%
Majs	140	10,3	7%
Bomuld	34	5,3	16%
Raps	25	2,8	11%
I alt/gns.	271	44,2	16%

Kilde: 1) James, C. 2000. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000. ISAAA Briefs No. 21: Preview.

Tabel 7.4 Global arealfordeling af GM-afgrøder i 2000

Land	Areal (ha)	GM-afgrøder
USA	30,3 mio.	Soja, majs, bomuld, raps, kartoffel, tomat, squash, papaya
Argentina	10,0 mio.	Soja, majs, bomuld
Canada	3,0 mio.	Raps, majs, soja, kartoffel
Kina	0,5 mio.	Bomuld
Sydafrika	0,2 mio.	Majs, bomuld
Australien	0,2 mio.	Bomuld
Rumænien	15.000	Soja, kartoffel, majs
Mexico	20.000	Bomuld
Bulgarien	10.000	Majs
Spanien	18.000	Majs
Tyskland	500	Majs
Frankrig	<100	Majs
Uruguay	3.000	Soja
I alt	44,2 mio.	

Kilder: 1) James, C. 2000. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000. ISAAA Briefs No. 21: Preview. 2) TransGen-Informationsdienst, www.transgen.de

Som det fremgår af tabellen, blev der sammenlignet med det samlede globale areal med GM-afgrøder kun dyrket mindre arealer med genetisk modificerede planter i EU i 2000. Der blev udelukkende dyrket genmodificeret majs, hvoraf langt størsteparten blev dyrket i Spanien. Dyrkningen af GM-majs i Tyskland foregår efter en særlig ordning med midlertidige dyrkningstilladelser, hvorefter begrænsede mængder udsæd af sorter, hvortil der er søgt om sortslisteoptagelse i en anden EU-medlemsstat, kan bringes i handelen.

Forventet udvikling i 2001

Det globale GMP-areal forventes også at stige i 2001, bl.a. som følge af et stadigt stigende areal i USA og Kina. I USA har National Agricultural Statistics Service (NASS) i juni 2001 offentliggjort tal, som viser en stigning i andelen af genmodificerede afgrøder fra 25 til 26% for majs, fra 61 til 69% for bomuld, og fra 54 til 68% for sojabønner.

Det må trods den nylige endelige godkendelse af det reviderede direktiv for forsøgsudsætning og markedsføring af GMO'er i EU forventes, at der endnu vil gå et stykke tid, før der vil ske dyrkning af GM-afgrøder i større skala i EU. Dette skyldes primært, at seks EU-lande (Frankrig, Italien, Østrig, Grækenland, Luxembourg og Danmark) har erklæret, at de vil blokere for nye markedsføringsgodkendelser, indtil der er blevet vedtaget en forordning om sporbarhed og mærkning af GMO'er (se Bilag 4).

I Spanien, som er det eneste EU-land, hvor der hidtil er dyrket GM-majs i kommerciel skala, forventes der dyrket GM-majs på 25.000 ha i 2001. I Holland vil der i 2001 kun ske dyrkning på maksimalt 50 ha med GM-majssorten "Chardon LL", som er tolerant over for herbicidet glufosinat-ammonium ("Basta", "Liberty").

7.5 Videns- og forskningsbehov

Det bør undersøges, hvilke effekter på økologisk landbrug der skal tages hensyn til under miljøændringer forårsaget af GMP-dyrkning i det reviderede udsætningsdirektiv.

De kommende EU-bestemmelser og procedurer til mærkning og monitorering af GMP kan måske udnyttes positivt, også af økologisk jordbrug. Mulighederne for dette bør undersøges.

Der er behov for at fastlægge optimale prøvetagningsmetoder for GMP indblanding i økologisk udsæd og foder og fastlægge usikkerhed på forskellige detektionsmetoder.

En nærmere analyse af sammenhængen mellem hvilke plantearter, egenskaber og producenter, der ses i GM-forsøgsudsætninger og hvilke der videreudvikles og faktisk bliver markedsført vil være interessant på længere sigt.

7.6 Litteratur

- Damgaard, C., Kjellsson, G., Kjær, C., Strandberg, B. 1998. Gensplejsede planter. TEMA-rapport fra DMU 23/1998. Miljø- og Energiministeriet, Silkeborg.
- EF 1999. Rådets forordning (EF) Nr. 1804/1999
- EU 2001. Opinion of the Scientific committee on Plants concerning the adventitious presence of GM seeds in conventional seeds, 13 March 2001.
- EU-Kommissionen. 2001. Europa-Parlamentets 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. De Europæiske Fællesskabers Tidende : 1-39.
- IFBC (International Food Biotechnology Council) 1990. Biotechnologies and food: Assuring the safety of foods produced by genetic modification. Reg.Toxicol. Pharmacol. 12: 1-196.
- ILSI (International Life Sciences Institute) 1995. The safety assessment of novel foods. ILSI Europe, Brussels.
- Kjellsson, G. 1997. Principles and procedures for ecological risk assessment of transgenic plants. I: Kjellsson, G., Simonsen, V., Ammann, K. (eds.) Methods for risk assessment of transgenic plants. II. Pollination, gene-transfer and population impacts. Birkhäuser, Basel, 221-236.
- Kjellsson, G., Strandberg, M., Damgaard, C. 2001. Økologisk risikovurdering af genetisk modificerede planter. DJF-rapport 41: 157-169.
- NNT 1991. Nordic Working group on Food and Risk Evaluation. Food and new biotechnology - novelty, safety and control aspects of foods made by new biotechnology. Nordic Concil, Copenhagen.
- NNT 1996. Health effects of marker genes in genetically engineered food plants 1996. TemaNord 1996:530, Nordic Concil, Copenhagen
- OECD 1993 Safety evaluation of foods produced by modern biotechnology: Concepts and principles. OECD, Paris.

- Tiedje, J.M., Colwell, R.K., Grossman, Y.L., Hodson, R.E., Lenski, R.E., Mack, R.N., Regal, P.J. 1989. The planned introduction of genetically engineered organisms: Ecological considerations and recommendations. *Ecology* 70: 298-315.
- VIB report 2001. Safety of genetically engineered crops. Flanders interuniversity institute for biotechnology marts 2001
- WHO 1991. Strategies for assessing the safety of foods produced by biotechnology. Report of a joint FAO/WHO consultation. World Health Organization, Geneva.
- WHO 1993. Health aspects of marker genes in genetically modified plants. Report of a WHO Workshop. WHO Food Safety Unit. WHO/FNU/FOS/93.6.
- WHO 1995. Application of the principles of substantial equivalence to the safety evaluation of foods or food components from plants derived by modern biotechnology. Report from a WHO workshop held in Copenhagen.
- WHO 1996. Biotechnology and food safety. Report of a joint FAO/WHO consultation. World Health Organization, Geneva.
- WHO 2000. Safety aspects of genetically modified foods of plant origin. Report of a joint FAO/ WHO expert consultation on foods derived from biotechnology 29May-2June 2000, World Health Organization, Geneva

8 Syntese og konklusioner

Gösta Kjellsson¹ og Birte Boelt²

¹ Afd. for Terrestrisk Økologi, Danmarks Miljøundersøgelser

² Afd. for Plantebiologi, Danmarks Jordbrugsforskning

8.1 Indledning

Af diskussionerne i ekspertgruppen og gennem sammenstillingen af materialet til denne vidensyntese fremgår, hvor komplekse problemstillingerne vedrørende genetisk modificerede planter (GMP) er for det økologiske landbrug. Udgangspunktet for diskussionerne har været det nuværende krav fra økologisk jordbrug om GMO-frihed. I dette kapitel behandles de afgrøder, hvor der på kortere eller længere sigt forventes anvendt GM-sorter og som videnssyntesen har identificeret som mulige spredningskilder på grund af:

- indkrydsning med pollen fra genmodificerede sorter
- dannelse af hybrider med ukrudt
- indblanding af frø fra gensplejsede planter eller ukrudtshybrider.

På ekspertgruppens første møde redegjorde Mette Meldgaard for LØJ's holdning til den fremtidige udvikling: Økologer lægger vægt på *produceret uden brug af* – ikke fri for – men der skal ydes en endog meget stor indsats for at sikre dette. Ekspertgruppens vurdering af de fremtidige konsekvenser af genmodificerede afgrøder for økologisk jordbrug samt tiltag i relation hertil inddrager denne holdning. Vurderingen tager udgangspunkt i den nuværende udbredelse af GMP uden for EU samt den eksisterende og forventede markedsføring og dyrkning af GMP i EU.

8.2 Spredning og udbredelse af GMP inden for de enkelte afgrøder

I videnssyntesen redegøres for spredningsveje for GMP og disse opdeles i *kontrolleret* og *ukontrollabel* spredning. Den kontrollerede (handlingsbetingede) spredning omfatter importen af ikke-økologiske produkter i form af udsæd, foder og næringsstoffer i det økologiske sædskifte (kapitel 4). Den ukontrollable spredning omfatter den naturlige, ikke-menneskeskabte pollen- og frøspredning til økologiske marker (kapitel 5). Den forventede udbredelse af GMP på kort sigt (5-årig periode) er vurderet i kapitel 2, mens udbredelsen på længere sigt er vurderet ud fra antallet af udsætningsforsøg med GMP (tabel 5.3 og 5.4). En sammenstilling af spredningsrisici og bioteknologisk udbredelse af de behandlede afgrøder er vist i tabel 8.1.

Raps

Forekomsten af såvel kontrolleret som ukontrollabel spredning i raps sammenholdt med den store anvendelse af GM-sorter i udsætningsforsøg i EU og den udbredte dyrkning uden for EU gør raps til den afgrøde, som udgør den største spredningsrisiko. Raps er fremmedbestøver, hvorfor pollenspredning, dels med vind og dels med bier, udgør en stor risiko for GM-spredning. Raps krydser med agerkål og kiddike samt kan i sjældne tilfælde krydse med agersennep, hvorfor ukrudtshybrider ofte forekommer naturaliseret. De olie-

holdige rapsfrø har evnen til langtids-overlevelse i jorden. Dette betyder, at en spredning af GM-egenskaber til rapsfrø kan opretholdes og opformeres i de økologiske sædskifter. Ikke-økologisk raps importeres som fodermiddel, men dette er fortrinsvis i formålet form. Importen vurderes derfor ikke at udgøre nogen risiko for opformering. Der forventes en relativ stor udbredelse af GM-sorter i det konventionelle jordbrug.

Majs

Majs er fremmedbestøver, hvor pollenspredning med vinden udgør en risiko for GM-spredning. Majs krydser ikke med ukrudt eller andre afgrøder på danske landbrugsjorde, og endvidere dyrkes den ikke til modenhed i Danmark. Frøene kan normalt ikke overleve i jorden. Af disse grunde forventes en potentiel GM-indblanding i majs ikke at opformeres i økologiske sædskifter. Majs importeres dels i form af udsæd og dels som foder. Der er forholdsvis stor risiko for GM-indblanding, da GM-sorter er udbredt i dyrkning uden for EU, og der har været 436 udsætningsforsøg i EU. Endvidere kan indblanding ske som følge af pollenspredning fra nærliggende GM-marker.

Foder- og sukkerroer

Roer er fremmedbestøvere og kan krydse med strandbede. Sidstnævnte art optræder ikke som ukrudt på opdyrkede arealer, dens udbredelse er begrænset til stenede kystområder. Foder- og sukkerroer dyrkes for udnyttelse af plantens vegetative dele, og kun i enkelte tilfælde optræder planten i reproduktiv form. Dette sker dels som stokløbere, dels som frøstande i frøproduktionsmarker. Frøene af nogle former kan overleve mere end 5 år i jorden. Tidligere var der i Danmark en stor frøproduktion af roer, men den er nu meget

begrænset, da størstedelen af produktionen er flyttet til Italien og Frankrig. Økologiske avlere anbefales at bortluge stokløbere, og derfor findes ukrudtsroer normalt ikke i danske sædskifter. Af disse grunde forventes en potentiel GM-spredning til roer ikke at opformeres, men den kan introduceres i form af GMP-udsæd. Der har været 239 udsætningsforsøg i 12 EU-lande, og der kan forventes en relativ stor udbredelse af GM-sorter i det konventionelle jordbrug.

Lucerne

Lucerne er fremmedbestøver, og den krydser let med segl-sneglebælg. Den kan dog ikke krydse med humle-sneglebælg, som dyrkes i frøproduktion i Danmark. Lucerne afgræsses eller slås inden frøsætning, og det vurderes generelt, at den ikke vil optræde som ukrudt med frøspredning i økologiske sædskifter. Frøene kan overleve forholdsvis lang tid i jorden. GM-sorter kan introduceres i form af import af konventionel udsæd. Der har i EU været to GM-udsætningsforsøg. Lucerne har en ringe udbredelse i det konventionelle jordbrug, hvorfor en eventuel introduktion af GM-sorter ikke forventes at få større betydning i Danmark.

Soja

Soja er et vigtigt fodermiddel især i økologiske besætninger med svin og fjerkræ, hvor den udgør op til henholdsvis 20% og 10% af foderet. Der er ingen dansk produktion, men der importeres økologisk soja, som i flere tilfælde er fundet indeholdende GMO. Der er en udbredt anvendelse af GM-sorter uden for EU. Soja forventes ikke at opformeres i økologiske sædskifter, da den anvendes som foder i formålet form og i øvrigt ikke opformeres i sædskiftet.

Hvede og byg

I tilfælde, hvor forsyningen med økologisk udsæd af byg og hvede er mangelfuld, kan spredning af GMP forekomme via import af konventionel udsæd. GM-sorter forventes introduceret i EU inden for en 5-årig periode, der har således været mange forsøgsudsætninger. Udbredelsen i det konventionelle jordbrug vil dog formentlig være afhængig af de egenskaber, som GM-sorterne besidder. I økologisk jordbrug forekommer nogen anvendelse af hjemmeproduceret udsæd. Derfor vil en eventuel GMP-indblanding kunne vedligeholdes. Den forventes dog ikke at opformeres væsentligt i økologiske sædskifter, da korn kun sjældent optræder som "ukrudt", frøene kan overleve mindre end et år, og da byg og hvede ikke kan hybridisere med vilde slægtninge i Danmark.

Rug

Rug er fremmedbestøver, men den hybridiserer ikke med ukrudtsarter eller andre kulturplanter i Danmark. Rug optræder ikke som ukrudt i sædskiftet og forventes derfor ikke at opformeres i marken. Der har ikke været udsætningsforsøg med rug i EU. Af ovennævnte grunde forventes rug ikke for nærværende at udgøre en kilde til GMP-indblanding. Frøene overlever normalt mindre end et år i jorden.

Rød- og hvidkløver

Rød- og hvidkløver har ukontrollabel pollenspredning. Begge arter bestøves af bier, som kan sprede pollen over store afstande. Rød- og især hvidkløver optræder hyppigt i økologiske sædskifter – både som kulturplante og som ukrudt. Frøene af begge kløverarter kan overleve fra 5 til mere end 20 år i jorden. Hvidkløver har rodslående stængler og har dermed også mulighed for vegetativ formering i sædskiftet. Forsyningen med økologisk

udsæd af rødkløver er tilstrækkelig, medens den er meget mangelfuld for hvidkløverens vedkommende (20–30% af behovet). Verdens hvidkløverfrøproduktion er stort set koncentreret i to lande, New Zealand og Danmark, hvor sidstnævnte står for 80% af produktionen i EU. Indtil videre har der ikke været udsætningsforsøg i EU, og der foreligger ingen oplysninger om anvendelse af GM-sorter uden for EU. Skulle dette imidlertid blive en realitet, vil hvidkløver og rødkløver have en meget stor risiko for GM-spredning og -indblanding.

Fodergræsser

Betegnelsen fodergræsser omfatter de græsarter, som anvendes i græsmarksblandinger. De arter, som anvendes i størst udstrækning, er: alm. rajgræs, italiensk rajgræs, hybridrajgræs, engsvingel, hundegræs, timothe, rød svingel og engrapgræs. De i Danmark dyrkede fodergræsser er alle med undtagelse af engrapgræs fremmedbestøvere og har ukontrollabel (pollen) spredning. De optræder hyppigt som ukrudt i økologiske sædskifter og kan hybridisere med ukrudtsformer. Mange, især småfrøede græsfrø, har relativ lang overlevelsestid i jorden. Frø af rajgræs overlever normalt mindre end 5 år – men de kan overleve i op til 10 år. Forsyningen med økologisk udsæd er tilstrækkelig for almindelig og italiensk rajgræs, men for de øvrige arter er forsyningen for nuværende mangelfuld. Selvom græsserne kun anvendes i vegetative former, optræder de også som reproduktive, hovedsagelig i frøproduktionsmarker, hvis areal i Danmark udgør cirka 80.000 ha. Ukrudtsgræsserne producerer også mange frø, som spredes i naturen. Der har indtil videre ikke været foretaget udsætningsforsøg i EU. Skulle GM-sorter imidlertid komme til anvendelse, vil fodergræsserne have en meget stor risiko for GM-spredning og -indblanding.

Gulerod

Gulerod er fremmedbestøver og krydser med vild gulerod, som findes udbredt overalt i Danmark. Den reproduktive form af gulerod kan forekomme i begrænset udstrækning under grønsagsproduktionen. Der er dog også frøproduktion af gulerod i Danmark – men i begrænset udstrækning. Frøene kan overleve i en begrænset periode i jorden. GM-egenskaber kan introduceres på økologiske bedrifter via konventionel udsæd, men den opformeres ikke i sædskiftet. Der har været to GM-udsætningsforsøg i Holland.

Havekål

Gruppen havekål (*Brassica oleracea*) omfatter hvidkål, grønkål, rødkål, rosenkål, spidskål, blomkål, broccoli, savoykål og knudekål (glas-kålrabi), som alle kan krydsbestøve indbyrdes. Der har inden for denne gruppe været i alt otte GM-forsøgsudsætninger i EU. Danmark har en betydende kålfrøproduktion – specielt af hvidkål, men der foregår for øjeblikket ingen økologisk frøproduktion. Introduktion til økologiske sædskifter kan ske via import af GM-udsæd, da der ikke findes økologisk udsæd af passende sorter.

Olieræddike og radis

Olieræddike og radis tilhører begge arten *Raphanus sativus*, er fremmedbestøvere og krydser indbyrdes samt med kiddike. Der har været et GM-udsætningsforsøg i Frankrig. For begge arters vedkommende foregår frøproduktion i Danmark på konventionelle arealer. Ræddike anvendes i nogen udstrækning som efterafgrøde i økologiske sædskifter, hvorfor import af GM-sorter kan forekomme via udsæd, men den kan næppe opformeres.

Kartofler

Inden for en femårig horisont forventes GM-sorter af kartoffel introduceret i EU. Der har hidtil været i alt 187 forsøgsudsætninger i 12 EU-lande. GM-egenskaber i kartoffel kan introduceres i økologiske sædskifter, men forventes ikke at kunne opformeres som ukrudtskartofler, da knoldene normalt ødelægges i løbet af vinteren. Spredningen af pollen er af ringe betydning, da den foregår over meget begrænsede afstande, og frøene normalt ikke udvikles eller spredes.

8.3 Tiltag til reduktion af kontrolleret spredning

I takt med en forventet øget anvendelse af GM-sorter i det konventionelle jordbrug vil ikke-økologiske produkter på sigt udgøre en stadigt stigende kilde til spredning af GMP i det økologiske jordbrug. Spredningsrisikoen er størst, hvor hele kerner eller frø introduceres i de økologiske sædskifter og i de tilfælde, hvor disse kan give ophav til GM-planter, som kan sprede nye frø, udløbere eller rodstykker.

Spredning med udsæd

Som skitseret i kapitel 4 vurderes udsæd af raps, majs, lucerne og grønsager som værende en potentiel kilde til spredning af GMP i det økologiske jordbrug. For de to førstnævnte arter er der etableret en endog ganske betydelig produktion af GM-plantemateriale uden for EU. Dermed må det forudses, at sandsynligheden for GMP-indblanding i udsæd øges. For grønsagsafgrødernes vedkommende har antallet af GMP-udsætningsforsøg indtil nu været beskedent. Specielt inden for raps og havekål bør der forudses en relativt stor risiko for indblanding af GM-materiale under frøproduktion, bl.a. på grund af den stærke tiltrækning af bestøvere, risiko for krydsbe-

støvning og den lange overlevelsestid af frø i jorden.

Der er stort behov for at sikre adgangen til økologisk, GMP-fri udsæd inden for ovennævnte arter – eksempelvis ved udvikling af en dansk frøproduktion specielt i de tilfælde, hvor en tilfredsstillende frøkvalitet kan opnås under danske dyrkningsforhold. Fordelen ved dette er, at det danske certificeringssystem er velfungerende samt at en dansk frøproduktion vil medvirke til tilvejebringelsen af udsæd af sorter, som har en dokumenteret dyrkningsværdi i Danmark. Det skal imidlertid fremhæves, at for visse arter er det danske behov for økologisk udsæd så lille, at det næppe er økonomisk interessant for et frøfirma at udvikle en produktion. Desuden vil en økologisk frøproduktion af f.eks. havekål være særdeles usikker for avleren bl.a. på grund af risikoen for skadedyrsangreb. Som følge heraf er de økologiske avlere tilbageholdende med at starte en sådan produktion.

Spredning med gødning

Der importeres betydelige mængder af ikke-økologisk gødning til planteavls- og svinebedrifter. De ikke-økologiske gødningsprodukter kan være i form af husdyrgødning, men anvendelsen af komposteret byaffald forventes at stige i fremtiden. Der kan potentielt forekomme GM-rester i de økologiske gødningsprodukter, men sandsynligheden for at der findes hele kerner eller frø, som kan opformeres i et økologisk sædskifte, må vurderes som værende meget begrænset.

Spredning med foder

På langt de fleste svinebedrifter importeres op til 20% ikke-økologisk foder, der hovedsagelig består af sojabønne, raps og majs. Disse arter må forventes at udgøre en meget stor kilde til

spredning af GMP til det økologiske jordbrug.

For at undgå indblanding er det væsentlig at udvikle en dansk produktion af økologiske proteinafgrøder samt at optimere fodersammensætninger, hvori disse indgår. Foderet vil imidlertid i overvejende grad være forarbejdet, således at spredningen af hele kerner eller frø, som opformeres i de økologiske sædskifter, vurderes som værende relativt begrænset.

Dyrkningsmæssige tiltag til reduktion af GM-spredning

For fremmedbestøvende arter, hvor den vegetative del af planten udnyttes, men hvor der også kan forekomme reproduktive former som f.eks. stokløbere hos roer og frøskærme hos gulerod, skal disse fjernes. Denne praksis anbefales allerede på nuværende tidspunkt.

Ved maskinfællesskab, eksempelvis mellem en økologisk og en konventionel avler, skal redskaberne altid rengøres grundigt inden de flyttes fra én bedrift til en anden. Der bør således være krav om, at jordbearbejdningsredskaberne er så rene, at overslæb af frø og planterester undgås. Dette er i forvejen god landmandspraksis. Det er langt mere problematisk at rengøre en mejetærsker, og retningslinier for maskinfællesskab eller brug af maskinstation i forbindelse med høst bør udarbejdes for at begrænse overslæb af frø. Eventuelt bør maskinfællesskab undgås ved høst af kritiske afgrøder som f.eks. raps.

8.4 Tiltag til reduktion af ukontrollabel spredning

Den naturlige, ukontrollable spredning af gener fra GM-planter med pollen og frø kan i de fleste tilfælde ikke forhindres ved kommerciel dyrkning af reproduktive afgrøder i større

skala. Spredningen kan dels foregå direkte fra GMP-mark til økologisk mark, dels indirekte via hybrider med vilde slægtninge og ukrudt. Risikoen for ukontrollabel spredning er forskellig fra afgrøde til afgrøde (se afsnit 8.2 og Tabel 8.1) og afhænger også af de lokale biologiske, dyrkningsmæssige og landskabsmæssige forhold. Den ukontrollable spredning af GM-egenskaber til økologiske marker kan reduceres ved en række forskellige tiltag, der diskuteres nedenfor.

Valg af afgrøde

Risikoen for utilsigtet GM-spredning afhænger meget af den enkelte afgrødes bestøvningsforhold og afstandene for pollenspredning. Afgrøder, der er selvbestøvede, som har lille spredningsafstand og ikke danner hybrider med vilde arter, har lav spredningsrisiko, mens fremmedbestøvede arter med stor pollenspredningsafstand og mulighed for at hybridisere med vilde arter, har høj spredningsrisiko. Spredningsrisikoen er således lille for byg, hvede, kartoffel, markært og hestebønne. Der er derimod en relativ høj ukontrollabel spredningsrisiko for raps, græsser, radise, hvid- og rødkløver, lucerne og gulero. Specielt raps har en høj risiko for GM-spredning, da pollen kan spredes flere km fra marken. Hybrider mellem raps, agerkål og kiddike findes mange steder og kan også blive problematiske spredningskilder for GM-egenskaber fra raps.

Sikkerhedsafstande og markbehandling

Brugen af udvidede isolationsafstande til GMP-marker kan være nødvendige for at reducere spredningsrisikoen for de problematiske afgrøder. Afstandskriterierne kan baseres på nuværende og kommende forslag til isolationsafstande for dyrkning af konventionel såsæd af GMP (Tabel 7.1 og Bilag 2). For

fremmedbestøvede, kritiske afgrøder såsom raps, majs, rug og fodergræsser bør isolationsafstandene være større mellem GM-afgrøden og de økologiske marker for, at risikoen for genspredning skal blive minimal. De aktuelle krav til sikkerhedsafstande bør vurderes specielt i relation til afgrødens anvendelse, således at risiko for indkrydsning minimeres ved frøproduktion. De lokale dyrkningsforhold og landskabsudnyttelse samt klimatiske forhold spiller dog en stor rolle i fastlæggelsen af afstandskriterierne.

En yderligere mulighed er at anvende værnebælter omkring de økologiske marker, hvor afgrøden ikke anvendes på grund af for stort GM-indhold. For afgrøder som raps eller majs vil en lille del af det fremmede GM-pollen kunne bestøve planter i randen af marken. I midten af marken vil langt hovedparten af bestøvningen være med pollen fra den økologiske afgrøde selv, og betydningen af GM-pollen vil være mindre. De nærmere forhold omkring krav til bredde af værnebæltet i forhold til markstørrelse og afstand til GM-afgrøden mangler dog at klarlægges.

Den naturlige frøspredning er for de fleste GM-afgrøder begrænset til marken og de nærmeste omgivelser. Spildfrø og naturlig frøsætning af nogle GM-afgrøder, bl.a. raps, rød- og hvidkløver samt græsarter, kan dog udgøre en alvorlig spredningskilde, der kan overleve adskillige år i jorden. Dette stiller krav til en udvidet omlægningstid ved overgang fra konventionelt til økologisk landbrug i de tilfælde, hvor der forud for omlægning har været dyrket GM-afgrøder. Dette forudsætter kendskab til og registrering af de forudgående arts- og sortsvalg på arealerne. For de ovennævnte kritiske arter vil som udgangspunkt en udvidet periode være påkrævet for at reducere frøpuljen væsentligt. Imidlertid kan optimalt valg af jordbearbejdningsmetoder samt afgrødevalg og dyrkningsmetode i øvrigt medvirke til at

tømme jordens frøpulje og dermed reducere problemet. Det foreslås, at der for arealer, hvor der forud for omlægning har været dyrket GM-afgrøder, udarbejdes en særlig dyrknings- og monitoringsplan for påvisning af GMP og GM-hybrider.

Bestande af GM-planter, f.eks. raps, lucerne og gulerod, kan etableres langs veje og på udyrkede arealer og der blive en alvorlig spredningskilde. Bestemmelser vedr. transport og brug af GM-frø findes eller vil blive udarbejdet, men uheld kan ikke forebygges helt. Et overvågningsprogram, der kan sikre at GM-spildplanter opdages tidligst muligt, vil være nødvendigt.

Forhold som markstørrelse, GMP-udbredelse i landskabet (pollenkilder), lokale og regionale vindforhold og topografi har stor indflydelse på omfanget af pollenspredningen. En afgrænset dyrkning af GM-afgrøder til visse landsdele kan være ønskelig set med økologisk landbrugs perspektiv. Forslag om GM-fri regioner har dog hidtil ikke vundet politisk gehør herhjemme. I nogle lande, f.eks. Italien og Brasilien, er der allerede etableret GM-fri zoner for dyrkning og produktion af fødevarer.

8.5 Forventet udvikling for brugen af GM-afgrøder

Den bioteknologiske udvikling på planteforædlingsområdet gennemgår for øjeblikket en kraftig udvikling. Der fokuseres på en forbedring af gensplejsningsteknologien blandt andet i form af anvendelse af selektionssystemer uden brug af antibiotikaresistensgener og i form af at opnå biologisk indeslutning.

Den bioteknologiske udvikling sker overvejende inden for arter med et stort økonomisk potentiale grundet de store omkostninger til afprøvning, registrering og markedsføring.

Det kan imidlertid ikke udelukkes at GM-sorter af mindre økonomisk betydende arter søges markedsført jævnfør tabel 5.3 og 5.4 som viser, at der har været forsøgsudsætninger i EU af afgrøder som kålrabi, olieræddike/radis, gulerod og havekål. Endvidere fremgår af kapitel 7.4, at der i EU er givet tilladelse til frøproduktion af en sort af cikorie-salat.

Dyrkningen af genmodificerede afgrøder såsom majs, soja, bomuld og raps udgjorde i 2000 i gennemsnit 16% af det samlede dyrkningsareal for disse arter. De vigtigste GM-afgrøder og deres andel af det samlede globale dyrkningsareal udgjorde i 2000: Soja (36%), raps (11%), bomuld (16%) og majs (7%). Det samlede GMP-areal forventes at stige i 2001. Stigningen må i de kommende år især forventes at foregå i Kina, USA og Argentina.

I EU-landene har der hidtil været en begrænset produktion af GM-majs i Spanien, Tyskland og Frankrig. I EU vil en stigning i dyrkningen først blive aktuel efter år 2002, når forholdsregler vedrørende sporbarhed og mærkning er på plads.

Forsøgsudsætningerne går forud for en evt. senere markedsføring. I EU har der indtil maj 2002 været i alt 1762 ansøgninger om udsætninger. De omfattede i alt ca. 60 forskellige genmodificerede plantearter, hvoraf hovedparten af forsøgene var med majs, raps, roer og kartoffel. I perioden 1997-2000 var de vigtigste GM-egenskaber: Herbicidtolerance (60%), indholdsstoffer (20%), insektresistens (18%), svampe- og virusresistens (10%) og ændrede planteegenskaber (7%). Der er en tendens til, at antallet af genmodificerede egenskaber i planterne er stigende.

Som konklusion vil en løbende opfølgning og et detaljeret kendskab til udviklingstendenserne for GM-planter og produkter være værdifuld som handlingsredskab for økologisk

jordbrug. Dette inkluderer sammenhængen mellem hvilke plantearter, egenskaber og producenter, der ses i GM-forsøgsudsætninger og hvilke produkter, der videreudvikles og markedsføres.

8.6 Lovgivning og kontrol til begrænsning af GM-spredning

Spredningen af GM-planter og GM-egenskaber til de økologiske marker kan begrænses og kontrolleres på forskellige måder. Lovgivningsmæssigt er der en regulering i anvendelsen, som måske kan strammes yderligere. Utsigtet spredning af GM-frø til udsæd og foder kan kontrolleres, og forskellige muligheder for bioteknologisk indeslutning og især praktiske dyrkningsmæssige forholdsregler til begrænsning af spredning er vigtige.

Udsætningsdirektivet og nye bestemmelser til mærkning og sporing

Det reviderede EU-udsætningsdirektiv for GMO (2001/18/EF) forventes at træde i kraft til oktober 2002. En markedsføringstilladelse af en GMP vil i fremtiden kun gælde 10 år ad gangen, og eventuelle direkte og indirekte, umiddelbare eller langsigtede virkninger på miljø og sundhed skal overvåges. I den samlede miljømæssige risikovurdering indgår hensyn til eventuelle negative effekter af GMP for miljø, landbrug og sundhed.

De nye bestemmelser, bl.a. vedrørende mærkning og sporing, vil få indflydelse på mulighederne for at kontrollere den utilsigtede GMP-spredning. I det følgende summeres nogle af de vigtigste konklusioner, der er relevante for økologisk jordbrug (se også kapitel 7 for detaljer):

Mange af de nuværende EU-direktiver og danske bekendtgørelser om handel og mærkning af frø forventes at få indføjet bestemmelser om tærskelværdier for iblanding af GM-frø i konventionel udsæd. Et EU-forslag til nye tærskelværdier for GM-indhold i konventionel såsæd varierer mellem 0,3% og 0,7% afhængig af afgrøde og bestøvningstype. EU-forslaget omfatter også dyrkningsintervaller og isolationsafstande, der er uændrede, undtagen for bederoer og hybriddraps, hvor kravene er kraftigt øgede. Dette foreslås suppleret med fysiske barrierer eller pollenbarrierer. Fra dansk side arbejdes der aktivt på at påvirke EU-kravene for GMP-dyrkning til større renhedskrav. Der er i Danmark også udarbejdet forslag til udvidede kontrolprocedurer for GMP-indhold i såsæd, foderstof og økologisk produktion.

Analysemetoder

En GMO-analyse kan foretages som en kvalitativ eller en kvantitativ analyse. GMO-analyser foretages i dag i såvel offentlige som private laboratorier. Der er imidlertid endnu kun udviklet få internationalt validerede standarder for prøvetagning og analyse af GM-indhold i frø, foder og fødevarer. Analysesultaterne kan således variere meget mellem laboratorier. Et andet problem er, at udviklingen af validerede metoder halter efter vedtagelsen af diverse regelsæt for tilladt GM-indhold, og man kan på teoretisk basis allerede nu forudsige, at det specielt for forarbejdede produkter vil blive meget vanskeligt at måle tilstrækkeligt præcist til at kunne opfylde visse af de opstillede administrative regelsæt (1% grænsen). Der arbejdes intenst på at fastsætte europæiske standarder for GM-analyse og prøveudtagning, men i den nuværende situation er det vanskeligt at etablere en kontrol af overholdelsen af fastsatte GM-grænseværdier.

8.7 Videns- og forskningsbehov

Økologisk udsæd: Det anbefales at igangsætte initiativer til sikring af økologisk udsæd af sorter, som har en dokumenteret dyrkningsværdi i Danmark. Dette vil for de arter, som kan frøavles økologisk i Danmark (eksempelvis raps) forudsætte en koordineret indsats mellem økologiske jordbrugere, rådgivere, frøfirmaer og kontrolmyndigheder. For arter, som ikke for øjeblikket frøavles økologisk i Danmark, forudsættes en forskningsmæssig udvikling. Potentialet for produktion i plasttunneller bør undersøges for grønsagsarter (især gulerod og havekål) og eventuelt for lucerne, majs og roer. Med undtagelse af lucerne og majs har disse arter tidligere været frøavlet i Danmark, men produktionen er flyttet til varmere og mere dyrkningssikre områder (Frankrig og Italien). En tilsvarende effekt kan opnås ved produktion i tunnel, og igangværende undersøgelser med produktion af gulerodsfrø viser lovende resultater (DJF).

Pulje af basisudsæd: Det anbefales at sikre en pulje af basisudsæd af fremmedbestøvede arter, hvor der allerede nu er en udbredt anvendelse af GM-sorter, som f.eks. raps. Dette kan søges gennemført i insekt- og evt. pollentætte tunneler. I den forbindelse må det fremhæves, at der ikke findes økologisk udsæd af hybridsorter af raps på markedet. Økologiske landmænd har et stort ønske om at anvende hybridsorter, som har en kraftigere vegetativ vækst og dermed en større konkurrenceevne over for ukrudt.

Det anbefales at udnytte den store ekspertise inden for frøproduktion, som findes i Danmark, dels hos erfarne frøavlere og dels hos frøfirmaer, som håndterer frøavl af arter med stor krydsningsrisiko. Allerede nu placeres frøavl af arter med stor krydsningsrisiko på lokaliteter, hvor en stor isolationsafstand kan opretholdes.

Omlægningstid for jord: Der mangler viden om jordbearbejdningsmetoders effekt på minimering af indlejring af spildfrø i jorden samt udtømmning af jordens frøpulje efter og forud for produktion af olieholdige frø og andre frø, som har en lang overlevelsestid i jord. Disse undersøgelser kan medvirke til fastsættelse af omlægningstid for jord, som har været anvendt til produktion af GM-afgrøder, men som efterfølgende ønskes omlagt til økologisk produktion.

Øget grad af selvforsyning med økologiske produkter

Tiltag, som øger selvforsyningsgraden med økologiske produkter, vil reducere risikoen for indblanding af GMP. Eksempelvis bør produktion af proteinafgrøder til erstatning af soja stimuleres, og disse proteinafgrøder bør evalueres for foderkvalitet og optimal foder sammensætning.

Viden om GM-spredning med pollen og frø

Der mangler vigtig information om GM-spredning, som vil kunne bruges til at forbedre de nuværende forholdsregler eller iværksætte nye tiltag til hjælp for økologisk jordbrug.

Kendskabet til hvor meget og under hvilke særlige forhold (GM-) pollen spredes over lange afstande er mangelfuldt. Undersøgelser af hvilken indflydelse forskellig jordbehandling og sædskifte har for spredning og hybridisering er vigtige. Herunder især forhold vedr. overlevelse af GMP-frø i jorden og overlevelse af spildplanter og hybrider. Der er ikke tilstrækkelig viden om risikoen for etablering af ukontrollerede populationer af GM-ukrudtsplanter og hybrider i agerlandet (specielt roer, lucerne og gulerod).

Omfanget af genspredning fra konventionelle marker til økologiske marker er dårligt kendt. Sådanne informationer vil kunne anvendes

som en basisviden for fremtidig overvågning af GM-spredning.

En mere detaljeret viden om hvordan bestøvningen med fremmed (GM) pollen af forskellige afgrøder aftager ind i marken (fortyndingseffekten) er ønskelig. En mulig forholdsregel for økologisk jordbrug kunne være at høsten i en randzone (f.eks. 3-5 m bred) ikke må klassificeres som et økologisk produkt.

Værktøjer til begrænsning af GMP-spredning

På nogle vigtige områder, der kan medvirke til at begrænse spredning af GMP, mangler der viden eller konkrete redskaber, der kan anvendes til beslutninger:

Det foreslås, at der for at begrænse den utilsigtede spredning fastsættes isolationsafstande til økologiske marker, også for almindelig dyrkning af GM-afgrøder. Afstandskravene bør som minimum være de samme, der er gældende for økologisk udsæd.

Som en supplerende forholdsregel foreslås at der oprettes GM-kritiske randzoner omkring den økologiske mark, hvor afgrøden ikke anvendes på grund af et påvist eller formodet GM-indhold.

Overvågning af økologiske marker giver mulighed for tidligt at opdage en utilsigtet spredning af GMP. Der er her behov for at tilpasse eksisterende metoder for overvågning af genspredning til at undersøge og kvantificere GMP-spredning via pollen og frø til økologiske afgrøder. Overvågningen bør også inkludere frøspild i marken, langs veje og friarealer. Modelredskaber kan bruges til at forudsige risikoen for pollenspredning fra GM-planter og bruges til fastlæggelse af sikkerhedskrav. Disse modeller bør indrage faktorer som GM-

afgrøderart, vindretning og turbulens som parametre. Modellerne vil bl.a. kunne bruges til at foreslå isolationsafstande til GM-marker, GM-kritiske randzoner og dyrkningsbetingelser. Specielt er der behov for udvikling af bedre modeller for langdistancespredning af pollen.

Undersøgelser af historiske forløb af introgression mellem dyrkede afgrøder og vilde slægtninge kan give basisviden, der kan bruges til at forudsige spredningshastighed og udbredelse af transgener fra GM-afgrøder i fremtiden.

Lovgivning og kontrol

Lovgivning og kommende regulativer for dyrknings- og afstandskrav for GM-afgrøder er under udarbejdelse.

Det kan på et tidspunkt blive nødvendigt for økologisk jordbrug konkret at tage stilling til at definere en bagatelgrænse for acceptabelt indhold af GMP i økologiske produkter, hvis forbrugernes tillid skal opretholdes. Hvis der ikke tages direkte stilling, må udgangspunktet være den til hver tid gældende grænseværdi for GM-indhold i fødevarer, der p.t. er på 1%. Det vil være vigtigt at fastlægge optimale prøvetagningsmetoder for GMP indblanding i økologisk udsæd og foder og fastlægge usikkerhed på forskellige detektionsmetoder.

De kommende EU-bestemmelser og procedurer til mærkning og monitorering af GMP kan måske udnyttes positivt, også af økologisk jordbrug. Mulighederne for dette bør undersøges. Det kan bl.a. undersøges, om hensyntagen til miljøændringer forårsaget af GMP-dyrkning i det reviderede direktiv kan inkludere effekter på økologisk landbrug.

Tabel 8.1 Spredningsveje og udbredelse af genmodificerede afgrøder. Arter hvor der er identificeret spredningsveje og/eller udviklet GM-sorter er medtaget i tabellen

AFGRØDER	SPREDNINGSVEJE			BIOTEKNOLOGISK UDVIKLING	
	Risiko for pollen- og frøspredning samt hybridisering (se kapitel 5)	Import af ikke-økologiske produkter (se kapitel 4)		EU forsøgs-udsætninger (se tabel 5.3 og 5.4)	Forventning om GM-sorter inden for en 5-årig horisont (se kapitel 2)
		Introduceret og vedligeholdt	Opformeres i sædskifte		
Raps	+	+	+	+	+
Majs	+	+	-	+	+
Lucerne	+	+	-	+	-
Soja	-	+	-	+	+
Rød- og hvidkløver	+	+	+	-	-
Foder- og sukkerroer*	+	+	_*	+	+
Hvede	-	+	-	+	+
Byg	-	+	-	+	+
Rug	+	+	-	-	-
Fodergræsser	+	+	+	+	-
Gulerod	+	+	-	+	-
Pastinak	+	+	-	-	-
Olieræddike	+	+	-	-	-
Radise**	+	+	+**	-	-
Havekål**	+	+	+**	+	-
Kartofler	-	+	-	+	+
Cikoriesalat	-	-	-	+	-

*) Stokløbere skal fjernes for at reducere spredningsrisikoen

**) Opformeres kun ved frøproduktio

Bilag 1 EU direktiver og danske bekendtgørelser vedr. frø

EU-direktiver om handel med frø og læggekartofler

Rådsdirektiv 66/400/EØF af 14. juni 1966 om handel med bederoefrø
Rådsdirektiv 66/401/EØF af 14. juni 1966 om handel med frø af foderplanter
Rådsdirektiv 66/402/EØF af 14. juni 1966 om handel med sædekorn
Rådsdirektiv 66/403/EØF af 14. juni 1966 om handel med læggekartofler
Rådsdirektiv 69/208/EØF af 30. juni 1969 om handel med frø af olie- og spindplanter
Rådsdirektiv 70/458/EØF af 29. september 1970 om handel med grønsagsfrø

Tilhørende danske bekendtgørelser

Bekendtgørelse nr. 50 af 21. januar 2000 om ændring af bekendtgørelse om kartofler
Bekendtgørelse nr. 52 af 24. januar 2000 om markfrø
Bekendtgørelse nr. 53 af 24. januar 2000 om sædekorn
Bekendtgørelse nr. 54 af 24. januar 2000 om grønsagsfrø

EU-direktiver om den fælles sortsliste over landbrugsplantearter samt om handel med grønsagsfrø

Rådsdirektiv 70/457/EØF af 29. september 1970 om den fælles sortsliste over landbrugsplantearter
Rådsdirektiv 70/458/EØF af 29. september 1970 om handel med grønsagsfrø

Tilhørende dansk bekendtgørelse

Bekendtgørelse nr. 51 af 24. januar 2000 om en fortegnelse over godkendte sorter af landbrugsplante- og grønsagsarter (sortslisten)

Bilag 2 Forslag til tærskelværdier for tilladt indhold i konventionel såsæd af EU-godkendte GMO'er, dyrkningsintervaller samt isolationsafstande ved produktion af såsæd (Arbejdsdokument SANCO/1542/00 af 25. maj 2001)

Tærskelværdier (tilladt indhold i konventionel såsæd af godkendte GMO'er)

0,3%	Fremmedbestøvende arter - bortset fra majs, bederoe og grønsagsarter, som dyrkes vegetativt
0,5%	Selvbestøvende arter - bortset fra soja og markært - samt kartoffel, majs, bederoe og grønsagsarter, som dyrkes vegetativt
0,7%	Soja og markært

Dyrkningsintervaller

1 år	Soja, majs og markært
5 år	Brassica-arter, kartoffel, bederoe, græsser og græsmarksbælgplanter
2 år	Alle øvrige arter (f.eks. byg, hvede, hestebønne)

Isolationsafstande

Raps- og rybshybrider	5.000 m ved produktion af basissæd 3.000 m ved produktion af certificeret frø
Bederoe	2.000 m
Øvrige arter	Samme som nu, men suppleret med fysiske barrierer eller pollenbarrierer

Bilag 3 Nye regler om genetisk modificerede fødevarer og foderstoffer

EU-Kommissionen har den 25. juli 2001 fremsat forslag til Europa-Parlamentets og Rådets forordning om genetisk modificerede fødevarer og foderstoffer (KOM (2001) 425 endelig). Med forslaget justeres de gældende regler for markedsføring og mærkning af GMO-fødevarer, og der indføres tilsvarende regler for GMO-foder. Det vil herefter være forbudt at markedsføre såvel GMO-baserede fødevarer som foder i EU, med mindre der foreligger en markedsførings-tilladelse.

Forordningens anvendelsesområde foreslås at vedrøre fødevarer og fødevareingredienser, som i sig selv **er**, som **indeholder** eller som er **fremstillet af** en GMO, inklusive GMO-baserede tilsætningsstoffer og aromaer.

Vedrørende foder omfattes **GMO'er til foderbrug** samt foderstoffer, der **består af, indeholder** eller er **fremstillet af** GMO'er, inklusiv tilsætningsstoffer til foder, der er fremstillet af GMO'er. Forslaget omfatter ikke dyrkning af GMO'er, som reguleres i udsætningsdirektivet (direktiv 2001/18/EF).

Som en undtagelse til ovennævnte krav om markedsføringstilladelse giver forordningen mulighed for, at produkter med en utilsigtet tilstedeværelse på op til 1 pct. GMO'er må anvendes, såfremt det i henhold til en videnskabelig undersøgelse i EU-systemet er vurderet, at den pågældende GMO ikke udgør en risiko for sundheden eller miljøet.

Såfremt GMO'en ikke har en egentlig EU-markedsføringsgodkendelse, skal den have været underkastet en videnskabelig risikovurdering og her fundet at være uden risici for menneskers sundhed eller for miljøet.

For at opnå tilladelse til markedsføring skal en ansøgning indsendes til den kommende Europæiske Fødevareautoritet. Fødevareautoriteten skal foretage den videnskabelige risikovurdering af forslaget og afgive en udtalelse herom til Kommissionen, medlemsstaterne og ansøgeren. Endelig afgørelse træffes herefter af Kommissionen i en forskriftskomiteéprocedure. En eventuel godkendelse vil blive udstedt for en periode på 10 år.

Vedrørende mærkning foreslås, at produkter, der består af, indeholder eller er fremstillet af GMO, skal mærkes med oplysninger om anvendelsen af de modificerede organismer. Derimod omfattes animalske produkter fra dyr, der er fodret med GMO-foder, ikke.

Bilag 4 Nye regler om sporbarhed og mærkning af GMO

Kommissionen har den 25. juli 2001 endvidere fremsat forslag til Europa-Parlamentets og Rådets forordning om sporbarhed og mærkning af genetisk modificerede organismer og sporbarhed af fødevarer og foder fremstillet af genetisk modificerede organismer og om ændring af direktiv 2001/18/EF (KOM (2001)182 endelig).

Forslagets formål er at fastsætte rammebestemmelser for sporbarhed af GMO'er og fødevarer og foder fremstillet af GMO'er. Med forslaget fremmes pålidelig mærkning, sundheds- og miljøovervågning, samt mulighederne for tilbagetrækning af produkter fra markedet i tilfælde af uforudsete risici for menneskers sundhed eller miljøet. Sporbarhed defineres som muligheden for at spore GMO'er og produkter fremstillet af GMO'er på alle stadier i markedsføringen i hele produktions- og distributionskæden.

Forslaget vedrører sporbarheden af GMO'er, som defineret i direktiv 2001/18/EF, der udgør eller indgår i et produkt, herunder frø, såvel som fødevarer og foder fremstillet af GMO'er. Formuleringen "*fremstillet af GMO'er*" henviser til produkter, som er fremstillet ud fra, men som ikke indeholder genetisk modificerede organismer.

Virksomheder, der sælger produkter, der består af, eller indeholder GMO'er skal sikre, at virksomhederne, der modtager produktet, er oplyst om dette. Endvidere skal de relevante entydige koder ("unique identifiers") til identifikation af den pågældende transformations-begivenhed oplyses til køber.

Ved markedsføring af færdigpakkede produkter, der består af eller indeholder GMO'er, skal virksomhederne sikre, at ordene "Dette produkt indeholder genetisk modificerede organismer" optræder på mærkningen. Oplysningerne om produktet skal videregives i alle efterfølgende stadier af markedsføringen.

Ved markedsføring af produkter fremstillet af GMO'er sikrer virksomhederne, at oplysninger om hvilke fødevaringredienser, fodermidler eller tilsætningsstoffer, der er fremstillet af GMO'er og som er anvendt i fødevaren eller foderstoffet, videregives til de virksomheder, der modtager produktet.

Med henvisning til forslaget til forordning om genetisk modificerede fødevarer og foderstoffer skal fødevarer og foderstoffer med et utilsigtet indhold på op til 1 pct. GMO'er ikke mærkes.

Inden forordningens bestemmelser kan træde i kraft, skal Kommissionen indføre et system til udvikling og tildeling af entydige koder. Herudover skal Kommissionen have opstillet tekniske retningslinier for prøvetagning og analyse for indhold af GMO'er.

Systemet for tildeling af entydige koder skal tage hensyn til udviklingen i de relevante internationale fora. Således arbejdes der såvel i regi af Cartagena-protokollen om biosikkerhed ("Biosafety-protokollen") som i OECD med udarbejdelse af et sådant system.

Bilag 5 Status for markedsføringsansøgninger GM-planter i EU (juli 2001)
(Kilde: Plantedirektoratet http://www.plantedir.dk/medd_eks/ags1_00.htm)

A: Godkendt til markedsføring i EU-kommissionen og optaget på sortliste eller godkendt til plantenyhedsbeskyttelse					
Notifikationsnr.	Plante	Anmelder	Egenskaber ¹⁾	Sortsnavne	Sortsliste/ Plantenyheds- beskyttelse
C/UK/94/M1/1 (kun frø)	Raps (<i>MS1</i> ; <i>RF1</i>)	Plant Genetic Systems	Hansterilitet/fertilitets- gendannelse Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Kan</i>	Archimedes Socrates PPA 14 PPA 16	/UK /UK /UK /UK
C/NL/94/25 (kun fremavl)	Cikoriesalat (rod) (<i>RM3-3</i> ; <i>RM3-4</i> ; <i>RM3-6</i>)	Bejo Zaden	Hansterilitet Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Kan</i>	Firestone Sam	NL EU NL EU
C/F/94/11-03	Majs (<i>Erent 176</i>)	Ciba-Geigy (nu Novartis)	Insektresistens (CryIA(b)) Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Amp</i>	César Cb Furio Cb Occitan Cb Compa Cb Jordi Cb Benji Garonna Navarès Pactol Cb Seven Odyssee	(F) (3 år) (F) - (F) - E; (P) E F (3 år) F - F.....- F - F - F -
C/F/95/12-02	Majs (<i>MON810</i>)	Monsanto	Insektresistens (CryIA(b))	Bolsa Elgina Lévin Olimpica Novélis DK 513	F (3 år) F -; (P) F - F - F - F -
C/F/95/12-07	Majs (<i>T25</i>)	AgrEvo	Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Amp (partiel)</i>	Chardon LL	NL
B: Godkendt til markedsføring af EU-kommissionen men ikke optaget på sortliste					
C/F/93/08-02	Tobak (<i>ITB 1000 OX</i>)	Seita	Herbicidtolerance (bromoxynil)		
C/UK/94/M3/1 (kun import) 2)	Sojabønne (<i>GT340-3-2</i>)	Monsanto	Herbicidtolerance (glyphosat)		
C/F/95/05-01	Raps (<i>MS1</i> ; <i>RF1</i>)	Plant Genetic Systems	Hansterilitet/fertilitets- gendannelse Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Kan</i>		
C/UK/95/M5/1 (kun import) 2)	Raps (<i>Topas 19/2</i> , <i>HCN92</i>)	AgrEvo	Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Kan</i>	-	-
C/GB/96/M4/1 (kun import) 2)	Majs (<i>Bt11</i>)	Northrup King (nu Novartis)	Insektresistens (CryIA(b)) Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium)	-	-
C/NL/96/14 3)	Nellike (<i>Linie 4, 11, 15, 16</i>)	Florigene	Ændret blomsterfarve Herbicidtolerance (sulfonyleurea)	-	-
C/NL/97/12 3)	Nellike (<i>Linie 66</i>)	Florigene	Forlænget holdbarhed Herbicidtolerance (sulfonyleurea)	-	-
C/NL/97/13 3)	Nellike (<i>959A, 988A 1226A, 1351A, 1363A, 1400A</i>)	Florigene	Ændret blomsterfarve Herbicidtolerance (sulfonyleurea)	-	-

C: Afventende godkendelser til markedsføring					
C/F/95/12-01/B	Majs (<i>MON809</i>)	Pioneer Hi-Bred	Insektresistens (CryIA(b)) Herbicidtolerance (glyphosat) (lav <i>Kan</i>)		
C/NL/94/25-A	Cikoriesalat (rød) (<i>RM3-3</i> ; <i>RM3-4</i> <i>RM3-6</i>);	Bejo Zaden	Hansterilitet Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Kan</i>		
C/DE/96/5	Raps (<i>Falcon GS40/90</i>)	AgrEvo	Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium)		
C/BE/96/01	Raps (<i>MS8</i> ; <i>RF3</i>)	Plant Genetic Systems	Hansterilitet/fertilitets- gendannelse Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium)		
C/DK/97/01	Foderroe (<i>A5/15</i>)	DLF-Trifolium Danisco Seed Monsanto	Herbicidtolerance (glyphosat)	Simplex	(DK) / (DK)
C/ES/96/02	Bomuld (<i>IPC 531</i>)	Monsanto	Insektresistens (CryIA(c)) <i>Kan</i> ; <i>Strep/Spec</i>		
C/ES/97/01	Bomuld	Monsanto	Herbicidtolerance (glyphosat) <i>Kan</i> ; <i>Strep/Spec</i>		
C/ES/96/01	Tomat (<i>TGT7F</i>)	Zeneca	Forsinket modning <i>Kan</i>		
C/SE/96/3501	Kartoffel (<i>EH92-527-1</i>)	Amylogene	Modificeret stivelse <i>Kan</i>		
C/DE/98/06	Raps (<i>Liberator</i> <i>pHoe6/Ac</i>)	AgrEvo	Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium)		
C/F/96/05-10 (NB: = C/GB/96/M4/1)	Majs (<i>Bt11</i>)	Novartis	Insektresistens (CryIA(b)) Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium)		
C/NL/98/08 (NB: = (C/F/95/12-02 x C/F/95/12-07)	Majs (<i>MON810 x T25</i>)	Pioneer Hi-Bred	Insektresistens (CryIA(b)) Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium)		
C/ES/98/01 (kun import)	Majs (<i>G421</i>)	Monsanto	Herbicidtolerance (glyphosat)		
C/GB/97/M3/2 TRUKKET TILBAGE!	Majs (<i>G421</i>)	Monsanto	Herbicidtolerance (glyphosat)		
C/NL/96/10 TRUKKET TILBAGE!	Kartoffel (<i>BK50-13</i> , <i>tBK50-66</i>)	AVEBE	Modificeret stivelse <i>Kan</i> ; <i>Amik</i>	Apropos Apriori	NL/EU NL/EU
C/NL/97/17 TRUKKET TILBAGE!	Majs (<i>DBT418</i>)	DeKalb	Insektresistens (CryIA(c)) Herbicidtolerance (glufosinat-ammonium) <i>Amp</i>		

- 1): Antibiotikaresistensgener: *Kan* = *kanamycin*; *Amp* = *ampicillin*; *Amik* = *amikacin*, *Strep/Spec* = *streptomycin/spectinomycin*
- 2): Materiale der importeres som høstprodukter skal ikke optages på sortsliste.
- 3): Prydplanter skal ikke optages på sortsliste.