



Jungtinių Tautų aplinkosaugos programos (JTAP/PAF)  
ir LR aplinkos ministerijos projekto  
„Biosaugos sistemos įgyvendinimas Lietuvoje“  
Nr. GFL-2328-2716-4935

**Leonas Grinius, Daumantas Matulis, Saulius Serva,  
Dalius Misiūnas, Ramūnas Valiokas**

---

# Modernios biotechnologijos saugaus naudojimo ir vystymo perspektyvos Lietuvoje

AUTORINIS DARBAS

Vilnius, 2007

UDK 551.58  
Bi307

Išleista Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos (AM) ir  
Jungtinių Tautų aplinkos apsaugos programos (UNEP)  
Pasaulinio aplinkos fondo (GEF) projekto  
„Biosaugumo sistemos įgyvendinimas Lietuvoje“ lėšomis

**Autoriai:**

Prof. Habil. Dr. Leonas Grinius, nepriklausomas konsultantas

Dr. Daumantas Matulis, Biotermodinamikos ir vaistų tyrimo laboratorijos vedėjas, Biotechnologijos institutas, Graičiūno g. 8, LT-02241, Vilnius, Lietuva

Dr. Saulius Serva, Graičiūno g. 8, LT-02241, Vilnius, Lietuva

Dr. Dalius Misiūnas, SWECO BKG, A. Goštauto g. 11, LT-01108, Vilnius, Lietuva

Dr. Ramūnas Valiokas, Molekulinių darinių fizikos laboratorijos Funkcinių nanomedžiagų skyrius, Fizikos institutas, Savanorių pr. 231, LT-02300, Vilnius, Lietuva

Šis leidinys be specialaus leidėjų sutikimo gali būti platinamas ir  
naudojamas mokymo ar kitais ne pelno siekiančiais tikslais.

ISBN 978-9955-668-98-5

© LR Aplinkos ministerija, 2007  
© Vši Gamtos paveldo fondas, 2007  
© Leonas Grinius, 2007  
© Daumantas Matulis, 2007  
© Saulius Serva, 2007  
© Dalius Misiūnas, 2007  
© Ramūnas Valiokas, 2007

# Turinys

1. ĮVADAS.....	5
2. GENETIŠKAI MODIFIKUOTI ORGANIZMAI (GMO): JŲ POVEIKIS APLINKAI, ŽMONIŲ BEI GYVŪNŲ SVEIKATAI IR EKOLOGIŠKAI ŠVARAUS MAISTO GAMYBAI .....	6
<i>Leonas Grinius</i>	
2.1. Genetiškai modifikuotų organizmų (GMO) kūrimas ir panaudojimas.....	6
2.2. Visuomenės nuomonė apie GMO ir genetiškai modifikuotą (GM) maistą .....	8
2.2.1. Mums nereikia jūsų Frankenšteino maisto .....	10
2.2.2. Požiūris į GMO Lietuvoje.....	10
2.2.3. JAV požiūris į GMO.....	14
2.2.4. Didžiosios Britanijos (JK) požiūris į GMO.....	16
2.2.5. Europos Parlamento GMO politika .....	18
2.3. GMO ir GM maisto sąvokos.....	19
2.3.1. Genetinė inžinerija – metodas GMO kūrimui .....	19
2.3.2. GM maisto gamyba .....	20
2.3.3. GM augalų kūrimas .....	20
2.3.4. GM augalų pasėliai pasaulyje.....	22
2.4. Ateities galimybės.....	24
2.5. GMO ir GM maisto saugumas .....	25
2.5.1. GMO saugumas .....	25
2.5.2. GMO poveikis žmonių ir gyvūnų sveikatai .....	26
2.5.3. Manomas GMO toksiškumas: Showa Denko atvejis.....	27
2.5.4. Ar GMO gal sukelti alergijas? .....	29
2.5.5. Sumažintas mikotoksinų kiekis GM maiste.....	30
2.5.6. Nepriklausomų Europos mokslo žurnalistų nuomonė apie GM maisto saugumą.....	30
2.5.7. Išvados apie GM maisto saugumą.....	31
2.6. GMO poveikis aplinkai .....	32
2.6.1. Jungtinės Karalystės (JK) pavyzdys: GM rapsų poveikis vabzdžių populiacijoms .....	32
2.6.2. Ar Bt kukurūzai yra toksiški vabzdžiams? .....	33
2.6.3. Ar galima kaltinti GMO dėl bičių nykimo? .....	34
2.6.4. Ar GMO gali kelti pavojų aplinkai, pvz. sąlygoti super – piktžolių atsiradimą? .....	35
2.6.5. Kaip išvengti transgenų “pabėgimo”? .....	39
2.6.5.1. Transgeno išlaikymas augale.....	39
2.6.5.2. Transgeninių poveikių sumažinimas .....	40
2.6.6. Ateities galimybės.....	41
2.7. GMO politika pasaulyje .....	42
2.8. Rekomendacijos GMO ir GM maisto saugiam naudojimui.....	44
2.8.1. GMO gali užtikrinti aplinkos subalansuotumą ir padidinti maisto gamybą.....	44
2.8.2. Moksliniais duomenimis pagrįstas GMO saugumas.....	45
2.8.3. GMO potencialiai keliamas pavojus .....	46
2.8.4. GM augalų atsparumas herbicidams ir pesticidams: galimybė sumažinti cheminių medžiagų naudojimą žemės ūkyje.....	46
2.8.5. Biotechnologinėms kompanijoms tenka visa atsakomybė už bet kokią GMO žalą aplinkai ir žmogaus sveikatai .....	47
2.9. Rekomendacijos saugiam GMO naudojimui Lietuvoje:.....	47
2.10. Literatūra.....	48
3. BIOMEDICINIAI TYRIMAI IR PRAMONĖ: BIOSAUGA IR ETIKOS NORMOS .....	49
<i>Daumantas Matulis</i>	
3.1. Įvadas .....	49

# Modernios biotechnologijos saugaus naudojimo ir vystymo perspektyvos Lietuvoje

4

3.2. Biovaistai .....	50
3.3. Genetinė žmogaus modifikacija .....	51
3.4. Embrionai ir kamieninės ląstelės .....	53
3.5. Situacija Lietuvoje .....	54
3.6. Išvados .....	55
3.7. Literatūra .....	59
<b>4. BIOTECHNOLOGIJA IR PREKYBA .....</b>	<b>56</b>
<i>Saulius Serva</i>	
4.1. Apibrėžimas .....	56
4.2. Pagrindinės sąvokos .....	56
4.3. Biotechnologijos pramonė pasaulyje ir Lietuvoje .....	57
4.4. Išvados ir rekomendacijos .....	59
4.5. Literatūra .....	59
<b>5. APLINKOS BIOTECHNOLOGIJA .....</b>	<b>60</b>
<i>Dalius Misiūnas</i>	
5.1. Įvadas .....	60
5.2. Bioremediacija .....	60
5.2.1. Kanalizacijos vanduo ir pramoninės nuotekos .....	60
5.2.2. Geriamas ir apdorotas vanduo .....	61
5.2.3. Oras ir dujų atliekos .....	61
5.2.4. Grunto ir dirvožemio priežiūra .....	61
5.2.5. Kietos atliekos .....	62
5.3. Identifikavimas ir kontrolė .....	62
5.3.1. Teršalų užfiksavimas ir kontrolė .....	62
5.3.2. Bioremediacijoje naudojamų mikroorganizmų identifikavimas ir kontrolė .....	63
5.3.3. Ekologinių padarinių fiksavimas ir kontrolė .....	63
5.4. Prevencija .....	63
5.4.1. Proceso tobulinimas .....	63
5.4.2. Produktų novatoriškumas .....	63
5.5. Genetinės inžinerijos progresas .....	64
5.5.1. Pramonės procesai .....	64
5.5.2. Alternatyvios kuro rūšys .....	64
5.5.3. Užterštumo kontrolė .....	64
5.6. Įstatymai .....	64
5.7. Aplinkos biotechnologijos taikymas Lietuvoje .....	65
5.8. Išvados ir rekomendacijos .....	65
<b>6. BIOTECHNOLOGIJOS IR NANOTECHNOLOGIJOS SINTEZĖ .....</b>	<b>66</b>
<i>Ramūnas Valiokas</i>	
6.1. Nanobiotechnologija .....	66
6.2. Biotechnologija ir nanoskopinių medžiagų mokslas .....	66
6.3. DNR grandinės ir nanjunginiai .....	68
6.4. Baltymų lustai ir nanodariniai .....	69
6.5. Nanobiotechnologija Lietuvoje .....	70
6.6. Išvados ir rekomendacijos .....	71
6.7. Literatūra .....	72
<b>AUTORIŲ TRUMPOS BIOGRAFIJOS .....</b>	<b>73</b>

## Ivadas

Šioje studijoje autoriai pateikia visuomenės nuomonės ir mokslinės genetinės modifikacijos (GM) panaudojimo žemės ūkyje bei medicinoje problemų analizę. Daugelyje šalių požiūris į GMO (genetiškai modifikuotus organizmus) yra gana neigiamas. GM produktai ir pagamintieji iš jų daugeliu atvejų yra laikomi nesaugiais ar net pavojingais. Tačiau egzistuoja mažai mokslinių argumentų, kurie neginčijamai įrodytų GM produktų daromą žalą. Be to, šiuo metu trūksta plačiai visuomenei ir atsakingų institucijų atstovams skirtos populiaros informacijos. Tad šios įvadinės studijos autoriai apžvelgia pagrindines su GMO šiuo metu pasaulyje susijusias diskusijas plačiai visuomenei suprantama kalba.

Studija sudaryta iš 5 dalių.

Pirmojoje studijos dalyje (2 skyrius) prof. dr. Leonas Grinius analizuoja genetiškai modifikuotų organizmų naudojimą žemės ūkyje bei jų poveikį maisto produktams. Išsamiai aprašomi pagrindiniai pasaulyje vykę ir tebevykstantys su GMO susiję debatai.

Antrojoje dalyje (3 skyrius) dr. Daumantas Matulis, apžvelgia biomedicinos tyrimus ir pramonę, nagrinėja GM objektus, jų pritaikymą Lietuvoje ir pasaulyje, daug diskusijų keliančių rekombinantinių baltymų, ge-

netinės žmogaus modifikacijos, klonavimo, žmogaus embrionų bei kamieninių ląstelių biosaugos ir bioetikos aspektus.

Trečiojoje dalyje (4 skyrius) dr. Saulius Serva aptaria biotechnologijos pramonės būklę, akcentuodamas aktualius biotechnologijos pramonės pasiekimus ir problemas, bei pateikdamas rekomendacijas, kaip Lietuvoje jų išvengti.

Ketvirtojoje dalyje (5 skyrius) dr. Dalius Misiūnas apžvelgia biotechnologijos pasiekimų pritaikymą aplinkosaugoje, akcentuoja taršos mažinimo ir monitoringo klausimus.

Penktojoje, paskutinėje studijos dalyje (6 skyrius), dr. Ramūnas Valiokas, aptaria naujas technologijas, kuriose naudojami GMO, būtent nanobiotechnologijas, DNR matricas ir baltymų rinkinių technologijas.

Studijos autoriai vieningai tvirtina, jog visame pasaulyje plačiai išvystytos GM technologijos lėtai skverbiasi į Lietuvą. Lietuva stengiasi rasti optimalų kelią – saugiai ir efektyviai naudoti bei vystyti naujas technologijas, kuriose naudojami GMO. Autoriai tikisi, kad ši įvadinė studija bus naudinga visuomenės švietimui ir modernios biotechnologijos saugaus naudojimo ir pritaikymo Lietuvoje galimybių sklaidai.

## 2. Genetiškai modifikuoti organizmai (GMO): jų poveikis aplinkai, žmonių bei gyvūnų sveikatai ir ekologiškai švaraus maisto gamybai

Šioje dalyje nagrinėjamos temos:

- Pagrindinės GMO technologijos kryptys;
- Saugaus GMO naudojimo ir pritaikymo žemės ūkyje ir maisto pramonėje analizė;
- Galimas GMO poveikis žmonių ir gyvūnų sveikatai bei aplinkai;
- Ekologiškai švaraus maisto gamyba;
- Biosaugos principai ir saugaus GMO naudojimo ir pritaikymo žemės ūkyje ir maisto pramonėje taisyklės;
- GMO Rekomendacijos saugiam GMO naudojimui Lietuvoje.

### 2.1. Genetiškai modifikuotų organizmų (GMO) kūrimas ir panaudojimas

Genetiškai modifikuotų organizmų (GMO) pritaikymo galimybės yra didelės. Aplinkosaugoje azoto kaupimo savybė sėkmingai taikoma genetiškai modifikuotų (GM) augalų sektoriuje, taip padidinant iš jų gaunamą derlių. Genetiškai modifikuotas augalas yra atsparus herbicidams ar insekticidams, tad natūralu, jog tokių augalų pagalba galima efektyviai mažinti trąšų, pavyzdžiui pesticidų, herbicidų ir kitų pavojingų aplinkai chemikalų naudojimą. Savo sudėtyje turintys papildomus vitaminus ar mineralines medžiagas GMO puikiai talkina žmogaus sveikatos apsaugos srityje.

Anksčiau, norint pakeisti paveldimas organizmų savybes, buvo plačiai naudojami kryžminimas ir selekcija. Taikant šiuos metodus, buvo padaryta didelė pažanga, vis dėlto – tai lėtas procesas. Tad su genetinės

inžinerijos metodų atsiradimu atsivėrė ir naujos biotechnologinės galimybės – tapo įmanoma greičiau ir nuosekliau keisti organizmo genomą įterpiant svetimą genetinę medžiagą. Tikimasi, kad agronomai genetinės inžinerijos metodo pagalba galės gauti didesnę derlių, perdirbti ir pagaminti pakankamai maisto už prieinamą kainą.

Tiesa, GMO technologijos panaudojimas turi savų trūkumų. Pavyzdžiui, atsparumą pesticidams lemiantys genai iš GM augalų gali patekti į piktžolės arba į giminingų augalų laukines veisles ir užteršti tradiciškai arba ekologiškai auginamus augalus ar jų sėklas. Todėl, kad išvengti žalos kitiems organizmams, būtina imtis tinkamų saugos priemonių. Taip pat, derlingumui esant nepastoviam, papildomų trąšų poreikis gali padidėti, o ne sumažėti. Egzistuoja nuomonės, kad GMO vartojimas gali tapti įvairių sveikatos sutrikimų priežastimi. Todėl kiekvienu atskiru atveju būtina kruopščiai ištirti kiekvieną, tam tikru mastu nenuspėjamą poveikį galintį turėti GMO.

Kitas svarbus modernios biotechnologijos aspektas – intelektualios nuosavybės teisės bei tarptautinių kompanijų – sėklų ir cheminių medžiagų tiekėjų įtaka. Šie veiksniai gali sąlygoti ekonominę (ypatingai besivystančių šalių) priklausomybę, apriboti ūkininkų pasirinkimo laisvę.

GMO naudojimą tiek pasauliniu mastu, tiek ir Europos Sąjungoje (ES) reguliuoja tarptautiniai reglamentai ir direktyvos. Kiekviena ES narė turi tam tikras teises reguliuoti GMO naudojimą savo šalies nacionaliniu mastu. Biologinės įvairovės konvencijos

Kartachenos Biosaugos protokolas yra vienintelis tarptautinis susitarimas, reglamentuojantis saugų GMO naudojimą pasauliniu mastu.

GMO naudojimo klausimas svarbus įvairioms suinteresuotoms visuomenės grupėms: vartotojams, ūkininkams, kurie naudoja GMO ir puoselėja ekologinės žemdirbystės principus, aplinkosauginei ir biotechnologinei pramonei. Jų interesai platus, o dėl anksčiau išvardintų priežasčių reglamentuoti GMO sektorių yra sudėtinga. Kiekvienu atskiru GMO naudojimo atveju reikia numatyti galimas neigiamas pasekmes ir užkirsti joms kelią – tokiu būdu lengviau išryškinti ir teigiamus GMO naudojimo aspektus.

Kitą vertus, būtina įvertinti pasaulio gyventojų skaičiaus didėjimo įtaką žemės ūkiui reikmėms naudojamai žemei. Pasaulio gyventojų skaičius 1900 metais siekė 1 milijardą. Tuo tarpu 2000 metais Pasaulio populiaciją sudarė jau 6 milijardai ir prognozuojama, jog iki 2050 metų šis skaičius užaugs iki iki 9 – 10 milijardų. Iki prieš 40 metų prasidėjusios, Pietų Amerikos bei Azijos žemynuose išplitusios Žaliosios revoliucijos besivystančių šalių ūkininkai miškus, džungles ir dykumas vertė dirbamomis žemėmis ir taip galėjo išmaitinti sparčiai augančią gyventojų populiaciją. Vėliau, Žaliosios revoliucijos metu, sukurtos produktyvesnės augalų veislės, kurios leido ženkliai padidinti derlių tuo pačiu nežymiai praplečiant dirbamos žemės plotus. Žinoma, auginamų kultūrų derlingumą didinti galima paprasčiausiai auginant ir kultivuojant žinomus augalų pasėlius – tereikia augalus susodinti tankiau arba didinti dirbamos žemės plotus. Tačiau, norint tomis pačiomis sąlygomis gauti didesnę derlių, tenka didinti augalų atsparumą piktžolėms, kenkėjams ir ligoms. Taigi, tenka naudoti daugiau trąšų pesticidų, herbicidų, o kartu – dirbtinai pasėlius drėkinti. Visa tai susiję su gerai žinoma rizika. Nors

tokiu būdu didesnę derlių gauti įmanoma, tačiau dideli monokultūromis užsodinti intensyvios žemdirbystės regionai daro didelį neigiamą poveikį ekologiškai pusiausvyrai, mažina biologinę įvairovę. Tikėtina, jog augantis maisto poreikis sąlygos svarbių ekosistemų sunaikinimą, todėl itin svarbu rasti efektyvią ir perspektyvią alternatyvą.

Išsivysčiusiose vakarų šalyse taikoma hibridizacija, trąšų ir žemės ūkio technologijų panaudojimas sąlygoja išaugusią maisto produktų gamybą. Ši pasiekė tokį lygį, jog jos augimą imta reguliuoti augalų fotosintezės pagalba. Kadangi šios išsivysčiusios šalys pagamina ir, jei leis dabartiniai klimato kaitos procesai, ateityje pagamins pakankamai maisto saviems poreikiams tenkinti – dabartinės jų problemos iš esmės skiriasi nuo besivystančiųjų, kuriose skurdas ir badas verčia nedelsiant imtis skubių ir efektyvių priemonių.

Besivystančioms šalims būtina ieškoti kitų būdų, nei brangios trąšos ar naujausia žemės ūkio technika. Genų inžinerijos pagalba modifikuoti, atsparūs augalų kenkėjams ir tolerantiški ekstremalioms aplinkos sąlygoms, pavyzdžiui sausrui, augalai būtų efektyvus sprendimas. Jų pagalba būtų galima išlaikyti kaimo bendruomenių ūkius. Duotuoju atveju GMO technologijų kompanijos turėtų ūkininkus aprūpinti tokiomis sėklomis, kurios būtų geriau prisitaikiusios prie vietinių aplinkos sąlygų.

Yra pakankamai priežasčių, įrodančių realią GMO naudą didinant maisto gamybą ilgalaikėje perspektyvoje, vis dėlto, šiame kelyje tenka įveikti nemažai mokslinių ir politinių kliūčių. GMO šalininkai yra atsidurę tikrai sunkioje padėtyje – jiems tenka nuolatos iš naujo įrodinėti savas tiesas bei technologijos privalumus ir taip gaišti laiką pasiekti apčiuopiamus rezultatus. Panašiai elgiasi ir neigiamai atsiliepiantys apie GMO technologijos galimybes GMO priešininkai.

ES Prekybos Komisaras p. Peter Mandelson savo kalboje, pasakyoje Briuselyje 2007 metais Europos Biotechnologijos dienos proga, perspėjo, kad Europos ūkininkai gali patirti rimtų sunkumų, jei ES nesumažins atotrūkio tarp savosios GMO patvirtinimo sistemos ir pašarus eksportuojančių šalių sistemų. Jis pažymėjo, kad jei nebus imtasi priemonių saugioms biotechnologijoms patvirtinti, Europai gresia ekonominis atsilikimas. ES Komisaras citavo paskutinę EK ataskaitą, kurioje nurodoma, kad Europos šalims gali kilti sunkumų importuojant pašarus iš trečiųjų pasaulio šalių pagal ES taisykles ir dėlto ES gyvulininkystės sektorius gali patirti didelių sunkumų. Jis pastebėjo, kad ...atsiribojimas nuo tarptautinės prekybos žemės ūkio biotechnologiniais produktais, atitinkančiais patikimus biosaugos standartus, nėra tinkamas ES politicos žingsnis. ES Prekybos Komisaras p. Peter Mandelson teigė, kad žmonijai 2050 metais pasiekus 9 milijardų ribą, maisto poreikis padvigubės. Tuo metu, nepaisant klimato kaitos pokyčių, žemės ūkis turės pagaminti papildomai augalinės masės ir teikti žaliavas energijos pramonės gamybai. ES Komisaras pabrėžė, kad yra visiškai nepateisinama atsisakyti peržiūrėti GM maisto panaudojimo galimybes šių problemoms spręsti.

Kaip pavyzdį galima paminėti naują sojos pupelių atmainą Roundup Ready 2, kurią išvedė Monsanto. Numatoma, kad pagrindinės soją ir jos produktus į ES eksportuojančios šalys: JAV, Argentina ir Brazilija patvirtins šią naują veislę iki 2009 metų pabaigos. Tuo tarpu, šios veislės sojos patvirtinimo procesas ES užtruks dar keletą metų ir, labai tikėtina, jog tai sąlygos importuojamų sojos produktų stygių.

Remiantis Agrar Europe cituojama EK Žemės ūkio reikalų AGRI Generalinio direktorato paskelbta ataskaita, ES galiojančios komplikuotai ilgos GM augalų patvirtinimo procedūros gali turėti Europos mėsos

pramonei neigiamą poveikį. Jei JAV naujas GM augalas patvirtinimas vidutiniškai per 15 mėnesių, tai ES analogiška procedūra tęsiasi nuo 2,5 iki 10 metų.

Minėtoje ataskaitoje numatomi dideli pokyčiai ES mėsos pramonėje, sukelti sojos panaudojimo kiaulininkystės ir paukštiniųkystės ūkiams skirtų pašarų gamyboje. Blogiausiu atveju, ES importuojamos sojos deficitas išaugtų iki 32 milijonų tonų. Iš jų, tik apie 20 procentų galėtų būti papildyta vietine produkcija.

Tikėtina, kad 2010 metais kiaulienos gamybos apimtys ES salyse sumažės daugiau kaip trečdaliu, o paukštienos gamyba – beveik 50 procentų. Tik jautienos gamybos apimtys gali likti nepakitusios. Numatoma, kad kiaulienos importas padidės daugiau nei 50 kartų, jautienos – 3 kartus, paukštienos – 150 procentų. ES eksportas radikaliai sumažės: nebus eksportuojama nei paukštiena, nei jautiena, o eksportuojamos kiaulienos apimtys gali sumažėti 85 procentus.

## 2.2. Visuomenės nuomonė apie GMO ir genetiškai modifikuotą (GM) maistą

Visuomenės požiūrį ir nuomonę apie GMO lemia kelios pagrindinės vidinės ir išorinės racionalios ir iracionalios nuostatos. Vidinės nuostatos siejamos su moraliniu klausimu – dėl vieno ar kitų priežasčių žmonės mano, jog GMO kūrimas yra nenatūralus, religines nuostatas pažeidžiantis procesas. Nagrinėjant vidines priežastis, išorinės nebetenka prasmės – lygiai taip, kaip diskutuoti apie mirties bausmės įvykdymo metodus nebelieka prasmės, jei iš esmės nepritariama šios bausmės moralinėms nuostatoms.

Vidinės priežastys apima tokias nuostatas:

- GMO kūrimas nėra natūralus procesas;
- Mokslininkai arogantiškai bando vaidinti Kūrėją;



- Žmogus nepagrįstai pretenduoja į precdento neturintį istorinį galios įrodymą;
- Gyvybės patentavimas yra nepagarba jai;
- Demonstruodamas aroganciją, puikybės ir nepasitenkinimą, žmogus kišasi į natūralaus gyvenimo procesą, neteisėtai „ištrindamas“ ribas tarp egzistuojančių rūšių.

Visi žinome, kad kai kurie žmonės nevalgo gyvulinės kilmės maisto, nes jų tikėjimas neleidžia vartoti savyje gyvūnų genus turinčių transgeninių augalų. Ir šias teorijas sunku, jei iš viso įmanoma, paneigti, nes jos pagrįstos ne faktais, o tvirtu tikėjimu. Reikia pripažinti, jog iki šiol nėra sukurtas ar įsteigtas toks mokslinis komitetas, kuris galėtų paneigti vidinius – dvasinius argumentus.

Išoriniai racionalūs prieštaravimai GMO labiau remiasi faktais ir loginio mąstymo argumentacija. Jie daugiau nagrinėja GMO technologijos pritaikymo pasekmes. Tokio pobūdžio prieštaravimai remiasi galimu pražūtingu GMO poveikiu gyvūnų ir žmonių sveikatai bei aplinkai. Potencialus GMO poveikis gamtinėms ekosistemoms apima galimą aplinkos katastrofą, neišvengiamą biologinės įvairovės mažėjimą bei negrąžinamą atmosferos, dirvožemio bei vandenų praradimą ar degradavimą. Žala žmogaus sveikatai apima GM maisto keliamą riziką ateities žmonių kartoms, sumažėjusį besivystančių šalių moterų ir vaikų mitybai auginamo maisto saugumą, socialinės nelygybės įteisinimą šiuolaikiniame žemės ūkyje, vis didėjančią atotrūkį tarp labiau išsivysčiusių pramoninių šalių ekonomikų Šiaurės pusrutulyje ir mažiau išsivysčiusių valstiečių ūkių ekonomikų Pietų pusrutulyje.

Šia proga galima būtų prisiminti legendą apie Prometėją, mirtingiesiems atnešusį ugnį. Ar žmonija atneštąją ugnį užgesino? Ne, žmonės pasistengė išmokti, kaip geriausiai ja pasinaudoti.

Akivaizdu, jog išvadas teks pasidaryti patiems. Ir geriausia – remiantis tokiais moraliniais etiniais kriterijais kaip individo asmens teisės ir laisvės, pareiga neskriausti kito nekalto žmogaus, pareiga atsižvelgti į gamtos grožį, vientisumą ir pusiausvyrą, išlaisvinti išnaudojamus ir žeminamus žmones, įveikti blogį pasaulyje.

Pirmiausia, GMO šalininkų nuomone, reikėtų atsisakyti kategoriškumo. Ir ne vien draudžiant auginti GM grūdines kultūras ar naudoti GM mikroorganizmus aplinkos velymui. Kiekvienas individualus prašymas dėl GMO panaudojimo turėtų būti vertinamas pagal konkrečiai to GMO savybes – galimus sukelti pavojus ir galimybes jų išvengti.

Pradžioje, GMO gamintojai labiausiai rūpinosi ir didžiausią dėmesį skyrė tų GMO savybių kūrimui, kurio buvo ūkininkams ir gamintojams. Stigo betarpiško ryšio ir bendravimo su visuomene, kuris, galų gale, suformavo skeptišką vartotojų požiūrį GMO atžvilgiu kai kuriose šalyse.

Dėl didelio nepasitikėjimo kontrolės institucijomis bei visuomenės etika kai kuriose ES visuomeninėse organizacijose netgi įsigalėjo baimė GMO technologijoms. Pavyzdžiui, galvijų kempinligė ir kiti su maistu susiję skandalai daugeliui europiečių sukėlė maisto baimę. Pasitaikę ligos atvejai paskatino žmones manyti, kad ES kontrolės tarnybos nesugebėjo šiai ligai užkirsti kelio. Tuo tarpu, JAV išvengė kempinligės. Tikėtina, kad dėl šios priežasties dauguma JAV vartotojų mažai jaudinasi dėl genetiškai modifikuoto maisto.

Konkurencija su JAV paskatino Europos maisto gamintojus kurstyti baimę užsienio konkurentų įmonėse pagamintiems GM produktams. Verta akcentuoti, jog GM produktų nesėkmė Europos rinkoje glaudžiai susijusi ir su švietimo sistemos nesėkme – dėl pastarosios Europoje yra likęs mokslškai neišprususių žmonių sluoksnis, kuriuo

lengvai manipuliuoja dezinformatoriai. Be to, dalis žmonių išsivysčiusiose šalyse maistą gauna nemokamai, todėl jiems ne visada aiški GMO technologijų nauda. Tarkim, žmonės labai aiškiai supranta gydomąjį vaistų poveikį sveikatai, bet visai nesuvokia, kaip GMO pritaikymas žemės ūkyje galėtų jus apsaugoti nuo mirties.

Netylant ginčams dėl GMO technologijų, pastarųjų šalininkai argumentuoja, kad kurti ir plėtoti GMO yra etiškai pateisinama, nes GMO, nesukeldami jokių neigiamų pasekmių aplinkai ar visuomenei, gali padėti išmaitinti alkanus vaikus. Tuo pačiu, jie teigia, kad vystyti tokius GMO, kurie neduos nieko gero ir net gali numarinti alkanus vaikus yra etiškai nepateisinama, kaip ir tokių GMO, kurie, neįvertinus ilgalaikių pasekmių aplinkai, galėtų paskatinti super piktžolių atsiradimą. Remiantis šiais argumentais, etiška, teisinga ir tikslinga yra kurti tokius GMO, kurie padės efektyviau panaudoti ariamą žemę, teiks maisto medžiagas ir vitaminus nusilpusiems žmonėms, sumažins sintetinių chemikalų panaudojimą žemės ūkyje. Toliau bus pateikiami keli specifiniai visuomenės nuomonės dėl GMO technologijų taikymo pavyzdžiai.

### 2.2.1. Mums nereikia jūsų *Frankenšteino* maisto

Genetiškai modifikuoto maisto priešininkai, remdamiesi Mary Shelley novelės herojumi Frankenšteinu, dažnai jį pavadiną Frankenmaistu. Šį terminą 1992 metais New York Times žurnalui rašytame laiške, atsakydamas į JAV Maisto ir Vaistų Administracijos sprendimą leisti kompanijoms prekiauti genetiškai modifikuotu maistu, pirmasis panaudojo Bostono koledžo anglų kalbos profesorius Paul Lewis. Terminas Frankenmaistas tapo europiečių karo šūkiu JAV – ES kare dėl laisvos prekybos žemės ūkio produktais.

Kai kas argumentuoja, kad pasaulyje maisto yra daugiau nei reikia ir problemą kelia ne gamyba, o paskirstymas. Šios nuomonės šalininkai tarsi netiesiogiai užsimena, jog žmonėms nederėtų siūlyti potencialai pavojingo maisto. Teigti jį esant pavojingu leidžia prielaida, kad genetinės modifikacijos gali turėti nenumatytų pasekmių tiek patiems modifikuotiems organizmams, tiek juos supančiai aplinkai.

Tačiau, kai kurie mokslininkai, pavyzdžiui Henry I. Miller iš Stanfordo Hoover instituto ir Gregory Conko iš konkuruojančio valstybinio instituto pateikia argumentuotus įrodymus, kad rekombinantinės DNR suliejimo metu modifikuotas maistas nepasižymi jokiais papildomais specialiais pavojais, priešingai – gali pagerinti milijonų žmonių visame pasaulyje gyvenimą.

Specialios GMO ir GM maisto saugaus naudojimo problemos bus aptariamoms atskirai. Taip pat ir visuomenės požiūris į GMO trijose skirtingose pasaulio valstybėse: Lietuvoje, JAV ir Jungtinėje Karalystėje. Lietuva buvo pasirinkta kaip šalis, kurioje parašyta ši studija, JAV – kaip pasaulio biotechnologijos lyderė, Jungtinė Karalystė (JK) – kaip biotechnologijos lyderė Europoje.

Situacija JK akcentuotina dar ir dėl to, kad britai pasižymi sveiku protu ir sugeba jį taikyti visose gyvenimo srityse, įskaitant ir biotechnologiją. Jų mokslo bendruomenė nevengia visuomeninių debatų, o ekspertų nuomonės yra ypatingai vertinamos sprendžiant sudėtingus GMO klausimus.

### 2.2.2. Požiūris į GMO Lietuvoje

Genetiškai modifikuotų organizmų (GMO) panaudojimas mūsų šalyje yra apibrėžtas Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarime „Dėl Aukštųjų technologijų plėtos programos patvirtinimo“ ([http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_)

id=224096). Šis dokumentas biotechnologiją apibūdina kaip pritaikomojo ir techninio mokslų susijungimą tam, kad genetiškai modifikuotos ląstelės ir organizmai galėtų būti panaudoti gamybos ir paslaugų sferoje; dokumentas puikiai iliustruoja vyraujančią suvokimą, jog Lietuvoje šiuolaikinė biotechnologija negali apsieiti be genetiškai modifikuotų organizmų (GMO) panaudojimo.

Biotechnologijos kontrolės ir sprendimų priėmimo procesas po 5 parengiamųjų darbų metų mūsų šalyje formaliai užbaigtas 2003 metais. Suinteresuotos valstybinės institucijos: Sveikatos apsaugos ministerija, Ūkio ministerija, Žemės ūkio ministerija ir Aplinkos ministerija yra atsakingos už biotechnologijos politikos formavimą Lietuvoje.

Sprendimų priėmimo procese dalyvauja iš įvairių valstybinių institucijų ir organizacijų paskirtų atstovų sudaryti du nacionaliniai komitetai. Iš 20 balso teisę turinčių narių ir 10 papildomų stebėtojų sudarytas GMO valdymo priežiūros patariamasis komitetas teikia rekomendacijas tiesiogiai Aplinkos ministerijai. Šio komiteto sudėtyje yra valdančių ministerijų (Sveikatos apsaugos, Aplinkos), Valstybinės maisto ir veterinarijos tarnybos, bei NVO (Lietuvos Žaliųjų judėjimas) ir universitetų atstovai. Daugelis komiteto narių turi mokslinį išsilavinimą ir/arba užima savo organizacijose įtakingą padėtį. GMO mokslinį ekspertų komitetą sudaro laboratorijose ar mokslo institucijose dirbantys techniniai ekspertai. GMO valdymo priežiūros komitetui prašant GMO mokslinis komitetas svarstomu klausimu gali teikti nepriklausomą mokslinę nuomonę.

Jei pasiekama bendra nuomonė, GMO valdymo patariamasis komitetas savas rekomendacijas teikia Aplinkos ministerijai, kuri, savo ruožtu, pateiktos informacijos pagrindu ruošia rekomenduojamą sprendimą. Pastarasis išsiunčiamas visoms suinteresuotoms institucijoms. Apibendrinus ir įverti-

nus gautas nuomones, Aplinkos ministerija priima galutinį sprendimą. Tokio betarpiško dalyvavimo proceso metu formuojama plataus spektro nacionalinė politika, tame tarpe ir įprastų bei GM pasėlių koegzistencijos (sambūvio) taisyklės (sąmoningo GMO išleidimo į aplinką mokslo bandymų tikslais), nuomonės dėl ES Komitetuose vykstančių balsavimų biotechnologijos klausimais.

2006 metų spalio 24 dieną LR Vyriausybė patvirtino Aukštųjų technologijų plėtros programos įgyvendinimo priemones 2007 – 2013 metams. Išskirtinis dėmesys jose skiriamas biotechnologijai.

Biotechnologijos vystymo priemonės Lietuvoje apima:

- Naujų biologiškai aktyvių medžiagų fermentų paiešką, siekiant sukurti naujus produktus arba pagerinti gamtoje randamus analogus;
- Technologijų, skirtų patogenų aptikimui, kūrimą;
- Naujosios technologijos tinkamų, atsparių kenkėjams ir patogenams augalų, kuriems būtų priskiriamos pageidaujamos savybės, kūrimą, taikant genų inžinerijos metodus;
- Naujų piktybinių ląstelių atpažinimo metodų, naudojant ląstelių paviršiaus žymenis, kūrimą;
- Naujos kartos individualių priešvėžinio gydymo metodų atradimą;
- Suaugusių kamieninių ląstelių tyrimų bei jų pritaikymo terapijoje vystymą;
- Terpių sudedamųjų dalių kamieninių ląstelių auginimui gamybą;
- Kamieninių ląstelių banko bei naudojimosi juo reglamento sukūrimą.

Lietuvos biotechnologijos vystymo įgyvendinimo priemonių plane, kuriam pritarė ir LR Vyriausybė, yra numatytas transgeninių augalų kūrimas, naudojantis genetinės inžinerijos metodais.

Agro-biotechnologijos srityje tyrimai atliekami šiose institucijose: Lietuvos žemdirbystės institute (Dotnuvoje), Lietuvos Sodinkystės ir daržininkystės institute (Babtuose), Lietuvos miškų institute (Girionyse), Lietuvos Žemės ūkio universitete (Kaune), Biotechnologijos institute (Vilniuje) ir Vilniaus Universitete. Bendrai, šiose institucijose agro-biotechnologijos srityje dirba apie 100 žmonių. Kai kurios iš jų jau užmezgė kontaktus su transgeninių augalų gamyboje pirmaujančiomis kompanijomis. Šių kontaktų dėka, BASF atstovai 2006 metų spalio mėnesį kreipėsi į LR Aplinkos ministeriją su prašymu leisti auginti Lietuvoje eksperimentinius GM rapsus. Prašymą apsvairstė GMO valdymo priežiūros patariamasis ir GMO mokslinis ekspertų komitetas bei rekomendavo šiems moksliniams bandymams pritarti.

2007 metų balandžio mėnesį Lietuvoje belankiusi ES komisarė M. Fischer Boel taip pat parėmė minėtus eksperimentus. Ji pabrėžė, kad saugūs žmonėms ir nekenksmingi aplinkai genetiškai modifikuoti augalai ES gali būti kultivuojami. Siekiant apsaugoti nuo galimo savaiminio genų išplitimo, GMO augalai turi būti auginami atskirai nuo kitų augalų. Ponia Fischer Boel pažymėjo, kad ji rekomendavo ES šalims narėms imtis įstatyminių priemonių, siekiant užkirsti kelią genų mainams tarp GM ir kitų augalų.

Aplinkos ir Sveikatos apsaugos ministerijos buvo pasiruošę paremti pareiškimą dėl bandymų su GM rapsais, tačiau įsikišo labia aršiai prieš pasisakę žaliųjų organizacijų atstovai. Galiausiai prašymas buvo atmestas. Amėsdamą jį, Aplinkos ministerija oficialiai pažymėjo, kad sprendimas priimtas atsižvelgus į visuomenės ir suinteresuotųjų institucijų nuomones bei įvertinus neigiamą poveikio aplinkai galimybę.

Monsanto taip pat prašė leidimo GM (atsparių Roundup'ui) kukurūzų lauko bandy-

mams Lietuvoje. Tačiau, nelaukdama GMO valdymo priežiūros ar GMO mokslinio komiteto išvadų, Aplinkos ministerija 2007 metų balandžio mėnesį priėmė neigiamą sprendimą. Šiam sprendimui didelę įtaką turėjo LR Seimo aplinkos komiteto nepritarimas GMO pasėlių auginimui Lietuvoje.

2007 metų liepos mėnesį Europos maisto saugos tarnyba (EFSA) iš naujo įvertino visą turimą informaciją ir patvirtino genetiškai modifikuotų kukurūzų MON863 saugumą. Tačiau, ES GMO ekspertų komitetas dar nemato priežasties peržiūrėti savo ankstesnę nuomonę dėl saugumo šią kukurūzų rūšį naudoti.

Stebintys nesąžiningos prekybos veiklą visame pasaulyje JAV specialistai išreiškė susirūpinimą dėl Lietuvos valdžios sprendimo uždrausti GM augalų lauko bandymus, kuriam trūko mokslinio pagrindo. Smulkesnė informacija skelbiama 2007 metų balandžio mėnesio JAV Pasaulinio Žemės Ūkio Informacijos tinklo užsienio reikalų žemės ūkio tarnybos (GAIN) paruoštoje ataskaitoje apie Lietuvos biotechnologijos raidą. Šią ataskaitą LH7002 Biotechnologija Lietuvoje galima rasti internete adresu: <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200704/146280747.pdf>.

Amerikiečiai pastebėjo, kad neigiamas LR Aplinkos ministerijos sprendimas rapsų atveju prieštaravo mokslinių ekspertų nuomonei. JAV atstovai pažymi, kad jie ir toliau stebės šią situaciją bei dirbs su ES vadovybe, siekdami užtikrinti, kad Lietuva laikytųsi ES ir kitų tarptautinių įsipareigojimų GMO prekybos srityje.

LR Aplinkos ministerijos užsakymu Fonetel visuomenės apklausos centras 2007 metų pradžioje atliko suinteresuotų visuomenės grupių apklausą. Joje dalyvavo 1000 vyresnių nei 18 metų amžiaus gyventojų iš visos Lietuvos. Apklausą parodė, kad 60 procentų nepitaria genetiškai modifikuotų augalų auginimui Lietuvoje. Kai kurie as-

menys pripažino naudą – apie 30 procentų apklaustųjų manė, kad technologijos galėtų pagelbėti gaminant daugiau maisto bei mažinant badą, o apie 20 procentų respondentų sutiko, kad GMO yra svarbūs mokslo pažangai.

Apibendrinus apklausos rezultatus, paaiškėjo, kad visuomenė nėra pakankamai informuota apie biotechnologijos naudojimo galimybes maisto pramonėje, nes beveik 70 procentų minėtoje apklausoje dalyvavusių lietuvių teigė, jog jie nevartoja jokio su GMO susijusio maisto. Tuo tarpu, Lietuvos rinkoje gausu maisto produktų, gaminamų iš GM augalų ar jų sudėtinių dalių:

**KEPIMO ALIEJAI:** Brolio, Lankų, Sodžiaus, Kolumbo, Tėviškės, Augalinis aliejus, Dolores, Maxima, Optima linija, Perla, Karolina, Žemaičio, Aukselis, Saulutė, Omi-li, Huilor, Oilio, Vitela, Luccija, Jasmine, Caroli, Zitos sojų aliejus.

**SALDUMYNAI:** Šokoladai: Dinastija, Safari, šokoladiniai vafliai Smakdown, ledinukai Vkus lesciny – siurpriz, šokoladinis kremas Cikonella, riešutų kremas Finetti.

**MARGARINAI:** Optima linija, Aukselis, Aima, Listte, Extra, Osrini.

**MAJONEZAI:** Sodžiaus, Provanso.

Žaliųjų judėjimams priklausančios politinės partijos Baltijos šalyse, ypač Estijoje ir Lietuvoje, aktyviai pasisako prieš biotechnologijų naudojimą. Žaliosios partijos Baltijos šalyse populiarumą įgijo 1990 metų pradžioje. Vėliau, kuomet Baltijos šalyse prioritetu tapo ekonomikos atstatymas, jos prarado beveik visas vietas parlamente. Tačiau, globalinės klimato kaitos aktualijos bei susirūpinimas dėl GMO joms padėjo atgimti. Pavyzdžiui, Estijos žalieji 2007 metų pradžioje vykusiuose parlamento rinkimuose laimėjo beveik 7 procentus balsų. Lietuvos žalieji tampa vis labiau aktyvesni bandydami paveikti valdžios sprendimus ir visuomenės nuomonę.

Lietuvos žaliuosius padrąsino sėkminga

protesto akcija, kurios pasekoje Aplinkos ministerija uždraudė Lietuvoje vykdyti bet kokius eksperimentus su transgeniniais augalais. Šiuo metu LŽJ tinklalapyje (internetinis adresas: [www.zalieji.lt](http://www.zalieji.lt)) skelbiama apie tiekiančių Lietuvai genetiškai modifikuotą maistą tarptautinių kompanijų vykdomą lietuvių tautos genocidą. Kai kurie žaliųjų aktyvistai polemizuoja dėl Lietuvos mokslininkų kompetencijos GMO srityje, kaltindami juos noru iš tarptautinių kompanijų pasiimti dotacijas mainais už galimybę vykdyti savo mokslinius tyrimus.

Kaip mokslinį GM maisto žalingo poveikio įrodymą Lietuvos žalieji cituoja A. Puztai (1999) ir I. Jermakovos (2005) publikacijas. Tai darydami, žalieji ignoruoja kritiškus A. Puztai darbo vertinimus, kurie šioje studijoje bus aptariami vėliau. Žalieji neatsižvelgia ir į tai, kad I. Jermakova iki šiol nepublikavo savo eksperimentų jokiam recenzuojamame mokslo žurnale. Vienintelis sensacingų kaltinimų apie transgeninių sojų žalingą poveikį eksperimentinėms žiurkėms šaltinis – jos privatus internetinis puslapis. Susirūpinimą kelia ir tai, kad, nepaisant jos rėmėjų pastangų, JAV nacionalinis sveikatos institutas nerado jokio mokslinio pagrindo pakartoti I. Jermakovos darbą.

Ūkininkų sąjungos Lietuvoje nėra tokios įtakingos kaip kaimyninėje Lenkijoje. Įtakingiausia yra ekologinės žemdirbystės koalicija, ryžtingai pasisakanti prieš GMO ir siekianti, kad Lietuva išliktų laisva nuo GMO.

Vis dėlto, Lietuvos gyventojai pasitiki mokslininkų nuomone dėl GMO technologijų labiau nei bet kuria kita visuomenės grupe, pavyzdžiui: ūkininkais, valstybinėmis institucijomis ar aplinkosauginėmis organizacijomis. Apmaudu tik, kad šie, net ir puikiai suvokdami biotechnologijos naudą, iki šiol neturi suformavę savo interesus ginančios ir biotechnologijos vystymąsi skatinti galinčios grupės ar organizacijos.

2007 metais LR Aplinkos ministerija pradėjo plačią visuomenės informavimo apie biotechnologijų programą, kurios tikslas – pateikti mokslškai pagrįstą ir subalansuotą požiūrį į GMO technologijas. Tikslines programos grupes sudaro mokytojai, ūkininkai, politikai, įstatymų leidėjai bei vartotojai. 2007 metų vasario viduryje Vilniaus priemiestyje įvyko pirmasis šios programos renginys, turėjęs pristatyti modernios technologijos panaudojimo galimybes Lietuvoje. Renginys buvo skirtas valstybės valdymo institucijų atstovams, vartotojams ir kitoms visuomenės grupėms. Jo metu vykusiam nacionaliniame seminare dalyvavo skirtingų sričių mokslininkai, vyko klausimų – atsakymų sesijos ir atviros diskusijos. Keliose po seminaro vykusiose diskusijose aptartos ir naujų technologijų vystymo Lietuvoje galimybės, o kai kurių aktyvių aplinkos apsaugos visuomeninių organizacijų atstovai išreiškė atvirus prieštaravimus bet kokiam GMO technologijos naudojimui Lietuvoje.

2007 metų balandžio pradžioje LR Aplinkos ministerija organizavo specialiai LR Seimo nariams skirtą mokomąjį seminarą. Balandžio viduryje šioje srityje dirbantiems mokslininkams organizuotas seminaras, skirtas GMO rizikos vertinimo klausimams spręsti. Planuojama 2007 metų rudenį suorganizuoti dar keletą teminių seminarų platesniam dalyvių ratui.

### 2.2.3. JAV požiūris į GMO

Nacionaliniu mastu atliktos telefoninės apklausos (Hallman. 2003, 2004) rezultatai parodė, kad Amerikos visuomenė taip pat nėra pakankamai informuota. Nors 48 procentai apklaustųjų žino, kad GM maistas parduodamas parduotuvėse, tačiau kiek mažiau nei du trečdaliai teigia jo nevalgę. Žinant kaip plačiai JAV GM augalai yra naudojami maisto gamyboje, tokie teiginiai tik

įrodo, jog visuomenė visai nežino tikrosios padėties.

94 procentai JAV apklaustųjų respondentų norėtų, jog produktai, savo sudėtyje turintys GM sudėtinių dalių, būtų ženklinaimi. 31 procentas apie GM pasėlius atsiliepusių neigiamai, teigė, jog norėtų pirkti GM produktus, jei GM augalai būtų auginami atsižvelgiant į aplinkosauginius reikalavimus, o 26 procentai tvirtino, jog jie apsispręstų pirkti, jei jų (GM produktų) sudėtyje būtų mažiau riebalų, palyginus su įprastiniu maistu. Respondentams nebuvo lengva atsakyti į klausimą apie galimas GM maisto pasekmes žmogaus sveikatai. Daugiau kaip 1/3 (37 procentai) respondentų teigė nemanantys, kad GM maistą valgyti sveika, tuo tarpu 18 procentų tuo abejojo.

Svarbu paminėti, jog į klausimą, kokias temas jie norėtų pamatyti išvaizduojamoje televizijos laidoje apie GM maistą, dauguma respondentų teigė, jog juos labiausiai domintų galimas GM maisto poveikis žmogaus sveikatai ir aplinkai. Mažiausiai juos domintų kainos. Remiantis atliktos apklausos duomenimis, galima teigti, kad Amerikos visuomenė apie žemės ūkyje naudojamas biotechnologijas nėra informuota. Vertinant galimą riziką ir naudą, apklaustiesiems rūpėjo galimas tokių biotechnologijų poveikis žmogaus sveikatai bei aplinkai.

Kompanijos Pew Initiative 2005 metais atlikta apklausa patvirtino žemą amerikiečių kompetencijos apie GMO ir GM maistą lygį, bei patvirtino neigiamą jų nuomonę apie gyvūnų klonavimą. Šioje apklausoje išryškėjo tendencija, kad Amerikos vartotojai nėra naujų technologijų priešininkų šalininkai, tačiau siekia aktyvios GMO administruojančių institucijų pozicijos, kuri užtikrintu naujų produktų saugumą. Norint geriau suvokti JAV visuomenės informuotumo apie GMO taikymą žemės ūkio technologijose stygių, Kramer ir Thompson 2004 metais peržiūrė-

jo pagrindinių nacionalinių dienraščių vedamuosius straipsnius, būtent: Los Angeles Times, New York Times, Wall Street Journal ir Washington Post. Prieita išvados, kad publikacijų apie žemės ūkio biotechnologijas, kurios labiausiai domintų visuomenę, toli gražu nėra pakankamai. Straipsniuose daugeliu atvejų akcentuojamas visuomenės sąmoningumo ir atsakingumo ugdymas, nagrinėjami socialiniai ir ekonominiai klausimai, o sveikatos bei aplinkos apsaugos problemos paliekamos nuošalėje.

Kramer ir Thompson padarė išvadą, kad straipsniai apie žemės ūkio biotechnologiją neatspindi visuomenės interesų ir todėl negali būti laikomi naudingais. Autoriai pabrėžė straipsnių tendencingumą, išskyrus tuos atvejus, kuomet atsitikdavo koks nors rezonansinis su biotechnologijų panaudojimu žemės ūkyje susijęs įvykis, liečiantis ir sveikatos bei aplinkos apsaugos klausimus.

Įdomu, kad apie 550 Amish vietovės Pensilvanijoje fermerių, gerai žinomų dėl jų pasipriešinimo naujų technologijų inovacijoms, nusprendė kultivuoti GM augalų pasėlius, nes šie augalai nereikalauja taikyti intensyvios žemdirbystės metodų (mažiau trąšų, pesticidų, kt.), leidžia pasiekti didesnę derlingumą (laikantis specialių sąlygų) ir neprieštaruoja Amish vietovėje nusistovėjusiam gyvenimo būdai (<http://www.whybiotech.com/index.asp?id=3947> ir <http://www.squidoo.com/amishfarm/>).

Amish fermeriai yra žinomi visame pasaulyje savo sąžiningumu ir gaminamų maisto produktų kokybe. Jų kultivuojama gyvulininkystė bei kruopščiai ir rūpestingai gaminami ekologiški maisto produktai laikomi vienais geriausių pasaulyje. Vis dėlto, net ir šie smulkūs fermeriai kasmet patiria vis daugiau problemų, dalis jų bankrutuoja ir traukiasi iš žemės ūkio verslo.

Svarbu akcentuoti, kad žymi dalis Amish fermerių, vengusių tokių inovacijų, kaip te-

lefonas ir elektra, priėmė biotechnologiją. Pensilvanijoje iš tiesų auga GM sėklas naudojančių fermerių skaičius. Priežastis tikiausiai ta, kad tik taip įmanoma įprastą gyvenimo būdą derinti su ūkininkavimu. Pensilvanijos Amish fermeriai teigia, kad tik biotechnologiniu metodu auginamas tabakas duoda jiems dvigubai didesnę pelną.

Aš asmeniškai pritariu biotechnologijos naudojimui, Associated Press agentūrai sakė Amish fermeris Daniel Dienner. Manau, kad šia nauja technologija ateityje pasinaudos ir kiti fermeriai. Dienner yra vienas iš 550 Amish fermerių Pensilvanijoje, jau nuo 2001 metų auginantis genetiškai modifikuotą, nikotino neturintį tabaką. Kiti Amish fermeriai jau ne vienerius metus augina eksperimentines žemės ūkio kenkėjams ir virusams atsparias GM bulves.

GM tabaką pradėjo auginti Vector Tobacco kompanija, naudojusi jį cigaretėse Quest, skirtose rūkaliams padėti atsikratyti šio žalingo įpročio. Dienner teigimu, Vector Tobacco kompanija moka apie 1,50 dolerio už 1 svarą benikotininio tabako, taigi – beveik dvigubai daugiau, nei už 80 centų kainuojantį tradicinio tabako svarą.

GM tabakas iš 1 akro žemės (apie 0,4 ha) ploto gali padidinti pajamas iki 3.500 dolerių, lyginant su 300 – 400 dolerių iš to paties ploto gaunamomis pajamomis už tradicinės grūdines kultūras. Tai leido daugeliui fermerių tęsti ūkininkavimo tradicijas. Jei ne šis tabakas, aš jau būčiau pasitraukęs iš žemės ūkio verslo. Mes turime 3 metų sutartį. Bet norėčiau, kad ji būtų bent 10 metų. – Associated Press agentūrai teigė vienas Amish fermerių.

Amish fermerių teigimu, GM augalų pasėliai neprieštaruoja įprastam jų gyvenimo būdai ir leidžia jų šeimoms išsaugoti tiesioginį ryšį su dirbama žeme.

#### 2.2.4. Didžiosios Britanijos (JK) požiūris į GMO

JK visuomenės požiūris į GMO plačiai išnagrinėtas D. Burke (2004) apžvalgoje. Šis autorius 1989–1997 metų laikotarpiu vadovavo JK Naujų maisto produktų patarėjų komitetui. Žemiau apžvelgsime keletą D. Burke darbo temų.

D. Burke savo apžvalgoje nurodo, kad esminę įtaką JK vykusiuose GMO debatuose turėjo žiniasklaida ir nevyriausybinės visuomeninės organizacijos (NVO). Britų dienraščiai aršiai konkuruoja dėl didesnių tiražų. Skaitytøjai, nors ir nelabai tikėdami, tačiau su malonumu skaito gąsdinančias istorijas, o mokslininkai nesuvokia žiniasklaidoje skelbiamų straipsnių. Visą tai sąlygoja neramus masinėse informacijos priemonėse.

Puiki dovana žiniasklaidai buvo vengro Árpád Pusztai 1998 metų rugpjūčio 10 dieną per televiziją, o vėliau 1999 metų vasario 12 dieną per spaudos konferenciją JK Parlamento Žemuosiuose Bendruomenių rūmuose pristatytas pranešimas, kuriame buvo teigiama, kad genetiškai modifikuotos bulvės pakenkė jomis šertoms žiurkėms. Vėliau šie duomenys buvo paskelbti recenzuojamame žurnale (Ewen and Pusztai, 1999), kuriuos Karališkoji draugija (1999) detaliai ištyrė ir pareiškė, kad nerado jokių įtikinančių įrodymų dėl neigiamo GM bulvių poveikio. Nors Pusztai pareiškimai dėl neigiamo GM bulvių poveikio nebuvo paremti įrodymais (Chen, 2003), daugelio to meto laikraščių antraštės kaitino skaitytojų vaizduotę. Žemiau pateikiamos Burke (2004) surinktos žiniasklaidos reakcijos į Pusztai spaudos konferenciją:

Ar mums gresia mutantų keliami rizika? Express on Sunday, 1999 metų vasario 21 diena;

Mokslininkų išspėjimas dėl GM augalų ryšių su meningitu. Daily Mail, 1999 metų balandžio 26 diena;

Mokslininkų keliami baimė dėl GM maisto, galinčio sukelti naujas alergijas. Express, 1999 metų balandžio 30 diena;

Atskleidžiant GM maisto produktų bausimus. Express, 1999 metų gegužės 12 diena;

GMO žiedadulkės – mirties debesis drugeliams. Daily Mail, 1999 metų gegužės 20 diena;

GM kiauliena meniu sąrašė. News of the World, 1999 metų gegužės 23 diena;

GM maistas – rizika milijonams. Guardian, 1999 metų gegužės 24 diena;

GM maistas gąsdina pasaulį. Observer, 1999 metų birželio 20 diena;

Mėsa gali būti pavojingas Frankenšteino maistas. Daily Mail, 1999 metų liepos 6 diena;

M&S parduoda genetiškai modifikuotą Frankenšteino maistą. Independent on Sunday, 1999 metų liepos 18 diena.

2003 metų spalio 16 dieną, prieš paskelbiant lauko bandymų rezultatus, keliuose Britų dienraščiuose pasirodė nemažai straipsnių su antraštėmis, kurios akivaizdžiai buvo skirtos paveikti visuomenės nuomonę, suteikti ją prieš GM. D. Burke (2004) nurodo kelis tokių straipsnių antraščių pavyzdžius:

Ar GM – naujas monstras? Daily Mail, 2003 metų spalio 10 diena;

Kaip klastojami GM eksperimentų rezultatai. Independent on Sunday, 2003 metų spalio 12 diena;

GM augalų bandymų nesėkmė griauja GM įrodymus. Independent on Sunday, 2003 metų spalio 12 diena;

Sulaikykite GM pasėlių plitimą (vedamasis straipsnis). Independent on Sunday, 2003 metų spalio 12 diena;

Apynasris GM pasėliams – vabzdžių tarša. Daily Telegraph, 2003 metų spalio 14 diena;

Naujų generacijų užteršimas. Daily Mail, 2003 metų spalio 14 diena.



Net ir po ataskaitos paskelbimo dauguma dienraščių kartu su gautais rezultatais paskelbė ir komentarą apie genetinės modifikacijos pabaigą Jungtinėje Karalystėje. Iš tiesų, atliktų bandymų metu buvo tiriamas ne GM augalų poveikis aplinkai, bet skirtingas naudoto herbicido poveikis įvairių tipų piktžolėms. Šių studijų rezultatai pateikti kitame skirsnyje.

Daugelio to meto laikraščių priešiškuoju stiprino NVO profesionaliai GMO tematika organizuotos diskusijos, įtaigus informacijos diskutuojamais klausimais pateikimas žiniasklaidai. Būtent pastarosios organizacijos pasirodė besą puikiai organizuotos, kryptingai veikiančios ir konkrečių tikslų siekiančios, gerai finansuojamos struktūros. Jos žinojo kaip pakeisti paprastą istoriją ir kaip gautąją intrigą patraukliai pateikti žurnalistams. Jų tikslas buvo ne diskutuoti apie mokslinius faktus ir duomenis, bet formuoti visuomenės nuomonę, todėl bet kokios diskusijos negalėjo remtis ir nesirėmė įprasta moksline logika. NVO nesiekė rasti bendrai priimtina sprendimą, bet norėjo įteigti vienintelę bekompromisę nuomonę. Pajutę bet kokią prieštaravimą, jie pereidavo prie kito klausimo, niekada nepripažindami savo neteisumo.

D. Burke savo apžvalgoje pažymi, kad kritiškai mąstantys mokslininkai, priešingai negu NVO, žino kad mokslas ne visada gali pateikti aiškias išvadas. Tuo požiūriu mokslinės išvados niekada nebūna galutinės ir, lyginant jas su trumpais, aiškiais ir dažnai nepagrįstais NVO tvirtinimais, moksliniai teiginiai visuomenės disputuose dažniausiai nebūna įspūdingi.

Árpád Pusztai sukeltose diskusijose mokslinė bendruomenė nuolat užleisdavo savo pozicijas. Tuo tarpu, GMO priešininkai kone kasdien prasimanydavo vis naujų istorijų dienraščių vedamiesiems. Mokslininkai, neturėdami pakankamai laiko greitai reaguoti į vis naujus straipsnius, tegalėjo gintis.

Galiausiai žiniasklaidos reakcija iššaukė iki tol neregėtai griežtą JK mokslo bendruomenės atsaką. 2003 metais JK mokslininkai kartu su daugiau kaip 150 kitų pasaulio šalių mokslininkų, įskaitant ir Nobelio premijos laureatą, DNR gardelės struktūros atradėją James Watson, pasirašė laišką, kurį įteikė Britanijos Ministrui Pirmininkui Tony Blair, atkreipdami dėmesį į teigiamą biotechnologijos poveikį tradicinei žemdirbystei daugelyje pasaulio šalių.

Šį laišką pasirašė tokie įžymūs mokslininkai, kaip Peter Raven (Missouri Botanikos sodai), Ingo Potrykus (Aukšinių ryžių išradėjas), Gurdev Khush (legendinis ryžių veislių kūrėjas ir pasaulio Maisto prizo laimėtojas), Florence Wambugu (knygos Afrika: kaip biotechnologija gali pagelbėti neturtingiems ir alkaniems autorius), Charles Arntzen (augalinės kilmės vakcinų išradėjas) ir Roger Beachy (Danforto Augalų mokslo centras St. Louis).

Profesorius James Ochanda iš Nairobio Universiteto finansiškai parėmė minėtą laiško kampaniją, nes tikėjo, kad priešingai racionališkai alternatyvai, Europos biotechnologijos pagrindas – ideologija. Afriekiečiams GM augalų pasėliai yra nepamainomi kovoje su badu ir nepilnaverte mityba. Kol Europoje vyksta diskusijos dėl tokios biotechnologijos panaudojimo galimybių, ji yra nepamainomai būtina besivystančioms šalims, norint sėkmingai spręsti kai kurias mums (Afrikos valstybėms) labai svarbias socialines problemas.

JK ir kitose ES šalyse reikia skatinti GM augalų pasėlių įteisinimą, taip kaip ir kitur pasaulyje, tvirtino Indijos Biotechnologijos mokymo ir ugdymo fondo atstovas, prof. Kameshwar Rao, taip pat finansiškai parėmęs kampaniją. GM augalai padeda spręsti žemės ūkio produkcijai ir maisto saugai padidėjusius reikalavimus. Jie nekelia problemų, o priešingai – padeda jas spręsti.

Laiške mokslininkai rėmėsi asmenine patirtimi, kad GM augalus auginantys ūkininkai žemės ūkio kenkėjų kontrolei naudoja mažiau pesticidų bei tokiu būdu sumažina cheminių medžiagų poveikį aplinkai. Laiško autorių nuomone ... mums kelia susirūpinimą JK anti – mokslinių jėgų pastangos sukompromituoti mokslinius naujų technologijų tyrimus bei juos atliekančius tyrėjus.

Didžioji dauguma vadovaujančių mokslininkų visame pasaulyje pritaria GM augalų panaudojimui dabartiniame žemės ūkyje, sakė JAV įkurto Tuskegee Universiteto dr. C.S. Prakash, taip pat pasirašęs laišką T. Blair'ui. Iš tikrųjų egzistuoja daugybė mokslinių įrodymų, kad naudoti biotechnologiją žemės ūkio produktyvumo didinimo, sveikatos apsaugos bei darnios aplinkos plėtros užtikrinimo tikslais yra saugu ir naudinga.

Laiške JK Ministrui Pirmininkui mokslininkai išsakė susirūpinimą dėl vyriausybės atliktų mokslinių darbų apie naujas technologijas, įskaitant ir GM augalų panaudojimą žemės ūkyje, nes, anot jų, šios apžvalgos rėmėsi politiniais įsitikinimais, o ne moksliniais argumentais. Mokslininkai ragino vyriausybę sprendimų priėmimo procese remtis moksliniais pagrįstais argumentais, kurie skatintų saugų naujų technologijų pritaikymą, taip užtikrinant JK svarbią aplinkosauginę ir ekonominę naudą.

Laiškas JK Ministrui Pirmininkui Tony Blair buvo įteiktas 2003 metų spalio 30 dieną. Tų pačių metų lapkričio 7 dieną Ministras Pirmininkas atsakė: Aš tikiu, kad naujos technologijos turi didelį potencialą jų pritaikymui Didžiojoje Britanijoje ir JK Vyriausybė priims sprendimus, besiremdama moksliniais įrodymais ... ir nekreipdama dėmesio į išgąstingus bauginimus, tačiau tęs tvirtų mokslinių įrodymų paiešką.

### 2.2.5. Europos Parlamento GMO politika

Kai kurių ES regionų atstovai Europos Parlamente atvirai reiškia neigiamą požiūrį į GMO. Jie siekia gauti Europos Komisijos (EK) įgaliojimus vykdyti regioninę GMO politiką ir GMO uždrausti. ES regionų atstovai tokiai pozicijai paremti paruošė dokumentą, kuriame kritikuojama dabartinė ES galiojanti GM augalų galimo poveikio žmogaus sveikatai ir aplinkai stebėsenos sistema bei kaltinama Europos Maisto Saugos tarnyba (EFSA), kuri neva, nekreipia dėmesio į ES šalių ekspertų nuomonę.

Minėtos ataskaitos autorius Italijos Lazio regiono prezidentas p. Pietro Marrazzo teigia, kad EK remiasi tik ekonominiais argumentais, nekreipdama dėmesio į galimą GM augalų poveikį žmogaus sveikatai ir aplinkai. Jo manymu, reikia pabandyti suderinti skirtingus tikslus bei paruošti visapusiškesnę strategiją. Ponas Pietro Marrazzo pabrėžia, kad žemės ūkyje negalima tiesiogiai remtis sambūvio (koegzistencijos) samprata, jei pradžioje nenumatomos efektyvios stebėsenos (monitoringo) procedūros galimai rizikai žmogaus sveikatai ir aplinkai įvertinti. Jis atkreipia dėmesį, kad galiojanti tvarka rizikos vertinimą leidžia atlikti pačioms kompanijoms, kurios suinteresuotos GM produkto tiekimu į rinką (komercializavimu), o taip pat išreiškia susirūpinimą dėl teisinės sistemos neatitikimo reglamentuojant sėklų grynumą, kas, jo manymu, labai svarbu tinkamam sambūvio (koegzistencijos) taisyklių įgyvendinimui.

Šiame dokumente raginama iš naujo peržiūrėti produktų ženklavimo taisykles, pagal kurias gamintojai privalo ženklinti GM maisto produktus, savo sudėtyje turinčius GMO ar jų sudėtinių dalių daugiau nei 0,9 procento. Autorius teigia, kad ši slenkstinė riba turėtų būti sumažinta tradicinėje žemdirbystėje, kur gali būti pakartotinai registruojama

tarša aplinkoje bei maisto gamybos procese. Ekologinės žemdirbystės atvejais studijos autorius siūlo nustatyti kuo žemesnę nuliui artimą slenkstinę ribą ir taip sumažinti GMO iki techniškai neišvengiamo lygio.

Savuosius argumentus p. Pietro Marrazzo grindžia atliktų studijų pavyzdžiais (lieka neaišku, ar jos buvo publikuotos moksliniuose žurnaluose); studijose teigiama, kad esant tam tikroms klimato sąlygoms, GMO gali ilgai išlikti dirvoje bei prasiskverbti į gruntinius vandenis. Studijos autorius siūlo procedūrų atveju laikytis apsaugos priemonių išlygos, kuri leidžia ES šalims narėms ar atskiriems jų regionams uždrausti GM kultūrų auginimą jų teritorijose, kuomet yra galima tiesioginė grėsmė arba nėra pakankamų mokslinių argumentų atlikti pilną rizikos vertinimą. Europos socialistų partijos narys p. Pietro Marrazzo teigia, kad dabar galiojanti sprendimų priėmimo procedūra turi būti peržiūreta, norint išvengti išankstinio nesankcionuoto sąmoningo GMO išleidimo į aplinką ar jo riboto naudojimo.

Kol bus atsižvelgta į iškeltus klausimus, regioninės politikos šalininkai reikalauja laikytis dabar galiojančių kai kurių GMO draudimo politikos. Jų nuomone, atskiri Europos regionai turi teisę pasiskelbti laisvais nuo GMO.

P. Pietro Marrazzo akcentuoja regioninę atskirų ES šalių svarbą vertinant galimą pagal sambūvio taisyklės auginamų GM ir tradicinių augalų poveikį bei riziką. Todėl EK turėtų labiau atsižvelgti į regionines problemas ir daugiau lėšų skirti moksliniams tyrimams.

### **2.3. GMO ir GM maisto sąvokos**

Kaip jau 2004 metais nurodė p. D. Burke, mokslininkai ir visuomenė naudoja skirtingus vertinimo kriterijus. Mokslininkai biotechnologai naujų atradimų įgyvendinimą

priima kaip logiškai pagrįstą ir priimtina, tuo tarpu visus prieštaraujančius jų nuomonei traktuoja kaip neracionalius: Jei tik jie suvoktų mūsų darbų prasmę, visuomenė mums pritartų. Dažniausiai tai neatspindi tikrosios tiesos. Iš tiesų dažnokai besiskiriančios visuomenės ir mokslininkų nuomonės į tą pačią galimą riziką gali pasireikšti pasipiktinimu (tokia visuomenės nuomonė apie Monsanto), didele baime (taip daugelis atsilieptų apie galimą atominės elektrinės sprogimą) ir nežinojimu (tokia visuomenės nuomonė apie maisto švitinimą). Apibendrinus aukščiau išsakytas mintis, vis dėlto labai svarbu suvokti GMO technologijos mokslinį pagrindą. Be jo – jokia vaisinga diskusija GMO tematika yra neįmanoma.

#### **2.3.1. Genetinė inžinerija – metodas GMO kūrimui**

Dažniausiai genetiškai modifikuotas organizmas (GMO) apibūdinamas kaip organizmas, kurio genetinė medžiaga buvo pakeista naudojant specialią technologiją, geriau žinomą kaip rekombinantinė DNR technologija. Rekombinantinė DNR technologija pasižymi galimybe eksperimento metu sujungti skirtingų šaltinių DNR molekules į vieną molekulę. Tokia rekombinantinė DNR molekulė įterpiama į organizmą norint pakeisti jo savybes, pavyzdžiui, organizmo išorinį fenotipą.

Techniniu požiūriu, tiek genų inžinerijos, tiek ir tradicinės technologijos metodais sukuriamas genetiškai modifikuotas organizmas. Reikia pažymėti, kad bendruoju atveju terminas GMO netaikomas tiems organizmams, kuriuose genetinė medžiaga buvo pakeista įprastu kryžminimo arba mutagenezės būdais, nes šie metodai buvo atrasti anksčiau už rekombinantinę DNR techniką. Tiksliau sakant, dabartinis terminas GMO aprašo visus transgeninius organizmus (žr. žemiau).

Genetinės inžinerijos pradžia – eilė nuoseklių mokslinių atradimų, pradedant DNR molekulės atradimu ir baigiant pirmąją rekombinantine bakterija (*E. coli*), ekspresuojančia varlės geną (Cohen. 1973.). Tokia genetiškai modifikuota bakterija buvo pirmasis transgeninis organizmas, kuriame bakterija (*E. coli*) gavo kitos rūšies (varlės) geną. Tai paskatino mokslinės visuomenės susirūpinimą dėl galimo tarprūšinio genų maišymosi rizikos konstruojant transgeninius organizmus.

Asilomar konferencijoje, vykusioje Kalifornijoje prie Ramiojo vandenyno, mokslininkai sutarė, kad valstybės valdymo institucijos turi kontroliuoti rekombinantinės DNR mokslinius tyrimus, kol ši technologija bus pripažinta saugia (Berg. 1975.). Nežiūrint to, Herbert Boyer įkūrė pirmąją kompaniją Genentech, kurioje pritaikė rekombinantinę DNR technologiją. 1978 metais ši kompanija pranešė, kad pavyko sukonstruoti *E. coli* bakterijos štamą, galintį sintetinti žmogaus insulino baltymą.

Šiandien jau įprasta, kad transgeniniai organizmai kuriami genetinę medžiagą perkeliant iš vienos rūšies genomo į kitą, tokiu būdu gaunant naujus bruožus ir savybes. Kai naujų organizmo savybių negalima gauti tradicinio kryžminimo būdu, dažnai, norint įveikti tarprūšinius genetinius nesuderinamumus, pasitelkiami genetinės inžinerijos metodai.

Skirtingų rūšių genų sujungimas į tą patį genomą, įkeliant transgeninį geną, sukelia prieštaringas diskusijas. Nemažai žmonių mano, kad mokslas stengiasi beatodairiškai kištis į natūraliai nusistovėjusią tvarką gamtoje, ignoruojant daugeliui gerai žinomą natūralų genetinį kryžminimąsi, pavyzdžiui, horizontalaus genų perkėlimo atvejais.

Kai kurie visuomeninių organizacijų aktyvistai deda pastangas, kad GMO būtų uždrausti, kiti, tuo tarpu, reikalauja įteisinti

privalomą GM maisto ženklimą. Karštose diskusijose nagrinėjamos patentų apibrėžimo, nuosavybės teisių į genetinės inžinerijos būdu sukurtus GM produktus klausimai bei galimų nenumatytų pašalinių efektų pasireiškimo, visame pasaulyje sparčiai plintant GMO, temos. Šioje studijoje iš esmės nenauginėjami esminiai etiniai su GMO gamyba ir naudojimu susiję klausimai.

### 2.3.2. GM maisto gamyba

Genetiškai modifikuotas (GM) maistas – tai maisto produktas, kuris pagamintas iš GMO arba kurio sudėtyje yra GMO: augalų, gyvūnų, moikroorganizmų, pavyzdžiui, mielių. Nuo 1990 metų rinkoje nuolat atsiranda genetiškai modifikuotų produktų. Dažniausiai tokių GM maisto produktų randama sojos pupelių, kukurūzų, rapsų bei medvilnės aliejaus sudėtyje.

Daugelio ES šalių ir Japonijos vyriausybės pabrėžia galimą GM maisto produktų riziką, reikalauja užtikrinti ženklavimo bei susekamumo reikalavimų įgyvendinimą, kai tuo tarpu kitose šalyse, pavyzdžiui JAV, tokių reikalavimų nėra. Padėtis, kuomet laikomasi skirtingų GM maisto produktams taikomų reikalavimų, suteikė teisę JAV pareikšti pretenzijas dėl draudimo prekiauti GM produktais, taip pažeidžiant laisvos prekybos principus bei sąlygojant tarpvalstybinius prekybinius karus. Paminėtina, jog tuo pačiu metu daugelis ES ir Japonijos mokslinių institucijų nevertina rizikos dėl atsitiktinių GM maiste esančių tradicinių augalų priemaišų.

### 2.3.3. GM augalų kūrimas

Pomidoras FlavrSavr tapo pirmąją komerciniams tikslams skirta genetiškai modifikuota (GM) maistine kultūra, kurią sukūrė Kalifornijos valstijoje registruota kom-

panija Calgene. Ši kompanija 1992 metais augalą pateikė JAV Maisto ir vaistų administracijos (FDA) vertinimui. FDA administracija nustatė, kad pomidoras FlavrSavr iš esmės nekeltų grėsmės žmogaus sveikatai. Todėl nereikėjo taikyti specialaus ženklinimo reikalavimų.

1994 metais Calgene GM pomidorą pristatė rinkai. Šis kainavo 2–5 kartus brangiau už standartinius pomidorus. Nors rinkos naujokai FlavrSavr turėjo sunkumų konkurencinėje kovoje su tradiciniu būdu išaugintais Long – Shelf – Life (LSL) veislės pomidorais – konkurentais, 1995 metais Calgene įsigijo Monsanto kompanija.

Kompanija Zeneca panaudojo FlavrSavr pomodoro atmainą 1996 metų vasarą pristatyto Europos rinkai pomidorų padažo gamyboje. Pastarojo pomidorų padažo ženklinimas ir kainodara tapo tuometiniu vadybiniu eksperimentu, patvirtinusi, kad vartotojai Europoje linkę pritarti genetiškai modifikuotiems maisto produktams. Žinoma, išreikštas požiūris nebuvo įtakojamas vėliau pasireiškusio karvių kempinligės protrūkio, kuomet vartotojų pasitikėjimas valdžios atstovais labai susilpnėjo, pasipylė protestai prieš Monsanto siūlomas Roundup – Ready sojos pupelės.

Vėliau buvo sukurti kiti GM augalai, tokie kaip 1996 metais JAV ir Australijoje pradėta auginti atsparumu augalų kenkėjams pasižyminti medvilnė, herbicidams atsparios sojos pupelės, vabzdžiams kenkėjams atsparūs kukurūzai bei herbicidams tolerantiški kukurūzai, medvilnė ir rapsų atmainos.

Skirtingai nei ES, kur žemės ūkio plėtra skatinama subsidijomis, kitose šalyse (JAV, Australijoje ir kitose, nedotuojančiose žemės ūkio šalyse) dauguma minėtų GM augalų patvirtinti auginimui. Šie GM augalai plačiu mastu auginami ir tose besivystančiose pasaulio šalyse, kuriose žemės ūkis sudaro didžiąją bendros ekonomikos dalį (Argenti-

noje, Brazilijoje, Pietų Afrikos Respublikoje, Indijoje, Kinijoje).

Šiuo metu GM augalai auginami komerciniais tikslais. Svarbiausi iš jų: atsparumu herbicidams ir insekticidams pasižymintys sojos pupelės, kukurūzai, medvilnė ir rapsai. Kitų genetiškai modifikuotų augalų kultūros auginamos eksperimentiniuose bandymų laukeliuose: saldžios bulvės, atsparios tam tikram viruso štamui, kenkiančiam vienai iš 89 įvairių Afrikoje auginamų saldžių bulvių rūšių; papildomu geležies ir vitaminų kiekiu praturtinti auksiniai ryžiai; padidintu maitinės medžiagos – lizino kiekiu pasižymintys kukurūzai (siekiant sukurti geresnės kokybės baltyminių pašarų gyvuliams) bei nemažai įvairių augalų, galinčių geriau toleruoti abiotinės kilmės stresines sąlygas. Dažniausiai tokio pobūdžio stresinės sąlygos, pavyzdžiui, vandens ir azoto trūkumas, didelis dirvos druskingumas ar rūgštingumas, karštis pasireiškia augalo vegetacinio periodo metu (Oh. 2005., Kasuga. 2004., Pellegrineschi., 2004., Zhang. 2001.). Tokios įgytos augalų savybės užtikrina ilgesnį augalo vystymosi laikotarpį.

Transgeniniai ryžiai Kalifornijoje registruotos kompanijos Ventria Bioscience buvo sukurti siekiant pagerinti viduriavimo (diarėjos) gydymą – atstatant organizme prarastus skysčius (<http://www.ventria.com/news>). Daugelyje Afrikos Sacharos dykumos šalių ir kai kuriose Lotynų Amerikos ir Azijos valstybėse vidurių šiltinė yra antroji pagal mirštamumą liga, kasmet nusinešanti apie 2 milijonus žmonių gyvybių, daugelis iš jų – iki 5 metų vaikai. Paskutiniai Peru valstybės Limos vaikų ligoninėje (Instituto Especializado de Salud del Niño) bei Mitybos tyrimų institute (Instituto de Investigación Nutricional (Nutrition Research Institute)) atlikti bandymai patvirtino, kad specialūs pieno baltymai laktoferinas ir lizocimas (prekybinis pavadinimas Lactiva/Ly-

somin ORS), gaunami iš GM ryžių, pagerino medicininio tirpalo, naudojamo vidurių šiltinės gydymui, įsisavinimo efektyvumą. Vykdam atsitiktinę akląją studijos apklausą, buvo įvertinti 140 vaikų. Visi jie sirgo sunkia diarėjos forma ir buvo paguldyti į ligoninę. Vaikams, kurie vartojo specialų skystį Lactiva/Lysomin ORS, po tyrimų buvo nustatyti tokie teigiami rezultatai:

- Užfiksuotas 30 procentų trumpesnis vidurių šiltinės simptomų pasireiškimo laikotarpis. Vaikai, vartoję preparatą Lactiva/Lysomin su ORS sirgo vidutiniškai 3,67 dienas, tuo tarpu vartoję Lactiva ir Lysomin preparatą be ORS sirgo 5,21 dienas;
- 85,1 procento vaikų, vartojusių Lactiva/Lysomin su ORS pasveiko, tuo tarpu kontrolinėje grupėje tik išgyjo 69,2 procento mažųjų pacientų;
- Procentas vaikų, kurie iš naujo susirgo praėjus 48 valandoms po paskutinių diarėjos simptomų pasireiškimo buvo mažesnis grupėje, kurios pacientai vartojo Lactiva/Lysomin preparatą su ORS, nei kontrolinėje grupėje be Lactiva/Lysomin ORS gydymo (8,52 procento lyginant su 18,72 procento).

### 2.3.4. GM augalų pasėliai pasaulyje

Dauguma komerciniais tikslais auginamų GM augalų turi ryškų agronominį pranašumą prieš kitus augalus, pavyzdžiui, toleranciją herbicidams ar atsparumą vabzdžiams. Šios savybės yra naudingos ūkininkams ir aplinkai. Ekonominė GM augalų nauda daug reikšmingesnė besivystančiose šalyse, nei šalyse su išvystyta pramone, nes jose žemės ūkis užima didesnę ekonomikos ir tuo pačiu, darbo jėgos dalį, o taip pat – būtent šios šalys dažnai nukenčia nuo derliaus praradimo dėl vabzdžių kenkėjų antplūdžio – nuo jo galima sėkmingai apsisaugoti

uginant GM atsparius kenkėjams augalus. Pramoninių šalių vartotojai dažniausiai gali netiesiogiai pasinaudoti GM savybių gaunama, genetinės modifikacijos teigiamu poveikiu aplinkai išreikšta nauda, taip pat skatindami efektyvius žemdirbystei tinkamos ariamos žemės ir vandens panaudojimo būdus.

Neseniai Brookes ir Barfoot, PG Economics Ltd. publikuotoje studijoje GM pasėlių poveikis socialinei ekonominei raidai ir aplinkai – pirmieji devyneri metai 1996–2004, (žr. [http://www.pgeconomics.co.uk/GM\\_global\\_study.htm](http://www.pgeconomics.co.uk/GM_global_study.htm)) rašoma, kad žemės ūkio veikloje naudojami GM augalai sąlygojo žymų šiltnamio dujų emisijų sumažėjimą. Ši teigiamą efektą sąlygojo sumažėjęs (apie 1,8 milijardų litrų per paskutinius devynerius metus) kuro sunaudojimas žemės ūkyje ir dėl sumažėjusio arimo ir pagerėjusio žemės įdirbimo papildomai sulaukoma dirvoje esanti anglis. 2004 metais šis sunaudojamo kuro kiekio sumažėjimas sulyginamas su nepatekusių į atmosferą 10 milijardų tonų anglies dioksido kiekiu (šis kiekis galėtų atitekti 5 milijonų, t.y. 1/5 JK registruotų automobilių išmetamą anglies dioksido kiekį per vienerius metus).

Autoriai pažymi, kad auginant GM soją ir medvilnę, pasiekti didžiausi aplinkosauginiai laimėjimai – atitinkamai 19 ir 17 procentų sumažinus pesticidų vartojimą, sumažėjo ir aplinkai keliamas poveikis. Autorių duomenimis, pasauliniu mastu nuo 1996 metų GM pasėliai 6 procentais arba atitinkamai 172,5 mln. kilogramų sumažino purškiamų pesticidų kiekį. Tai atitinkant 1514 traukinio vagonų su aktyviomis pesticidų sudedamosiomis dalimis. Pasauliniu mastu naudojamų pesticidų kiekio sumažėjimas 2004 metais prilygo maždaug 1/3 Europos ariamosiose dirvose naudojamų aktyvių pesticidų sudedamųjų dalių.

Remiantis studija, bendrą ekonominę naudą ūkio sektoriuje sąlygojo svarbūs

aplinkosauginiai pasiekimai auginant GM kultūras. Tokiose pramoninėse šalyse kaip JAV ir Kanadoje, o taip pat besivystančiose šalyse – Kinijoje, Pietų Afrikoje ir Argentinoje sumažėjęs GM augalų poveikis aplinkai sąlygojo geresnį derlių.

Nuo 1996 metų bendras žemės ūkio pelningumas dėl padidėjusio žemės ūkio našumo ir produktyvumo pasauliniu mastu padidėjo 27 milijardais dolerių. Šis pelno augimas atitinka 3–4 procentus keturių pagrindinių žemės ūkio GM augalų produkcijos padidėjimą. Herbicidams atsparios sojos davė didžiausią naudą – daugiau kaip 17 milijardų dolerių pelno, tuo tarpu ūkininkai, auginę biotechnologinę medvilnę, per devynerius metus padidino savo pelną 6,5 milijardų dolerių.

Augintojai iš JAV ir Argentinos surinko didžiausią derlių, uždirbdami po 10 milijardų dolerių per praėjusius devynerius metų, tuo tarpu, Kinijoje GM medvilnę auginantys ūkininkai gavo po 4 milijardus dolerių pajamų.

Be jau minėtų ženklių GM augalų pasėlių kultivavimo pasiekimų, galima būtų paminėti ir netiesioginę naudą, kurią kiekybiškai įvertinti sunkiau, būtent – sumažinus žemės įdirbimo apimtis palengvėjo valdymo kaštai, padidėjo geros produkcijos išėiga bei pagerėjo derliaus kokybė.

PG Ekonomikos direktorius ir vienas iš parašytos studijos autorių Graham Brookes teigė: ...Kadangi pasaulis vis labiau diskutuoja apie būtinybę sumažinti šiltnamio dujų išmetimą į atmosferą, GM augalų pasėliai vaidina neabejotinai svarbų vaidmenį siekiant šio tikslo... Europos Sąjungoje šiuo metu pasigendama politinio ryžto pasinaudoti šia aplinkosaugine bei ekonomine nauda. Esu europietis, ir man sunku suprasti kodėl ES nepasinaudoja neabejotina galimybe išsaugoti gamtą ir padidinti iš žemės ūkio gaunamas įplaukas.

2006 metais iš JAV auginamų augalų rūšių 89 procentai sojos pupelių, 83 procentai medvilnės ir 61 procentai kukurūzų buvo genetiškai modifikuoti. GM sojos pupelės pasižymėjo tik tolerantiškumo herbicidams savybėmis, o GM kukurūzai ir GM medvilnė – tolerancija herbicidams bei atsparumu kenkėjams vabzdžiams. Pastarąją savybę sąlygojo *Bacillus thuringiensis* insekticidinio Bt baltymo ekspresija. 2002–2006 metų laikotarpiu padidėjo tiek Bt atsparumą turinčių medvilnės ir kukurūzų pasėlių plotai, tiek herbicidams tolerantiškų kukurūzų pasėlių plotai. Amerikos bakalėjos gamintojų asociacijos duomenimis 75 procentai visų pagamintų maisto produktų savo sudėtyje turėjo GM dalis.

Nors dauguma GM augalų pasėlių auginami Šiaurės Amerikoje, pastaruju metu pastebėtas spartus GM augalų pasėlių plotų didėjimas ir kitose pasaulio šalyse. Tai pasakytina apie Iraną, kur 2005 metais pirmą kartą pradėti auginti GM ryžiai. Bt kukurūzai pirmą kartą pradėti auginti Čekijoje, o bendrai skaičiuojant jau penkiose ES šalyse auginamos GM augalų kultūros: Ispanijoje, Vokietijoje ir Čekijoje, prie kurių po ketverių ir, atitinkamai, penkerių metų pertraukos prisijungė Prancūzija ir Portugalija, pradėjusios auginti GM kukurūzus. Tai galėtų tapti svarbiu ES naujos politikos atskaitos tašku.

Remiantis Tarptautinės Agro-biotechnologijos tarnybos duomenų baze (ISAAA, 2005), 2/3 arba 14 iš 21 valstybių, kuriose 2005 metais GM kultūrų pasėliai sudarė daugiau kaip 125 000 akrų, pasiekė mega – šalies šiose valstybėse statusą: JAV, Argentina, Brazilija, Kanada, Kinija, Paragvajus, Indija, PAR, Urugvajus, Australija, Meksika, Rumunija, Filipinai ir Ispanija.

Brazilijoje pasiektas didžiausias augimo tempas – šalies GM sojos pupelių pasėlių plotai padidėjo 88 procentais ir apytiksliais duomenimis 2005 metais pasiekė 23 milio-

nus akrų. Atitinkamai Indijoje užregistruotas beveik 3 kartus padidėjęs augimas, kuomet 2005 metais bendras Bt kukurūzų plotas siekė 3.2 mln. akrų, lyginat su 1.24 mln. akrų 2004 metais.

Pradėjus komercializuoti pirmuosius GM augalus, kritikai teigė, kad tokia technologija niekada nebus naudinga besivystančiose šalyse. Tuo tarpu šiuo metu neturtingose besivystančiose šalyse priskaičiuojama apie 90 procentai arba 8.5 milijonų GM technologiją naudojančių ūkininkų, nors šiose valstybėse auginama tik šiek tiek daugiau nei 1/3 viso pasaulio GM augalų pasėlių.

ISAAA organizacijos valdybos pirmininko ir jos įkūrėjo Dr. Clive James nuomone, 7.7 milijonų ūkininkų, auginančių GM augalus besivystančiose šalyse, tokiose kaip Kinija, Indija, PAR ir kitos septynios valstybės, gavo ženkliai didesnes žemės ūkio produkcijos pajamas ir taip sumažino šalyse vyraujantį didelį skurdą. Didesnis svarbiausios maistinės kultūros – rinkai tiekiamų GM ryžių – kiekis gali sėkmingai prisidėti sprendžiant 1.3 milijardo vargšų ir 850 milijonų alkanų bei kenčiančių dėl prastos mitybos problemas. GM ryžiai gali padėti išspręsti JT iškeltą tūkstantmečio uždavinį – iki 2015 metų skurdą, badą ir prastą mitybą sumažinti iki 50 procentų.

2005 metais GM augalų pasėlius augino 8,5 milijonų ūkininkų 21 pasaulio šalyse, 90 procentų jų gyveno neturtingose besivystančiose šalyse. Pasauliniu mastu, lyginant su nemodifikuotais augalais, buvo auginama 60 procentų GM sojos pupelių, 28 procentų GM medvilnės, 18 procentų GM rapsų ir 14 procentų GM kukurūzų.

ISAAA organizacijos duomenimis 2005 metais pasaulyje GM augalų pasėlių plotai kasmet didėjo (žr. lentelę):

Metai	Pasaulyje GM augalų pasėliams naudojamas plotas (km <sup>2</sup> )
2002	587 000
2003	676 000
2004	809 000

Keturiose šalyse auginti GM augalų pasėliai sudarė 99 procentus visų 2001 metais augintų GM augalų pasėlių: JAV (68 procentai), Argentina (22 procentai), Kanada (6 procentai) bei Kinija (3 procentai). Apytikriai 70 procentų maisto produktų, esančių JAV bakalėjos parduotuvėse, savo sudėtyje turėjo GM sudėtinių dalių. Tai ypač pasakytina apie JAV plačiai kultivuojamus pesticidams atsparius Bt kukurūzus bei herbicidui glifosatui tolerantiškas GM sojos papeles.

## 2.4. Ateities galimybės

Ateityje numatomas įvairus GMO panaudojimas maistinėms vaistinėms medžiagoms, žmogaus vakcinoms nuo infekcinių ligų, tokių kaip Hepatitas B, gydymui naudojamiems bananams, anksčiau subręstančioms pagreitinotos medžiagų apykaitos žuvims, kasmet brandinantiems derlių vaismedžiams ir riešutmedžiams, bei augalams, iš kurių gaminamos naujos kartos unikalių savybių plastikinės medžiagos. Šių medžiagų savybes dar reikės praktiškai patikrinti, tačiau ateinantis dešimtmetis gali pasižymėti eksponentiškai didėjančiu naujų GMO ir jų produktų atradimu, nes mokslininkai įgyja vis geresnes sąlygas organizmų genomo resursus tyrinėti platesniame kontekste. Tuo pačiu bus svarbu įvertinti, ar nauji produktai atitinka saugumo reikalavimus ir taip įsitikinti, kad tikėtina nauda iš tiesų yra didesnė už žinomus ar dar neatskleistus tokių produktų gamybos kaštus.

ISAAA organizacijos teigimu, artimiausias dešimtmetis teikia vilčių tęsti didėjančių



GM augalų pritaikymą įvairiose srityse. Cituojant dr. Clive perspektyvinį požiūrį į GM augalus: Išreiškdamas atsargų optimizmą manau, kad veržlūs pirmojo dešimtmečio genetinės inžinerijos pasiekimai bus ne tik sėkmingai tęsiami kitame dešimtmetyje, bet ir viršys lūkesčius. Tikimasi, kad daugės naujų, ypač besivystančių, šalių skaičius, kuriose ūkininkai augins GM augalų pasėlius, tad bus galima įvertinti antros kartos įgytas augalų savybes.

Tokių biotechnologijų augimą rodo ir artimiausiu metu laukiamas GM ryžių patvirtinimas Kinijoje, didesnio maistingumo GM maisto ir pašarų produktai, o taip pat numatomas naujųjų genetiškai modifikuotų produktų – atsinaujinančių energijos šaltinių – panaudojimas biodegalų gamyboje. ISAAA tarnyba numato, kad pasauliniu mastu GM augalų pasėlių rinka padidės nuo 5,25 milijardų dolerių 2005 metais iki 5,5 milijardų dolerių 2006 metais.

## 2.5. GMO ir GM maisto saugumas

### 2.5.1. GMO saugumas

JAV GM maistą reglamentuoja objektyvios maisto savybės bei jo paskirtis, neatsižvelgiant į tokio maisto gamybos būdą. koncepcija, pavadinta esminio lygiavertiškumo principu, skirta įrodyti, kad naujasis GM maistas yra tiek pat saugus kaip ir natūralus maistas, pradėta taikyti 1993 metais. JAV Federalinė administracija (FDA) organizuoja naujai pagaminto maisto (įskaitant ir rekombinantinės DNR metodais pagamintus produktus) saugos vertinimą. Tokių procedūrų atlikimas aprašomas oficialioje FDA ataskaitoje (Strategijos įgyvendinimo gairės: Naujų maisto produktų iš GM augalų veislių gamyba, (GMO strateginės kryptys). Federalinis registras. t. 57. Nr. 104 (1992). p. 22991).

FDA strateginiame veiklos plane teigia, kad dar prieš pateikiant maisto produktą į rinką, būtina atlikti objektyvų maisto sudėtinių dalių patikrinimą dėl galimo poveikio žmogaus sveikatai (Maisto produktų šaltinis – naujos augalų rūšys. Federalinis registras 57. Nr. 104. p. 22984. 1992 metų gegužės 29 diena. FDA. JAV Žemės ūkio departamentas). Todėl komercializuosimo GM produkto gamintojas privalo pateikti tokio produkto saugumą patvirtinančius dokumentus JAV Federalinei administracijai (FDA) ir laukti patvirtinimo bei leidimo produktą pateikti vartotojams (JAV maisto saugos sistema. FDA. JAV Žemės ūkio departamentas).

GM maistui nepritariančios mano, kad toks administracinis valdymo modelis nepakankamai gina vartotojų teises bei tvirtina, kad šalies Federalinė administracija (FDA) gali įtakoti biotechnologinės kompanijos. Rūpestį kritikams kelia tai, kad naujieji GM augalai gali pasižymėti nenumatytomis atsitiktinėmis savybėmis, kurias gali sukelti naujos genetinės medžiagos įterpimas. Kitą vertus, augalus tiriantys mokslininkai, remdamiesi išsamiais augalų sudėties aprašymais, teigia, kad genetiškai modifikuoti augalai pasižymi mažesne tikimybe turėti nenumatytus pakeitimus, lyginant su tradiciniu būdu auginamais augalais (<http://www.isb.vt.edu/news/2006/news06.jan.htm#jan0603>, FDA, Ataskaita apie GMO politiką: Nauji maisto produktai iš GM augalų rūšių, (GMO politika). Federalinis registras. t. 57. Nr. 104. (1992) p. 22991).

Atliktas GM ir įprastiniuose augaluose esančių DNR ir naujai susintetintų bei suvirškintų gyvūnų organizme baltymų palyginimas. Naudoti baltymams būdingų bruožų apibūdinimo proteomikos (Kärenlampi ir Lehesranta, 2006) ir išsamus medžiagų apykaitos produktų metabolitų apibūdinimo (Catchpole et al., 2005) metodai. Tyri-

mai parodė, kad tarp pašarams naudojamų GM ir nemodifikuotų augalų maistinių savybių didelių skirtumų nėra ir kad jokiam eksperimentinio GM pašarais šerto gyvūno organo ar audinio pavyzdyje nebuvo rasta rekombinantinės DNR ar naujai susintetintų baltymų liekanų.

Išsamūs GM ir nemodifikuotų bulvių rūšių cheminės sudėties tyrimai parodė, kad, nežiūrint numatomų pakeitimų maisto kokybinėje sudėtyje, GM bulvės esminio lygiavertiškumo principu buvo iš esmės lygiavertiškos tradicinėms bulvių rūšims (Catchpole. 2005). Kiti išsamūs GM ir nemodifikuotų bulvių rūšyse randamų baltymų palyginimai (Aumaitre. 2004) atskleidė nemažus cheminės baltymų sudėties pokyčius būtent nemodifikuotų bulvių atvejais, lyginant su ženkliai mažiau nukrypimų baltymų sudėtyje genetinės inžinerijos pagalba modifikuotų bulvių atveju.

### 2.5.2 GMO poveikis žmonių ir gyvūnų sveikatai

1998 metų rugpjūčio mėnesį mitybos tyrinėtojo dr. Árpád Pusztai pastebėjimai dėl kai kurių jo atliekamų GM maisto saugos tyrimų sukėlė visuotinį Europos susirūpinimą. Dr. Árpád Pusztai teigė, kad jo eksperimentuose naudojamoms žiurkėms, kurios buvo maitinamos genetiškai modifikuotomis, iš snieguolių ekspresuojančiomis lektiną (fitohemagliutiną) bulvėmis, nustatyta didelė žala gyvūnų imuninei sistemai, dėl kurios sulėtėjo žiurkių vystymasis. GM bulvėse sintetinas lektinas yra toksiškas vabzdžiams, bestuburiams ir žinduoliams. Prieš paskelbiant gautus tyrimų rezultatus moksliniame leidinyje, apie juos buvo viešai pranešta vienoje iš televizijos laidų interviu, todėl JK politikai, daugelis vadovaujančių šios srities mokslininkų ir biotechnologinės kompanijos viešai kritikavo autorių. Kai pagaliau at-

likti darbai buvo publikuoti leidinyje Lancet (Ewen ir Pusztai, 1999), įrodymų dėl žiurkių imuninei sistemai padarytos žalos ir dėl jos sulėtėjusio vystymosi nebuvo pakankamai.

Dr. Árpád Lancet publikacijos santraukoje buvo rašoma: Maisto racionas, sudarytas iš genetiškai modifikuotų (GM) bulvių, sintetinančių lektiną Galanthus nivalis agliutiną (GNA), pasižymėjo įvairiu poveikiu skirtingoms žiurkių virškinimo sistemos dalims. Kai kuriuos rezultatus, tokius kaip skrandžio gleivinės sulčių išsiskyrimą, sąlygojo minėto GNA transgeno veikla. Tačiau ir kitos šios genetinės transformacijos dalys taip pat galėjo turėti tam tikrą biologinį poveikį ir būtent – plonajai žarnai ir aklajai žarnai.

Šią publikaciją tame pačiame leidinyje papildė Lancet redakcijos straipsnis, pavadintas Genetiškai modifikuotas maistas: beprasmiškas nerimas ar sveikintina diskusija? Vėliau buvo publikuota nepriklausoma recenzija Genetiškai modifikuoto maisto saugumą tiriančių metodų pritaikymas, kuriame pateiktas priešingas autoriaus publikuotų duomenų vertinimas (Kuiper. 1999.). Šiuos straipsnius keliuose kituose leidinio numeriuose lydėjo tolesnės diskusijos.

JK Karališkoji mokslo draugija išsiuntė dr. Árpád Pusztai publikuotus duomenis šeštiesiems nepriklausomiems recenzentams, kurių ekspertizės sritys apėmė duomenų statistiką, klinikinius bandymus, fiziologiją, mitybą, kiekybinę genetiką, augimą ir vystymąsi bei imunologiją (37). Recenzentai pateikė tokį sprendimą – pateiktos medžiagos duomenų nepakanka, kad gautas išvadas galima būtų patvirtinti bei nurodė tokias savojo sprendimo priežastis:

- Nereprezentatyvi eksperimento eiga, kurią greičiausiai apsunkino atsitiktinių (aklų) matavimų trūkumas, sąlygojantis atsitiktines gautų rezultatų paklaidas;
- Skirtumų tarp atskirų GM ir nemodifi-

- koūtų kamienų cheminių sudėčių neapibrėžtumas;
- Galimi mitybiniai skirtumai dėl nesisitemingo maisto gerinimo pagal Vidaus reikalų tarnybos ir kitus reikalavimus;
- Per maža eksperimentuose naudojamų mėginių kelių mitybos schemų įvairovė (visos nestandartinės gyvūnų mitybos), pagal kurias vėliau buvo daromi kartotiniai palyginimai;
- Eksperimentų rezultatų analizei taikomi netinkami statistinių duomenų apdorojimo metodai;
- Nuoseklus logiškumo tarp eksperimento metu gautų išvadų trūkumas.

Nepaisant moksliskai neargumentuotų dr. Árpád Pusztai teiginių, vis dar netyla diskusijos, kurias dėl pateiktų išvadų palaiko priešiška nusiteikusi visuomenės dalis. Šios studijos 2.3 skirsnyje pateikiamos atskirų visuomenės grupių nuomonės šiuo diskusiniu klausimu. Iš esmės šios srities ekspertai susirūpinę visuomenės požiūriu, kuris grindžiamas toli gražu ne moksliniais argumentais ir ne daugybės studijų duomenimis, įrodančiais GM maisto ir pašarų saugumą. (žr. Burke, 2004).

Pats dr. Á. Pusztai išsiuntinėjo savo mokslo tiriamojo darbo ataskaitas 24 skirtingų šalių nepriklausomiems įvairių sričių mokslininkams – fiziologijos, medicinos, toksinės patologijos, mitybos, mikrobiologijos ir biochemijos srities ekspertams. Ši ekspertų grupė nepateikė jokių papildomų duomenų, tačiau kaip ir kiekvienos recenzijos atveju, pateikė savo vertinimus ir išvadas, kad dr. Á. Pusztai pateikti duomenys gali būti publikuojami moksliniuose leidiniuose (žr. komentarus tinklalapyje: <http://plab.ku.dk/tcbh/Pusztaimemorandum.htm>).

Kita neseniai prasidėjusi diskusija dėl Monsanto pateiktų duomenų apie studiją, atliktą su trylikos savaičių amžiaus žiurkė-

mis, maitintomis viena GM kukurūzų atmaina. 2004 metais šiuos duomenis kruopščiai išnagrinėjo Europos Maisto saugos tarnybos (EFSA) GMO Mokslinis komitetas. Jis, vadovaudamasis pateikta ataskaita, ankstesniais inkstų audinių vertinimais bei nepriklausomų ekspertų recenzuotos studijos su trylikos savaičių amžiaus žiurkėmis duomenimis, padarė išvadą, kad ataskaitoje nėra pakankamai įrodymų, kurie galėtų pakeisti GMO Moksliniame komitete tais pačiais metais pasiektą sutarimą dėl Nuomonių apie atsparų vabzdžiams GM kukurūzų MON 863 (EFSA 2004 a,b), kuriuo skelbiama, kad su GM kukurūzu MON 863 atliktų studijų graužikų toksiškumo rezultatai neparodė neigiamo poveikio galimybės žmogaus ir gyvūnų sveikatai (<http://www.efsa.eu.int>).

Dėl šios priežasties, atsakingos Monsanto pateiktus duomenis nagrinėjusios ES institucijos patiekė išvadas, kad bėtas kiekybiškai mažas žiurkės inksto svorio sumažėjimas biologiniu požiūriu yra nereikšmingas, o matuoti svoriai atitiko priimtina svorio svyravimų kontroliniuose gyvūnuose intervalą. Nebuvo aptikta ir jokių molekulinų pakitimų atitinkamose organų sistemose, o visi kraujo biocheminiai rodikliai bei organų svorio dydžiai atitiko žiurkių ilgalaikių stebėjimų metu gautas normalias kontrolines vertes.

### 2.5.3 Manomas GMO toksiškumas: *Showa Denko* atvejis

Trečia pagal dydį Japonų gamintojų kompanija Showa Denko K.K. taip pat sukėlė diskusijas GMO klausimu. Ginčus lėmė neteisingai žiniasklaidos pateikti duomenys, anot kurių Showa Denko K.K. gaminti GM kukurūzai sukėlė žmonių mirtis. Nors tokie teiginiai neturėjo jokio pagrindo, vis dėlto, maisto papildus gaminusi kompanija Showa Denko K.K. pakenkė žmonių sveikatai. To-

liau šis atvejis bus nagrinėjamas detaliau.

1989 metais Showa Denko K.K. JAV pradėjo prekiauti genetinės inžinerijos pagalba susintetintu maisto papildu su amino rūgštimi L – triptofanu. Šio konkretaus papildymo gamybos metu į bakterijos DNR buvo įstatomas už triptofano kiekio padidinimą atsakingas genas, kuris ir sąlygojo didesnę amino rūgšties L-triptofano išėigą. Praėjus keliems mėnesiams, biologinės inžinerijos papildas sukėlė keistos ligos (vadinamos EMS) epidemiją, kuri nusinešė 37 žmonių gyvybes ir sukėlė mažiausiai 1500 žmonių ilgalaikį invalidumą (Federalinės tarnybos FDA pozicija dėl maisto papildymo L-Triptofano. Vyriausybės valdomo Žmogaus išteklių komiteto pakomitečio ataskaita. JAV Atstovų rūmai. 1991. Vašingtonas, D.C.).

Kompanijai Showa Denko K.K. buvo priteista daugiau kaip 2 milijardai JAV dolerių žalos kompensacijų, kurias ji turėjo išmokėti nuo minėto maisto papildymo nukentėjusiems 2000 žmonių.

Iki ką tik paminėto atvejo daugelis kompanijų tiekė rinkai bakterijų gaminamus L-triptofano papildus, kurių gamybos procese genų inžinerijos technologija nebuvo naudojama. Ligų kontrolės centro epidemiologiniais duomenimis, tarp tų kompanijų gaminamo triptofano ir EMS ligos protrūkio tiesioginio ryšio nėra (Kilbourne, E.; Reumatologijos žurnalas. t. 46, 1996.). Be to, kompanijos Showa Denko K.K. genetiškai modifikuoto triptofano sudėtyje rasta mažiausiai viena retai sutinkama toksinė medžiaga, niekada anksčiau neaptikta įprastu būdu pagamintame triptofane.

Nors EMS ligos protrūkio dėl genetinės inžinerijos įrodymų nebuvo pateikta pakankamai, šio priežastinio ryšio nebuvo atsisakyta; daugelio ekspertų nuomone, ligą greičiausiai sukėlė tam tikros toksinės medžiagos, o nenumatytus pašalinius poveikius turėjo ir genetinės inžinerijos metodų panau-

dojimas triptofano gamybos procese. Gerai suprantama, kad toks triptofano gamybos procesas gali pakeisti ląstelių aktyvumą bei sukelti naujų toksinių medžiagų atsiradimą (žr. Simat, T.J.; Biotechnologiškai gaminamo L – triptofano sintezė, susidarymas ir paplitimas teršaluose. 9-ojo tarptautinio triptofano tyrinėjimams skirto susitikimo protokolas. 1998 metų spalio 10–14 d. Hamburgas, Vokietija). Pagrindinė priežastis, kodėl iki dabar nerastas galutinis atsakymas į šiuos klausimus yra ta, kad visi įkalčiai Showa Denko K. K. kompanijos laboratorijoje buvo sunaikinti dar prieš ją apžiūrint.

Federalinės tarnybos FDA mokslininkai patvirtina, kad Showa Denko K. K. kompanijos veikloje naudojami moksliniai genetinės inžinerijos metodai galėjo sukelti EMS ligas. 1991 metų rugsėjo 27 dieną Federalinės tarnybos FDA Biotechnologijos darbo grupės koordinatorius dr. James Maryanski šį klausimą aptarė su kitais vyriausybės pareigūnais. Remiantis to susitikimo protokolu (FDA administracinio įrašo Nr 22. p. 923): ...mes dar nežinome EMS ligos priežasties, bet taip pat negalime atmesti genetinės inžinerijos metodų panaudojimo. Vėlesniais metais dr. Maryanski dar kartą patvirtino, kad negalima atmesti biologinių inžinerinių metodų įtakos (FDA Susitikimas su visuomene dėl GM maisto. 1999 lapkričio 30 d. Vašingtonas, D.C.).

Nežiūrint konkretaus Showa Denko K. K. atvejo, valstybės valdymo institucijos 1992 metais paskelbė norinčios įrodyti, kad daugelio mokslininkų nuomone genetiškai modifikuoti maisto produktai nekelia didesnės rizikos, nei įprastas maistas. Remiantis tokiu pareiškimu, kiekvienas GM maisto produktas laikomas tokiu pat saugiu, kaip ir jo nmodifikuotas atitinkmuo, jei nėra tam prieštaraujančių įrodymų (vienintelę išimtį sudaro maisto produktai, gaminami iš kelių rūšių augalų, plačiai žinomų kaip dažniau-

sių alergijų sukėlėjai). JAV įstatymai skelbia, kad nauji maisto produktai negali būti saugūs savaime, tad privalo būti pateikti pagrįsti įrodymai, kad jie nėra žalingi. O pats saugumo nustatymas turi remtis tvirtais standartiinių tyrimų būdu gautais įrodymais (21 CFR 170.3(b)&(h)).

### 2.5.4 Ar GMO gal sukelti alergijas?

Su rinkoje augančiu genetiškai modifikuotų augalų kiekiu proporcingai auga ir naujų baltymų kiekis žmonių maiste. Neatmetama galimybė, kad atskirais atvejais gali pasireikšti alerginės reakcijos naujai atsiradusiam baltymui. Tačiau negalima a priori teigti, kad genetiškai modifikuotas maistas sukelia alergines reakcijas.

1993 metais tarptautinė kompanija Pioneer Hi-Bred International genetinės inžinerijos pagalba sukūrė sojos pupelės atmainą, kurios sudėtyje buvo papildomas Brazilijos riešuto genas, nors ir buvo žinoma, kad Brazilijos riešutai kai kuriems žmonėms gali sukelti alergines reakcijas. Biotechnologijos kompanija norėjo padidinti būtinos amino rūgšties metionino, kuris paprastai pridedamas naminių paukščių pašarui, norint pagerinti baltymo savybes, lygį. Deja, kompanijos Pioneer Hi-Bred International metioninu praturtintas baltymas tapo pagrindine Brazilijos riešuto alergijos priežastimi (Nordlee. 1996).

Tarptautinės kompanijos Pioneer Hi-Bred International atlikti GM sojos pupelių tyrimai atskleidė, kad šios sojų pupelės sukėlė imunologines reakcijas žmonėms, kurie buvo alergiški Brazilijos riešutui. Apsvarčius tokius nepalankius rezultatus, biotechnologijos kompanija nutraukė tolimesnius GM sojos pupelių tyrimus bei sunaikino visą GM sojos pupelių medžiagą.

Nors šios studijos rezultatai parodė galimą GM maisto, įskaitant bet kurį naujai

sukurto maisto produktą, riziką, manoma, kad tai įpareigojo didesnę dėmesį skirti vartotojo saugumo užtikrinimui visuomenėje bei maisto alergijų įprastiesiems maisto produktams atvejais taikomoms apsaugos priemonėms. Pavyzdžiui, pakankamai neseniai pradėtas naudoti maistui vaisius kivi plačiai paplito daugelyje pasaulio šalių nežiūrint į tai, kad kai kuriems žmonėms sukėlė alergines reakcijas.

Kita studijose aprašoma alergija susijusi su žirniuose naudojamu transgeninės amilazės inhibitoriumi (Prescott. 2005), kurios autoriai nurodo, kad augalo baltymo (Ramilazės inhibitoriaus-1) iš paprastosios pupelės (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Tendergreen)) transgeninė ekspresija negiminingame šeimininke (transgeniniame žirnyje (*Pisum sativum* L.)) leido atlikti struktūriškai modifikuotos šio inhibitoriaus formos sintezę. Taikydami uždegimo modelius, jie pademonstravo, kad ne natyvios, o modifikuotos amilazės inhibitoriaus formos vartojimas pelėms sukėlė antigenui specifinį CD4+ Th2- tipo uždegimą. Be to, modifikuoto inhibitoriaus vartojimas kartu su kitais heterogeniškais baltymais paskatino imunologinį kryžminį poveikį, kuris iššaukė šių baltymų specifinį imuno-reaktyvumą. Autoriai padarė išvadą, kad transgeninė negiminingų baltymų raiška augaluose gali sąlygoti struktūrinių variantų, turinčių pakeistą imunogeniškumą, sintezę.

Australijos Federacijoje už mokslo tiriamuosius darbus atsakinga Mokslo ir Pramonės tyrimų organizacija dėl paskelbtų alerginių reakcijų bandymuose su pelėmis, atsisakė 5 milijonus vertės dolerių projekto kurti GM žirnių atmainą.

Žinomas augalų specialistas Maarten J. Chrispeels iš San Diego Kalifornijos universiteto įdomiai pakomentavo šį, daugybę alergijų, kurias gali sukelti maistas, iliustruojantį atvejį (<http://www.agbioworld.org/newsletter>): Visų pirma, nors amilazės inhibitorius

yra maisto baltymas, tuo pačiu metu jis yra toksiškas, nes slopina virškinimo fermentus amilazes. Būtent dėl šios priežasties pupeles pakepinti yra būtina! Kitas labiau toksiškas pupelėse esantis baltymas fitohemagliutininas. Būtent pastarasis amilazės inhibitorius randamas pupelėje (kitose rūšyse aptinkami kiti specifiniai amilazės inhibitoriai). Nors tai ir maistinis baltymas, dėl vienos aiškios priežasties jis vargu ar kada nors bus naudojamas genetinėje inžinerijoje žmogaus maistui – jis slopina virškinimo amilazes. Rezultatai parodė, kad kai žirnio sėklaskiltėje susintetinamas baltymas, jis pasižymi skirtingu imunogeniškumu lyginant su tuo, kai jis būna izoliuotas nuo žirnio sėklaskiltės (natyvi forma). Tai šiek tiek stebina, bet gali būti susiję su nedaug pakitusiomis angliavandenių grandinėmis. Ar yra kokie nors skirtumai tarp baltymo susisukimo ir C procesingo dviejuose C galuose? Rezultatai visiškai patvirtina pastebėjimą, kad kiekvieno atskiro GMO patvirtinimas turėtų remtis augalo ir transgeno įvertinimu.

### 2.5.5. Sumažintas mikotoksinų kiekis GM maiste

Mikotoksinai – žalingos žmogaus sveikatai pelėsių išskiriamos cheminės medžiagos. Daugelį skirtingų jų rūšių gamina įvairūs grybeliai, pavyzdžiui ant augalų augančias *Aspergillus* ar *Fusarium* rūšis. Kai kurios iš šių cheminių medžiagų kenkia kepenims, gali sukelti jų vėžį. Žinoma, kad cheminė medžiaga mikotoksinas fumozinas, gaminamas tam tikros *Fusarium* grybelių rūšies, natūraliai gyvenančios ant kukurūzų, sukelia: (i) sunkius kūdikių apsigimimus, kuomet nėščia moteris suvalgo kukurūzų paplotėlį tortilją padarytą iš supelijusio kukurūzo, bei (ii) vėžinius susirgimus, kai suaugę žmonės geria alkoholinius gėrimus, pagamintus iš supelijusių kukurūzų. Tokie maisto saugos

klausimai labai svarbūs sprendžiant žmogaus sveikatos problemas tuose pasaulio regionuose, kur kukurūzai sudaro pagrindinę maisto raciono dalį, būtent Centrinėje Amerikoje, Pietų Afrikoje ir Kinijoje.

Daugelis kukurūzų prekyba užsiimančių šalių kasmet praranda šimtus JAV dolerių (labiausiai nukenčia JAV, Kinija ir Argentina) būtent dėl nuolat kukurūzuose randamų mikotoksinų. Paskaičiuota, kad mikotoksinų kiekio sumažėjimas auginant Bt kukurūzus vien JAV leistų sutaupyti 23 milijonus dolerių kasmet (Wu. 2004). Grybelių dauginimąsi ant kukurūzų skatina drėgmė, klimato sąlygos, o labiausiai – vabzdžiai kenkėjai. Keliose studijose teigiama, kad atspariuose vabzdžiams GM kukurūzuose dėl mažesnio vabzdžių neigiamo poveikio augalams, gali būti pastebimas mažesnis mikotoksinų lygis.

### 2.5.6 Nepriklausomų Europos mokslo žurnalistų nuomonė apie GM maisto saugumą

GMO kompasas tinklalapyje ([www.gmo-compass.org](http://www.gmo-compass.org)), kurį finansiškai remia Ek 6-oji Bendroji programa, publikuojama mokslo temomis rašančių, nepriklausomų Europos žurnalistų nuomonė apie GMO perspektyvas Europoje.

Straipsnių autoriai pabrėžia, kad pastaruju metu labai padaugėjo žinių apie alergenų. Šiuo metu egzistuoja duomenų bazės, kuriose galima rasti nemažai informacijos apie daugybę alergenų. Nors kiekvienu atveju negalima kalbėti kaip apie tikrą faktą, šiuo metu naudojami kriterijai, kuriais galima apibūdinti žinomus alergenų. Todėl vis tikslesni ir patikimesni testai naudojami alergiskumui nustatyti; jų pagalba galima patikrinti, ar naujai susintetinti baltymai atitinka kurį nors tokių kriterijų.

Norint pateikti naujus GM augalus pa-

tvirtinimui, peržiūrimas tokių augalų potencialas galimoms alergijoms. Kadangi GM nuo tradicinių maistui naudojamų produktų paprastai skiriasi vienu ar keliais baltymais, tokius alergiško patikrinimus atlikti gana nesudėtinga. Aišku, kai nustatoma, kad GM augalo sudėtyje yra potencialus alergeno sukėlėjas, toks augalas neatitinka ES reikalavimų ir negali būti patvirtintas kaip tinkamas. Tik tuos GM augalus, kurių sudėtyje yra naujų genų, pasižyminčių labai maža tikimybe sukelti alergines reakcijas, ekspertų komitetai vertina teigiamai.

Kai kurie GM augalai savo sudėtyje neturi naujų genų. Kartais augale funkcionuojantį geno veikimą blokuoja įstatyta atvirkštinė geno kopija – ji tiesiog neutralizuoja geno veikimą. Tai iliustruoja GM Favr Savr pomidoras, kuriame buvo nuslopintas nokimui reikalingo fermento veikimas.

GMO kompasos tinklalapyje rašoma, kad naujų veislių išvedimas tradiciniu augalų kryžminimo būdu bei naujais modifikacijos būdais taip pat gali pakeisti baltymų, randamų naujajame maiste, savybes ir taip padidinti atsparumo alergiško potencialą. Alergiškumo naujam maistui, pavyzdžiui naujam egzotiniam vaisiui, pasireiškimą nuspėti sunku, nes lieka visai neišaiškintas naujų baltymų skaičius ir charakteristikos. Todėl, kuomet į rinką patiekiamas egzotiškas vaisus ar maisto produktas niekas negali būti tikras, kad jis savo sudėtyje turi naujas alergines medžiagas, o jei turi – kokias? (anksčiau minėtas pavyzdys su kivi vaisiumi – pirmos alerginės reakcijos pasirodė tik praėjus keleriems metams po naujojo maisto atsiradimo rinkoje).

Europos GMO kompasos tinklalapyje pateikiama išvada, kad nors ir nėra lengva numatyti naujų maisto produktų polinkį alergijoms, dėl to atsisakyti GMO būtų tikrai nepateisinama.

### 2.5.7. Išvados apie GM maisto saugumą

Nors per pastaruosius 12 metų nebuvo užregistruota jokių rinkoje esančio GM maisto sukeltų pavojų, buvo publikuota apie 150 tokio maisto saugumą patvirtinančių studijų, Vartotojų teises ginančios organizacijos Ekologinės žemdirbystės asociacija (<http://www.organicconsumers.org/>) bei Greenpeace (<http://www.greenpeace.org/>) akcentavo galimą ilgalaikį GM maisto poveikį žmogaus sveikatai arba tvirtino, kad tokio GM pobūdžio rizika dar nėra pakankamai ištirta.

Toliau šios studijos autoriai siūlo apžvelgti Preston pateiktas publikacijas apie GM maisto saugumą (2004). Jis, naudodamas raktinius žodžius (genetiškai, modifikuotas, maistas), PubMed duomenų bazėje ieškojo terminų, kurie asocijuotųsi su žinomomis augalų rūšių: kukurūzų, sojos pupelių, rapsų, medvilnės, bulvių, pomidorų ir žirnių modifikacijomis. Paieškoje vietoje žodžių genetiškai ir modifikuotas buvo naudojamas žodis transgeninis. Naudojant šią paieškos strategiją rasta įvairios, tačiau mažai su GM maisto tyrimais susijusios informacijos.

Buvo atrinkti straipsniai, atitinkantys tokius kriterijus: (1) straipsnio santrauka spausdinama PubMed duomenų bazėje, (2) publikuojamas visas mokslinis straipsnis, o ne apžvalga ar komentaras, (3) pašarų mitybos studijos straipsnio santraukoje naudotas GM maistas ar maisto produktai, pagaminti iš GM augalų (ne išgryninti baltymai iš kitų šaltinių, tokie kaip bakterijos ar kt.), (4) testuojami gyvūnai buvo žinduoliai, paukščiai arba žuvis, ir (5) ataskaitoje pateikiamas nors vienas palyginimas su ne GM maistu.

Preston išskyrė 42 publikacijas PubMed duomenų bazėje, kurios atitiko išvardintus kriterijus. Daugelyje atrinktų publikacijų buvo nagrinėjamas GM pašarų poveikis naminiams gyvuliams: galvijams, kiaulėms ir

naminiam paukščiui. Kai kurie nagrinėjo galimą poveikį žiurkėms ir pelėms, keletas – poveikį žuvims. Remiantis publikacijų santraukų tezėmis, 36 studijose nerasta jokio GM augalinių produktų poveikio pagal tyrinėtus kriterijus, todėl teisinga daryti išvadą, jog genetiškai modifikuoti ir nemonifikuoti produktai yra lygiaverčiai.

Keturiose studijose aprašytas teigiamas GM pašarų poveikis. Dveiose studijose buvo tyrinėti maisto kokybei gerinti skirti GM augalai. Neigiami poveikiai aprašyti keliose studijose, kurias 1998 ir 1999 metais publikavo dr. A. Puztai. Pastarosios publikacijos apžvelgtos aukščiau.

Beveik 2/3 PubMed Preston (2004) raštų straipsnių buvo publikuojami pradedant 2002 metais. Juose nagrinėtas GM augalų poveikis naminiams gyvuliams, siekta išaiškinti, ar spaudoje pasirodžiusios publikacijos dėl GM augalų keliamo pavojaus gyvulių pašarui atitinka tikrovę. Remiantis Preston (2004) atlikta apžvalga, nuo 2002 metų nebuvo užregistruota nei vieno neigiamo poveikio GM pašarais šertiems bandomųjų rūšių gyvūnams atveju.

## 2.6. GMO poveikis aplinkai

### 2.6.1. Jungtinės Karalystės (JK) pavyzdys: GM rapsų poveikis vabzdžių populiacijoms

Kai kas nuogaštuoja, kad tam tikros genetiškai modifikuotos augalų rūšys gali sumažinti dirbamos žemės biologinę įvairovę ar net įtakoti kai kurių rūšių išnykimą. Pavyzdžiui, herbicidams atsparių augalų atveju – šie herbicidais purškiami tol, kol sunaikinamos visos piktžolės. O tai gali sumažinti vabzdžių bei kitos laukinės faunos populiacijas, pavyzdžiui paukščius, kurie minta dumbliais bei vabzdžiais.

JK kompanija Farm Scale Evaluations

(FSEs) įvertino galimą genetiškai modifikuotų herbicidams atsparių (GMHT) augalų neigiamą poveikį dirbamos žemės biologinei įvairovei (Firbank.. 2003 a, b). Susirūpinta, kad piktžolių kontrolė GMHT plataus spektro herbicidams atsparių augalų laukuose gali būti tokia efektyvi, kad galima būtų sutvarkyti ir anksčiau piktžolėmis užaugusius laukus (Watkinson. 2000), užtikrinant ilgalaikę apsaugą nuo jų ir juose gyvenančios laukinės faunos (Hails. 2000). Kitų autorių siūlymais, priešingai – GMHT augalai galėtų sumažinti herbicidų kiekius, pavėlinant jų naudojimą (Firbank and Forcella. 2000; Carpenter. 2002), bei tuo pačiu leidžiant piktžolėms ir su jomis susijusiai laukinei faunai pasilikti laukuose ilgiau (Strandberg and Pedersen.,2002; Dewar. 2003).

Jau buvo įrodyta, kad herbicidų naudojimas pavasarinių GMHT augalų: cukrinių runkelių, kukurūzų bei pavasarinių rapsų rūšims, turi tiesioginį poveikį piktžolėms (Heard. 2003) ir netiesioginį poveikį bestuburių kiekiui bei jų įvairovei (Brooks. 2003; Haughton. 2003; Hawes. 2003; Roy. 2003).

Vėliau, papildant ankstesnes studijas, buvo publikuotas įdomus straipsnis (Bohan. 2005). Šiame darbe autoriai tyrinėjo galimą cheminių medžiagų poveikį piktžolių ir bestuburių paplitimui ir įvairovei, ieškodami galimų skirtumų tarp atsparių herbicidui amonio gliufosinatu žieminių rapsų (*Brassica napus* L. ssp. *Oleifera*) ir jų tradicinių veislių. Autoriai vertino net mažiausią reikšmę turinčius piktžolių ir bestuburių paplitimo bei įvairovės skirtumus, lygindami juos su tradicinių herbicidų taikymo atvejais. Šios studijos publikavimas sukėlė labai dideles diskusijas dėl dažnai pasitaikančio netikslaus gautų rezultatų citavimo. Todėl žemiau pateikiami išsamūs paaiškinimai.

Žieminis rapsas (WOSR) yra kas 3 ar 4 metus auginama sėjomaininė augalinė kultūra, t.y. jai taikoma sėjomaina su grūdine-



mis kultūromis. WOSR sėjamas nuo vėlyvo rugpjūčio iki ankstyvo rugsėjo. Žieminiams rapsams sausos ir šaltos žiemos, jei gruntas giliai iššąla, gali būti sunkios, be to augalų pasėlius dažnai nulesa balandžiai (Isaacson et al. 2002). WOSR augalai formuoja pumpurus iki kovo arba balandžio, kuomet pradeda tįsti stiebas. Stiprūs ir tankūs augalai yra atsparūs plačialapių piktžolių konkurencijai, tuo tarpu lėtai ir negausiai augantys augalai (vėlavai pasėti arba gavę nepakankamai drėgmės) gali būti labiau pažeidžiami.

Kadangi WOSR yra plačialapė kultūra (dviskilčiai), vienaskilčių piktžolių bei paplitusių varpinių augalų kontrolei gali būti naudojami selektyvūs herbicidai, tuo tarpu paprastai naudojami herbicidai lyginant su dviskilčiais, yra ženkliai efektyvesni kuomet purškiami iš anksto. Autorių naudota eksperimentui GMHT SeedLink veislė (kompanijos Bayer CropScience, Kembridžas, JK) buvo modifikuota herbicido amonio-gliufozinato atsparumui, tam pačiam herbicidui, kuris JK buvo naudojamas pavasariniam rapsams ir kukurūzams. Šis herbicidas skirtingose augalų vystymosi stadijose yra efektyvus daugelio dviskilčių augalų lapams, tačiau mažiau efektyvus vienaskiltėms jau paaugusioms piktžolėms (Petersen. 2000).

Autoriai aprašo tik kai kuriuos užfiksuotus piktžolių poveikio GMHT ir įprastiems pasėliams skirtumus, tuo tarpu dideli ir prieštaringi poveikio rezultatai fiksuojami dviskilčių ir vienaskilčių augalų atveju. Veikiant herbicidais GMHT kultūrą, lyginant su įprastiniais augalais, buvo mažiau dviskilčių ir daugiau vienaskilčių. Derliaus nuėmimo metu, dviskilčių biomasė ir sėklų savaiminis išsibarstymas GMHT augaluose sudarė 1/3 įprastų augalų, kai tuo tarpu vienaskilčių augalų biomasė buvo 3 kartus didesnė. Taip pat, vienaskilčių sėklų išsibarstymas buvo beveik penkis kartus didesnis GMHT augaluose lyginant su įprastais augalais. Todėl,

lyginant su įprastiniais žieminiams rapsams, herbicidams atsparūs augalai bendroje sūmoje turėjo tiek pat sėklų, tame tarpe daugiau siauralapių ir mažiau plačialapių piktžolių.

Tokie skirtingi poveikiai išsilaukė ir keletą kitų metų sėjomainose. Plačialapių piktžolių žiedai yra puikus maistas vabzdžiams, o jų sėklos – maisto šaltinis visai laukinei augalijai ir gyvūnijai. Bitės ir drugeliai, kurių mišybą priklauso nuo tam tikrų dviskilčių piktžolių, liepos mėnesį mažiau paplitę GMHT genetiškai modifikuotuose žieminiuose rapsuose (WOSR). Taip pat rastas didesnis bendras metinis kolembolų skaičius GMHT augaluose. Be jau minėto herbicidų poveikio piktžolėms, užfiksuota keletas kitų poveikio efektų bestuburiams.

Tyrinėtojai pažymi, kad GM žieminiams rapsams apsėtuose laukuose mažiau drugelių ir bičių randama ne dėl augalų genetinės modifikacijos, o dėl laukų purškimo herbicidais.

Žaliųjų atstovai su tuo nesutinka. Anot Žemės draugų organizacijos kampanijos dalyvio Clare Oxborrow, šie gauti rezultatai – dar vienas didelis smūgis biotechnologijos pramonei. GM žieminių rapsų auginimas turės neigiamą poveikį žemės ūkio sektoriaus biologinei įvairovei.

### 2.6.2. Ar *Bt kukurūzai* yra toksiški vabzdžiams?

Manoma, kad kai kurios GM kukurūzų (*Bt kukurūzai*) veislės toksiškos šiais augalais mintantiems vabzdžiams. Vyrauja nuomonė, jog tokios GM veislės gali kryžmintis su kitomis laukinėmis ir domestikkuotomis veislėmis, perduoti šiuos genus ir taip įtakoti kukurūzų biologinę įvairovę (58).

Publikavus tyrimų rezultatus, kai kurie mokslininkai (59) ėmėsi iniciatyvos išnagrinėti gautas tyrimų išvadas; jų nuomone,

taikant Polimerazės grandininės reakcijos (PCR) metodą, trūko užteršimo įvertinimo ir eksperimento artefaktų pavyzdžių. Po tokios kritikos mokslo žurnalas Nature, kuriame pirmą kartą buvo paskelbti bandymų rezultatai, rašė: gautų duomenų nepakanka patvirtinti pateiktą informaciją (60).

### 2.6.3. Ar galima kaltinti GMO dėl bičių nykimo?

Remiantis New York Times dienraštyje paskelbto straipsnio duomenimis (A. Barrionuevo, 2007 vasaris), 24 JAV valstijų bitininkai labai sunerimę dėl nesuprantamų priežasčių sparčiai nykstančiomis bičių šeimomis; šis faktas kėlė grėsmę ne tik jų pragyvenimo šaltiniui, bet ir daugelio augalų, tame tarpe ir vienu pelningiausių šalyje – Kalifornijos migdolų, produktyvumui.

Buvo teigiama, jog išskridusios žiedadulkių bei nektaro bitės paprasčiausiai nebeįgija į savo kolonijas. Jų dingimo priežastys buvo neaiškios. Mokslininkai tvirtino esą tikėtina, kad bitės laukuose miršta dėl nesuprantamų priežasčių, galbūt išsekimo ar paprasčiausiai netekusios orientacijos, neatmestina, jog ir sušalusios.

Bitininkai su panašia regioniniu mastu ištikusia krize buvo susidūrę ir anksčiau, tačiau šįkart ji apėmė visą šalį. Mokslininkams ieškant atsakymų, paskelbta kolonijų žūties katastrofa; pasėlių augintojai vis labiau nerimavo dėl verslinės bitininkystės pajėgumų patenkinti augančius rinkos poreikius – apdulkinti augalus, migdolos, avokadas, kivi.

Apie 15 susirūpinusių bitininkų kartu su mokslininkais 2007 metų vasario mėnesį susirinko Floridoje – apsvarstyti plačiai išplitusios bičių ligos priežasčių bei ieškoti efektyvių sprendimų ją sustabdyti. Tyrinėtojai nagrinėjo įvairias teorijas, įskaitant virusus, grybelius ir bičių mitybos sutrikimus. Vieno bitininko p. Bradshaw nuomone, situaci-

ją įtakoti galėjo maisto kokybė – iš jo prieš savaitę automobiliniu krautuvu į kitą upės pusę – toliau nuo apelsinmedžių sodo – perkeltų 64 bičių kolonijų dingo tik 3.

Nei vienas bitininkas neteigė, kad pagrindine priežastimi šio reiškinių priežastis – GMO. Nepaisant to, internete atsirado komentarai ([www.care2.com/news/member/947049031/312650](http://www.care2.com/news/member/947049031/312650)) skelbiantys: Bitės taip pat neapdulkina GM augalų. Atsiveikinkime su mūsų maisto įvairove.

Louise A. Malone 2002 metais atlikta mokslinės literatūros apžvalga dėl galimo GM augalų poveikio bitėms, įrodė, kad bitės gali rinkti žiedadulkes, nektarą, sakus ir lipčių nuo GM augalų, bei gaminti tokius produktus, kaip medus, žiedadulkės ir bičių pikis. GM augalai gali gaminti žiedadulkes, kurių sudėtyje bus tiek transgeninė DNR, tiek nauji baltymai, kiek abejojama buvo dėl kitų produktų – nektaro, augalų sulčių – gamybos.

Tikėtina, kad žiedadulkės, kurių natūrali koncentracija meduje būna nuo 20 000 iki 100 000 granų (mato vienetas = 64,8 mg) 10-yje gramų (ir retai siekia maksimumą 5 mln. granų 10-yje gramų), sudaro didžiausią GM medžiagos šaltinį bičių produktuose. Kadangi, pasak L. A. Malone, vidutiniškai žiedadulkės gūdelis sveria 0,03 g, tai atitinka medaus sudėties esančias nuo 0.0006 procento iki 0.03 procento w:w žiedadulkes ir tik retais atvejais pasiekiami maksimali reikšmė – 1.5 procento w:w.

GM maisto ženklinių reglamentuojantys teisės aktai maisto sudėtyje leidžia tam tikrą iš anksto sutartą GM procentą. Šiuo metu, tokia procentinio dydžio dalis yra 1 procentas w:w Naujojoje Zelandijoje, Australijoje, ES ir Saudo Arabijoje. Pietų Korėjoje ir Japonijoje leidžiama didesnė GM medžiagos koncentracijos meduje (atitinkamai 3 procentai w:w ir 5 procentai w:w), na o Kanadoje ir JAV šiuo metu nėra reikalavimo

ženklinti maisto produktus, kurių sudėtyje randama GM medžiagų.

L. A. Malone nurodo, kad atvežtame iš tų regionų, kuriuose su herbicidams atspariais GM rapsais buvo atliekami lauko bandymai, parduotuvėse išsilytame meduje PCR metodu aptikti transgeninės DNR pėdsakai (remiantis Žemės draugų atlikta studija). Taikant jautrią ELISA technologiją medaus, paimto JK iš avilio netoli herbicidams atsparių žydinčių GM rapsų, tyrimų metu atrastas naujas už atsparumą kanamicinui atsakingas (MAFF studija) baltymas. Paimtuose medaus mėginiuose beliko nustatyti tikrąsias genetinės medžiagos koncentracijas (w:w).

Nors savo sudėtyje turintis GMO medus negali būti atestuotas organiniu, L. A. Malone pabrėžia, kad organinės bitininkystės taisyklėse į GM augalus atsižvelgiama toli gražu ne visada. Galbūt problemą būtų galima išspręsti, laikant avilius atokiau nuo GM augalų. L. A. Malone pabrėžia, jog aviliai privalo būti laikomi mažiausiai 3 km atstumu nuo netradiciniais metodais auginamų žemės ūkio augalų pasėlių.

Daugeliu atvejų naujai susintetinti baltymai ir GM augalai pasižymi labai nežymiu tiesioginiu poveikiu bitėms. Todėl L. A. Malone remiasi eksperimentiniais įrodymais, kad Bt kukurūzai, kuriais maitinasi bitės (tiek lervos, tiek suaugėlio stadijos), neįtakuoja jų paplitimo. L. A. Malone taip pat pažymi, kad ekspresuojantys cisteino proteazės inhibitorių ir chitinazę rapsai taip pat nesukėlė jokio poveikio bitėms.

Iš kitos pusės, L. A. Malone pabrėžia, kad bičių mirštamumą keliomis dienomis anksčiau lemia bičių maiste didelėmis koncentracijomis naudojami kai kurie serino proteazės inhibitoriai, tačiau to paties inhibitoriaus mažos koncentracijos neturi jokio poveikio bičių išgyvenamumui.

### 2.6.4. Ar GMO gali kelti pavojų aplinkai, pvz. sąlygoti *superpiktžolių* atsiradimą?

Nėra abejonių, kad pasaulis, kuriame gyvename, būtų visiškai kitoks, jei tinkamų augalo savybių išryškinimui kelis tūkstantmečius nebūtų vykdomas selektyvus kryžminimas, o taip pat ir neseniai atrasta galimybė atskirus genus perkelti iš vienos rūšies į kitą. Jei mums reikėtų grįžti prie natūralios žemdirbystės, iš anksto atrinktų vaisių ir daržovių, pasaulis galėtų išmaitinti tik nedidelę dalį žmonių, nes pastaruoju metu smarkiai sumažėjo augalinių pasėlių derliai. Vis dėlto, atliekant manipuliacijas su genomais egzistuoja ekologiniai pavojai.

Didžiausia tikimybė, kad kryžminio apdulkinimo metu genetiškai modifikuoto augalo atsparumas herbicidams gali būti perduotas piktžolei. Agronomai žino, kad daugelis piktžolių ir kai kurie augalai per ilgą laikotarpį sugeba įgyti atsparumą kai kuriems herbicidams natūralios selekcijos ir evoliucijos procese. Šiuo metu dar neaišku, ar perduotas ir įgytas atsparumas herbicidams tinkamesnis genų inžinerijos atveju, lyginant jį su atsparumu įgytu natūralios atrankos metu.

Nežiūrint kokią kovą su piktžolėmis metodą naudojame, išgyvenusios piktžolės tampa atsparios tam metodui ir todėl vadinamos super-piktžolėmis. Pavyzdys – medvilnės laukuose auganti sidabralapė šunvyšnė (silver leafed nightshade). Prieš pradėdant taikyti herbicidus, sidabralapės šunvyšnės gajumas buvo problema – ūkininkai turėjo purenti žemę bei šias piktžoles išravėti porą kartų per sezoną. Pradėjus naudoti herbicidus, atsparios piktžolės atmainos pradėjo atauginėti. Tas pats galioja ir visais kitais herbicidų naudojimo atvejais. Atsparumas herbicidams – įsisenėjusi problema, kurios sprendimui atrandami vis naujesni herbicidai, nežiūrint kokią technologiją naudo-

sime. Genų inžinerija siūlo kitokią piktžolių kontrolės priemonę. Beje, dauguma per pastaruosius keletą metų pradėtų naudoti naujos kartos herbicidų žymiai mažiau įtakoja aplinką, lyginant su anksčiau buvusiais. Teisinga būti tai traktuoti kaip privalumą.

Per pastaruosius keletą metų pastebėta ženkli GM augalų pasėlių plėtra (daugumos šiuo metu JAV kultivuojamų augalų rūšių sudėtyje yra GMO). Teigiama, kad tos augalų rūšys, kurių palankios savybės buvo išsaugotos selekcijos būdu ir/arba buvo genetiškai modifikuotos, pripažįstamos labai naudingomis žemės ūkyje – padidina derlių bei sumažina cheminių medžiagų sunaudojimą piktžolių ir kenkėjų kontrolei užtikrinti. Kadangi 30–40 procentų žemės ūkio produktyvumo pasauliniu mastu sumažina vabzdžiai kenkėjai (Oerke. 1994), specialiai jiems sukurti atsparūs augalai yra labai naudingi ūkininkams.

Visus aukščiau minėtus nuogastavimus pastaruoju metu stiprino (kartais visai be pagrindo) kelios klaidingai interpretuojamos teorijos. Pavyzdžiui, Greenpeace bei Žemės draugų kampanijos įrodinėjo, kad GM augalai nėra saugūs (Hodgson, 2002); jie rėmėsi Quist ir Chapela (2001) ataskaita, kurioje minėti transgeniniai produktai rasti vietinėje Meksikos kukurūzų rūšyje Oaxaca, kai, tuo tarpu, jokie transgeniniai kukurūzai ten niekada nebuvo auginti.

Remiantis transgeno nustatymui naudotos metodikos kritika (Metz ir Futterer. 2002), cituoti aukščiau minėtą ataskaitą atsisakyta. Nežiūrint to, pastaruoju metu ir vėl padidėjo visuomenės nuogastavimai dėl transgeno pernašos. Paskutiniais duomenimis, ištyrus to paties regiono 150 000 kukurūzų grūdus, nepavyko įrodyti genetinės modifikacijos transgeno buvimo (Ortiz-Garcia. 2005). Kitas pavyzdys siejamas su transgenu, esančiu Starlink (kuris buvo patvirtintas tik gyvulių pašarui) kukurūzų paplotėliuose bei daugy-

bė kitų susijusių produktų, skirtų žmogaus maistui (Dorey. 2000; Fox. 2001). Nors tokio pobūdžio užterštumas tikrai kelia susirūpinimą, dar neaišku, ar tai atsitiko atliekant genetinę hibridizaciją tarp GM augalų ir ne GM augalų, ar nemodifikuotų sėklų siuntos buvo užterštos GM sėklomis dar prieš sėją, ar iškart po derliaus nuėmimo.

Kita vertus, dar abejojama, ar ilgainiui transgenai bus pernešti į piktžoles, ir dar neaiškiau, kokias ekologines pasekmes tai galėtų sukelti. Todėl, nežiūrint gaunamos finansinės naudos auginant tokius augalus, nerimaujama dėl tų pačių genų (alelių), kurie ne tik lemia augimo ir vystymosi pranašumą, bet gali sukelti ekologines problemas dėl genų pernašos ir išplitimo laukinėse augalų rūšyse (Ellstrand. 1999; Haygood. 2003; Pilson&Prendeville. 2004; Lu&Snow. 2005; Chapman&Burk., 2006).

Tai pagrįsti nuogastavimai – neseniai Reichman (2006) paskelbti pirmieji įrodymai dėl transgenų pernašos į laukines ir natūralizuotas augalų populiacijas JAV. Glifosatui atspari šliaužiančioji smilga augo 3,8 km atstumu nuo kontrolinio lauko. Augalo genų pernaša į laukines rūšis gali sąlygoti naujų invazinių augalo rūšių atsiradimą. Jau nustatyta, kad 22 iš 25 svarbiausių augalų rūšių kryžminasi su laukinėmis giminingomis rūšimis, todėl visai įmanoma, kad daugeliu atvejų tokia tolimoji hibridizacija yra galima (Ellstrand. 2003).

Tokia genų pernaša priklauso nuo dviejų procesų. Pirma, tam, kad genas būtų perneštas į laukinę giminingą rūšį, tarp kultūrinio ir laukinio augalų turi įvykti kryžminimasis. Todėl geno pernašos efektyvumui nustatyti svarbu įvertinti tokius veiksnius, kaip augalo apdulkintojo elgsenos sudėtingumas bei žydėjimo laikas. Tikėtina, kad vėju apdulkinamiems augalams greičiausiai nebus didesnių sunkumų kryžminimuisi dėl jų nepriklausomumo nuo apdulkintojų. Antra,

atmetus išankstinę prielaidą, kad genų pernašos greitis tiesiogiai priklauso nuo kryžminimosi sėkmės, vis labiau pripažįstama, kad hibridinio palikuonio likimas natūralios selekcijos metu dar labiau įtakoja genų pernašą. Teoriškai buvo įrodyta, kad net esant mažam migruojančių alelių efektyvumui, kryžminimosi sėkmė labiausiai priklauso nuo to alelio selektyvaus pranašumo kitų atžvilgiu (Slatkin. 1976; Morjan&Rieseberg. 2004; Chapman&Burke. 2006).

Net ir žinant, kad įvyko sėkmingas apvaisinimo procesas, negalime būti tikri, jog gautas hibridinis palikuonis yra daugiau ar mažiau „pranašesnis“ už savo tėvus. Nežinomos ir jo išgyvenimo natūralioje aplinkoje, kurioje pilna patogenų, augalų kenkėjų ir konkurentų, galimybės. Stebėtina, bet atsakymų į šiuos svarbius klausimus žinoma labai nedaug.

Žinant, kad fenotipą apsprendžia organizmo genotipo ir jį supančios aplinkos visuma, turbūt tik laiko klausimas, kuomet tam tikrų genų kombinacija atsidurs tinkamoje aplinkoje ir hibridui bus sudarytos tinkamos sąlygos įsitvirtinti už bandomojo sklypelio.

Augalų genų pernašos į laukinius giminigus augalus tyrimai nagrinėja retai pasitaikančius, su sunkiai numatomais rezultatais siejamus atvejus. Tai sudėtinga sritis (žr. paskutinės apžvalgas Chapman, Burke. 2006, Wolfe, Blair. 2007).

Kitų tyrinėtojų ataskaitose dėl genų pernašos ekologinių pasekmių pabrėžiama būtinybė vadovautis atsargumo principu. Norėdami tirti augalų genų pernašą į jų laukinius piktžoliškus giminaičius, Stewart ir jo kolegos (Halfill. 2005, Moon. 2007) kruopščiai studijavo rapsų *Brassica napus* kryžminimą su piktžoliškais vasariniais rapsiukais *Brassica rapa*. Jų eksperimentuose piktžoliški vasariniai rapsiukai, naudojant agrobacterium, buvo transformuoti su *Bacillus thuringiensis* (Bt) cry1Ac – ir žalią fluorescuojantį baltymą (GFP) koduojančiais transgenais. Buvo įvertinta ekologinė charakteristika, lyginant laukinį biotipą ir transgeninius hibridus, kurių transgeniniai tėvai buvo javai. Regeneravusių transgeninių B. rapa atvejai buvo charakterizuoti vykdant palikuonių analizę, su Bt baltymu surištą imunosorbento analizę (ELISA), Southern blot analizę, GFP raiškos analizę.

Nustatyta, kad GFP (žaliai fluorescuojančio baltymo) raiškos lygis ir Bt baltymo koncentracijos žymiai skyrėsi tarp nepriklausomų transgeninių rapsiukų atvejų. Panašus reprodukcinis produktyvumas stebėtas lyginant transgeninių vasarinių rapsiukų B. Rapa atvejus ir B. rapa × B. napus hibridus, gautus šiltnamiuose bei bandymų laukeliuose. Šiltnamyje augintiems transgeniniams Bt augalams žymiai mažiau kenkė kopūstinė kandis (*Plutella xylostella*). Bandymų laukeliuose nepastebėta jokių skirtumų nesmarkiai, bet pastoviai puolant kenkėjams. Taigi, gauti hibridai, palyginus su motininiais *Brassica* konkurentais, mažiausiai konkuravo su grūdinėmis kultūromis, nors tarp GM ir nemodifikuotų hibridų pastebėti natūralios aplinkos sąlygoti skirtumai. Taip pat kryžminimas, kurio metu pernešami arba nepernešami genai, sąlygojo mažesnio produktyvumo ir konkurencingumo populiaciją.

Vasariniai rapsiukai *Brassica rapa* natūraliai paplitę visame pasaulyje kaip piktžolės, todėl labiausiai tikėtina, kad šios rūšies augalai gali priimti GM rapsų transgenus. Tam, kad įvyktų transgenų pernaša, lemiamas veiksnys – F1 hibrido susidarymas. Manoma, kad hibridinės populiacijos, lyginant su motininėmis rūšimis, gali būti labiau gyvybingos ir konkurencingos.

Autoriai išnagrinėjo sumodeliuotų kenkėjų ir tarprūšinės konkurencijos poveikį nemodifikuotų F1 hibridų ir jų motininių augalų vegetatyviniame dauginimuisi ir re-

...

produkcijai. Keletas vegetatyvinio ir reprodukcinio dauginimosi metodų buvo naudojami norint nustatyti sumodeliuotą kenkėjų ir konkurencijos poveikį Brassica linijoms, apimant lapų ilgio ir daigų aukščio matavimus dėl kenkėjų ir biomasės matavimus dėl konkurencijos. Atliekant šalinimo tyrimus, B. rapa lapų dydžiu reagavo mažai, tuo tarpu B. napus ir F1 hibridas reagavo neigiamai. Brassica rapa reagavo padidėjusia biomase, bet B. napus ir hibridas į lapų šalinimą reagavo neigiamai.

Lapų pašalinimas sėklaskiltės stadijoje turėjo didesnę poveikį F1 hibrido biomasei, palyginus su rapsais B. napus, nors didelio skirtumo tarp tų rūšių sėklų skaičiaus nebuvo. Daug konkurencinių eksperimentų parodė, kad anksti išdygstantys hibridų daigai labiau panašūs į B. rapa rūšies reprodukcinės savybes. Kenkėjų ir konkurencijos įtakojamas hibridinių augalų vystymasis yra blogesnis ir gali potencialiai sumažinti jų atsparumą išlikti lauko sąlygomis. Tačiau, esant transgenų pernašai iš vienos rūšies į kitą, hibridų dinamika gali žymiai pasikeisti, nors tuo pačiu padidėtų ir genų pernašos rizika iš genetiškai modifikuoto rapso į giminingas laukines rūšis.

Neseniai Campbell&Snow (2007) išspausdino vėlyvos kartos hibridų, o ne pirminės hibridizacijos tiesioginių produktų naudojimu pagrįstą mokslinį darbą. Jie pateikė įžvalgų kultūrinių ir laukinių augalų hibridizacijos poveikio įvertinimą, tyrinėdami pažangių hibridinių genotipų elgesį realaus lauko sąlygomis. Tiksliau, jie naudojo gerai išstudijuotą sistemą, sudarytą iš laukinių ridikėlių (*Raphanus raphanistrum*) rūšių ir trečios kartos hibridus tarp *R. raphanistrum* ir *R. sativus*.

Pasirodo, kad gamtoje hibridai tarp kultūrinių ir laukinių augalų yra pakeitę natūralias *R. raphanistrum* populiacijas visoje Kalifornijoje (Hedge. 2006). Campbell&Snow

pradėjo šį eksperimentą Mičigane, 2002 metais pasodindami tris F1 hibrido ir tris laukinio *R. Raphanistrum* populiacijas. Laikui bėgant populiacijoms buvo suteikiamos sumodeliuotos agrokultūrinės priežiūros ir natūralios aplinkos sąlygos.

Kai susiformavo F3 karta, norint iširti konkurencijos poveikį gyvenimo istorijos savybėms bei vaisingumui, motininės rūšys ir hibridai buvo auginami pusiau natūralioje aplinkoje skirtingu augalų tankiu. Augalai buvo auginami (1) vieni, (2) su vidine biotipo konkurencija (t.y. *R. raphanistrum* prieš *R. raphanistrum*) ar (3) su išorine biotipo konkurencija (t.y. *R. raphanistrum* prieš F3 hibridus).

Naudojant paprastą analitinę traktavimą, pagrindinis šio didelio eksperimento atradimas buvo tai, kad auginami vieni, laukiniai augalai formavo daugiau hibridų, todėl bendras hibridų prisitaikomumo laipsnis, esant konkurencijos sąlygoms, didėjo. Taigi, augalo-augalo konkurencijos sąlygomis galima padidinti evoliucinį hibridizacijos poveikį bei sukelti kultūrinių alelių atėjimą (pernešimą) į laukines populiacijas. Kaip pažymėjo Campbell&Snow, kultūrinių genų išsilaikymas piktžolių populiacijose taip pat priklauso nuo pažangių kartų hibridų konkurencingumo augant šalia jų laukinių giminaičių, o taip pat ir nuo kitų piktžolių rūšių.

Pagrindinis eksperimentinis įrodymas demonstruoja galimybę, kad kultūriniai x laukiniai hibridai galėtų sėkmingai augti realios aplinkos sąlygomis. Tuo pačiu jis akcentuoja, kad genų judėjimas tarp tokių organizmų gali būti kiek dažnesnis nei tikėtasi. Nors apsaugą prieš tam tikrą biotinį ar abiotinį stresą suteikiantis transgenas galėtų būti traktuojamas kaip selektyvus pranašumas natūralioje aplinkoje, svarbu nepamiršti, kad selekcijos jėga ir kryptis tokiais atvejais gali labai priklausyti nuo situacijos. Pavyzdžiui, transgenas, kuris lemia atsparumą tam tikrai

kenkėjų rūšiai, galėtų būti naudingas esant tam kenkėjui, nes padidintų šią savybę turinčių individų atsparumą.

Tačiau, tais atvejais, kai kenkėjo nėra, nebelieka ir pranašumo. Taigi, kai kalbama apie faktą, jog atsparumas turi savo kainą (Coley. 1985; Bazzaz. 1987), svarbu įvertinti ir tuos atvejus, kuomet individai, turintys transgeną, bet augdami aplinkoje be kenkėjų, gali juo ir nepasinaudoti. Šis fenomenas, žinomas kaip atsparumo kaina, išryškina atidaus įvairių transgeno poveikių, kuriuos jis gali pagrįstai turėti, įvertinimo svarbą tiriant jo galimą poveikį natūraliai augalų populiacijai.

### 2.6.5. Kaip išvengti transgenų “pabėgimo”?

Plintant kultūrinei × laukinei hibridizacijai, panašu, kad transgenai bus perkelti, bent jau atsitiktinai, į laukines populiacijas (Colwell. 1985; Goodman&Newell. 1985; Raybould&Gray. 1994; Ellstrand. 1999; Stewart. 2003; Pilson&Prendeville. 2004). Žinant, kad daugelis tokių transgenų turi galimybę padidinti laukinių augalų atsparumą, didelis dėmesys turi būti sutelktas į genų su laikymo strategijų plėtojimą, siekiant sukurti tinkamą barjerą, neleidžiantį transgenams patekti į laukines rūšis. Papildomos informacijos galima rasti kai kuriuose apžvalginuose straipsniuose (Gressel. 1999; Daniell. 2002; Stewart. 2003).

#### 2.6.5.1. Transgeno išlaikymas augale

Yra siūlomi keli transgenų “pabėgimo” į laukines populiacijas ir/arba nemodifikuotas kultūras išvengimo būdai. Keletas tokių strategijų, kaip apomiktinių (negalinčių daugin-tis) ar kleistogaminių (savidulkių) kultūrų gamyba (Daniell. 2002), vis dar yra pradinėje stadijoje. Kitos, kurios detalčiau bus aprašomos vėliau, yra šiek tiek geriau išvystytos, bet visos turi savų trūkumų.

Iš tikrųjų, Baucom&Mauricio (2004) aptiko, kad žemės ūkio piktžolės purpurinio sukučio (*Ipomea purpurea*) tolerancija gli-fosatui, kai nėra herbicido, turi stiprią atspa-rumo kainą, ir padarė išvadą, kad kultūrų sė-jomaina (kartu su paralelia herbicidų, purš-kiamų ant laukų, rotacija) galėtų sulėtinti ar net sulaikyti tolerancijos išsivystymą. Panašiai, izoliuotų teritorijų sukūrimas galėtų leisti palaikyti jautrias pirmines populiacijas (Rausher. 2001). Tokio pabūdžio svarstymai yra pirmailės svarbos, žinant koku mastu dabar yra auginamos GM kultūros. Pavyzdžiui, Bt medvilnė šiuo metu yra taip plačiai auginama Indijoje (Jayaraman. 2005), kad dėl atsparumo pagrindiniam kenkėjui gelsvapilkiui saulinekui (*Helicovera armi-gera*), gali išplisti per keletą ateinančių metų (Kranthi&Kranthi. 2004).

Poliploidinės kultūros (pavyzdžiui, medvilnės, rapsų ar kviečių (*Triticum spp.*)), atveju buvo manoma, kad transgeno nukreipimas į specifinį subgenomą gali sukliudyti ar bent žymiai sumažinti geno perėjimą į laukinį, tokio genomo neturintį giminaitį. Vis tik šis strategija tinkama tik toms kultūroms, kurios savo genomo sudėtimi skiriasi nuo vietinių laukinių populiacijų. Todėl lieka neaišku, ar apskritai ji gali būti veiksminga.

Kita logiška strategija būtų nukreipti transgeną į chloroplasto ar mitochondrijos genomus. Rūšyse su griežtu motininiu paveldėjimu šio tipo strategija padėtų išvengti transgeno perėjimo per žiedadulkes. Ši strategija buvo sėkmingai įgyvendinta tabako ir (*Nicotiana tabacum*) (Daniell. 1998) ir pomidorų (*Lycopersicon esculentum*) atvejais (Ruf. 2001).

Deja, nors ir plačiai priimta manyti, kad motininis paveldėjimas vyrauja daugelyje gaubtasėklių, buvo užfiksuoti reti atvejai, kuomet nutekėdavo tėviškas paveldimumas (Smith. 1989). Tai atsitiko ir tabako atveju

(Avni&Edelman. 1991). Žinoma, reikėtų ištirti daugiau, nei 3000 palikuonių, kad 95 procentų įsitikinti, jog tėviško nutekėjimo laipsnis nėra didesnis nei 0,10 procento (Milligan. 1992). Šis labai mažas nutekėjimo lygis galėtų būti pakankamas, kad išėtų ir paplitę vidutiniškai naudingas transgenas (Haygood. 2004). Kitas šio siūlymo trūkumas tas, kad šis metodas jokia būdu negali sustabdyti transgeno pernašos per sėklas. Taigi, jei kiek nors sėklų išbyrėjo ar pasiliko nuiminėjant derlių, transgenas galėtų lengvai būti įtrauktas į laukinę populiaciją per chloroplastų (ar mitochondrijų) perėmimą.

Alternatyvus metodas, siekiant sukliudyti transgeno perėjimui per žiedadulkes, galėtų būti geno įterpimas į vyrišką sterilią liniją (Mariani. 1990). Norint gauti sėklų derlių ir siekiant užtikrinti sėklų užsimezgimą, reikėtų sėti netransgeninius žiedadulkių donorus. Kaip ir transgeno sulaikymo organelėse atveju, ši strategija niekaip neapsaugo nuo geno pernašos per sėklas – netgi jei neauginami žiedadulkių donoriai ir gaunamas besėklis derlius, sėklos gali susidaryti ant vyriškų sterilių kultūrų, kai jas apdulkina suderinamos laukinės rūšys.

Taip pat yra daugybė Chapman&Blair (2006) apibendrintų molekulinę „triukų“, naudojamų sukliudyti transgeno „išėjimui“ sukeltiant sėklų sterilumą. Pavyzdžiui, sėklos specifinių genų aktyvacijos sistema, aprašyta Odell (1994) galėtų būti naudojama norint sukelti sėklos savižudybę. Tokiam tikslui pasiekti, išorinis signalas (šiuo atveju, paveikimas tetraciklinu) gali būti naudojamas sužadinti sait-specifinę rekombinazę (Cre), kuri iškerpa lox saitus supančias speiserines sekas. Speiserių pašalinimas suartina sėklos specifinį promotorių su genu taikiniu, sužadina vystantis sėklai.

Kaip pažymi Chapman&Blair (2006), vienas didelis šio tipo siūlymų trūkumas yra tai, kad jie remiasi išoriniu signalu, turinčiu

sužadinti sistemą. Taigi, kol nėra sužadina-  
mos visos susijusios ląstelės, lieka galimybė,  
kad ir nedidelis kiekis žiedadulkių ir/ar sėklų  
gali tapti transgeno išėjimo įrankiu.

Stengdamasis įveikti šią galimybę, Kuvshinov (2001, 2004) pasiūlė sėklų sterilumo indukcijai naudoti gražinamo funkcijų bloko (RBF) sistemą. Blokuojanti konstrukcija neleidžia sėkloje vykti kai kuriems gyvybiškai svarbiems biologiniams procesams, kitaip sakant, padaro ją negyvybinga. Ši blokuojanti sistema veikia tol, kol specialus trigeris ją „išjungia“. Transgenas yra apsuptas blokuojančios ir atstatančios sekų. Tačiau, blokuojančią konstrukciją gali nuslopinti cheminio ar karščio poveikio sukelta atstatančios konstrukcijos aktyvacija, o tai natūraliomis sąlygomis įvykti negali (Kuvshinov. 2001). Svarbu pažymėti, kad blokuojanti seka gali būti įterpta į dirbtinį introną transgeno viduje, tokiu būdu išvengiant jų atsiskyrimo vienas nuo kito rekombinacijos metu. Taigi, transgenas negali išeiti dėl nepilnos RBF indukcijos, nes visa sistema yra „įjungta“, kol trigeris jos „neišjungia“. Belieka pamatyti, kaip šis RBF privalumas, sukeltiant indukuotą sėklų savižudybės mechanizmą, veikia realaus gyvenimo situacijose.

#### 2.6.5.2. *Transgeninių poveikių sumažinimas*

Kiekviena aukščiau aprašyta, transgenams išplisti neleidžianti strategija pasižymi tam tikrais trūkumais ir negali pilnai užkirsti kelio genų pernašai. Tačiau netgi mažas genų pernašos efektyvumas gali sudaryti palankias sąlygas naudingo alelio paplitimui (pavyzdžiui, Burke&Rieseberg. 2003; Haygood. 2004), tad strategijos sumažinti genų plitimo greitį beveik iki ribinio lygmens gali neužtekti. Tokiu atveju, kaip alternatyva galėtų būti siūlomas potencialiai naudingo transgeno susiejimas su neutraliu ar žemės ūkyje potencialiai naudinga, bet selektyviai



nepalankiu laukinėje gamtoje genu. Toks principas buvo pavadintas transgeninio poveikio sumažinimu (TM; Gressel. 1999), kurio pavyzdys parodytas Pav 6. Šiuo konkrečiu atveju transgenas tiesiogiai susijęs su genu lemiančiu žemaūgiškumą (Pav. 6a), kuris nėra žalingas žemės ūkyje (Pav. 6b). Šiuo konkrečiu atveju, jei įvyktų geno pernaša į piktžolių populiaciją, augalai recipientai nelabai galėtų konkuruoti su "normaliais" augalais (Pav. 6c), transgeno išplitimas būtų apribotas.

Transgeninio poveikio sumažinimui (TM) didžiausią reikšmę turi: (1) sušvelninantis transgeno poveikį genas yra taip tvirtai susijęs su transgenu, jog išlieka nepaprastai maža abiejų genų rekombinacijos galimybė, bei (2) geno sušvelninančio transgeno poveikį trūkumai yra tokio paties masto, kaip ir transgeno teikiami privalumai. Papildomą rūpestį kelia tai, kad dėl mutacijos ar metilavimo transgeno poveikį sušvelninančio geno veikla gali būti inaktyvuota. Tačiau transgeno įkėlimas tarp dviejų transgeno poveikį sušvelninančių genų kopijų į taip vadinamą jungtinę konstrukciją, smarkiai sumažina transgeno rekombinavimo tikimybę ne TM konstrukcijoje, o dviejų genų-inhibitorijų dalyvavimas neleidžia inaktyvuoti abiejų sekų (Gressel. 1999). Siūlomų transgeno poveikį sušvelninančių genų tarpe yra tokių, kurie pasižymi žemės ūkiui būdingomis savybėmis, pavyzdžiui, žemaūgiškumu, buveinių praradimu, sėklų ramybės periodo trūkumu, nes tokios savybės greičiausiai nebus naudingos laukinėje gamtoje (Gressel. 1999).

Paskutinio darbo su baltažiedžiu vaireniu *A. thaliana* rezultatuose identifikuota geno (GAI), reakcija į giberelino rūgštį; šio geno (GAI) mutacija sąlygoja augalo žemaūgiškumą (Peng. 1997). GAI genas yra homologiškas mutantiniams genams, lemiantiems augalo žemaūgiškumą taip vadina-

mos žaliosios revoliucijos kviečiuose (Peng. 1999); mutantinė versija buvo naudojama tiriant TM efektyvumą (Al-Ahmad. 2004). Šiuo atveju atsparumo herbicidams genas kartu su GAI genu buvo perkeltas į tabaką ir vertinti grįžtamojo kryžminimo (pusiau žemaūgių, herbicidams atsparių) palikuonių konkurencingumo sugebėjimai, lyginant su laukiniu tabaku šiltnamio sąlygomis. Esant dideliame augalų tankumui iki žydėjimo neišliko nei vieno žemaūgio individo, o esant mažam tankumui pakraščiuose buvę augalai sugebėjo pražydėti, bei pademonstravo minimalų potencialą konkuruoti su laukiniais augalais (Al-Ahmad. 2004).

Šis darbas buvo atliekamas šiltnamyje, todėl lieka neaišku, ar gautus rezultatus bus galima ekstrapoliuoti ir panaudoti lauko sąlygoms. Tad nors šiuo metu TM metodas teikia dideles strategines viltis sumažinti su transgenų pernaša susijusią riziką, praktiniam šio metodo pritaikymui reikia tolimesnių eksperimentinių tyrimų.

### 2.6.6. Ateities galimybės

Atsižvelgiant į aukščiau išsakytas mintis, tampa vis labiau aišku, kad visuotinai paplitusi hibridizacija tarp atskirų augalų rūšių ir jų sulaukėjusių formų yra visai įprastas reiškinys. Be to, populiacijų genetikos teorija mums teigia, kad alelio atsiradimo ir plitimo greitis, priešingai jo migracijos greičiui, visų pirma priklauso nuo selekcijos stiprumo. Todėl, nors kultūrinio ir laukinio augalo hibridizacija pasitaiko retai, tikėtina, kad genų pernašos metu silpnai palankus transgenas galėtų greitai išplisti. Chapman&Blair (2006) atkreipia dėmesį, kad padidėjęs individualus prisitaikymas nebūtinai pereina į padidėjusį invaziškumą, prisitaikymas išlieka geriausių alelių plitimo garantu. Taigi, prisitaikymo poveikis laukiniam genui yra žymiai svarbesnė aplinkybė, negu bendras genų judėji-

mo greitis (žr. Hails&Morley. 2005).

Apibendrinant išsakytas mintis, galima daryti išvadą, kad norint įvertinti potencialią konkretaus transgeno riziką, susijusią su jo išplitimu, reikėtų atlikti kokybinę kaštų – naudos analizę konkretaus transgeno atveju bei įvertinti informaciją, kurią gali pateikti organizmai – recipientai su nenumatytais (t.y. pleotropinėmis) savybėmis. Anot Chapman&Blair (2006), tokia darbe privaloma prisitaikymą vertinti tiesiogiai, nes netiesioginiai faktoriai (ligos, sukeltos baltojo pelėsio saulėgrąžose, atvejis. Burke&Rieseberg. 2003) gali būti nepatikimi. Tokį tiriamąjį darbą apsunkina faktas, kad prisitaikymo kaina ir gauta nauda paprastai kinta, ir tai priklauso nuo aplinkos pokyčių, taksonų, pačių genų ir netgi insercijų (pavyzdžiui, Jackso., 2004). Iš tikrųjų, dabartiniai mokslo tiriamieji darbai rodo, kad transgenų veikla gali būti labai skirtinga, rekomenduojama laikytis tiriamųjų darbų pakartojamumo principo, vertinti genetinės modifikacijos riziką ir naudą kiekvienu atveju atskirai.

Atsižvelgiant į tai, kad beveik neįmanoma genų išlaikyti lauko sąlygomis, labai perspektyvu jų teikiamą naudą įvertinti siejant ją su vienu ar daugiau selektyviai nenaudingų sušvelninančių genų. Nors ši strategija jau buvo sėkmingai patikrinta šiltnamio eksperimento sąlygomis (Al-Ahmad. 2004), jos efektyvumas lauko sąlygomis vis dar nėra įrodytas. Tikėtina, jog ir pažangiausia idėja ateityje gali pasiūlyti suderinti kelias strategijas – pavyzdžiui, transgeninį poveikį sušvelninančios konstrukcijos panaudojimą kartu su organelių transformacija.

Akivaizdžiausia tokios Terminatoriaus technologijos nauda – užtikrinti augalų veislių išradėjų teises. Taip visi ūkininkai visada išlaikys teisę auginti savo turimas sėklas. Kieno nors kito sėklų auginimas iš principo keičia situaciją. Pagrindinė taisyklė skelbia,

kad GM sėklų gamintojai turi gauti atlygį už jų išradimus. Daugeliu atvejų ūkininkai perka naują technologiją panašiai taip, kaip jie įsigyja trąšas ar kitas, didesnę ar geresnę derlių užauginti padedančias priemones.

Kai ūkininkai perka GM sėklas, jie paprastai būna informuojami, kad galės sėklas naudoti tik vieną kartą, panašiai kaip kompiuterinės programos pirkėjai pasižada nekopijuoti programinės įrangos., Po derliaus nuėmimo sėklas surenkantys ūkininkai netęsi duotojo pažado. Pritaikius Terminatoriaus technologiją, bus užkertamas kelias potencialioms apgavystėms, o tuo pačiu apsisaugoma nuo galimų teisinių išlaidų.

## 2.7. GMO politika pasaulyje

Daugelio dabartinės genų inžinerijos oponentų nuomone, didėjantys genetiškai modifikuotų (GM) augalų pasėlių plotai rodo vis didėjančią žemės ūkio priklausomybę nuo biotechnologijos kompanijų, dažnai turinčių pernelyg didelę įtaką tokių augalų pasėlių bei maisto produkcijos grandinės kontrolei bei šiuos produktus naudojantiems ūkininkams.

Daugelis dabartinės genų inžinerijos šalininkų mano, kad GMO gali efektyviai sumažinti pesticidų naudojimą ir daugeliui, tame tarpe ir besivystančių šalių, ūkininkų užtikrinti didesnę derlių bei pelningumą (15). Kai kurie genų inžinerijos leidimai leidžia mažiau ekonomiškai išsivysčiusių šalių ūkininkams išlaikyti sėklas kitų metų sėjai.

Šalys, kuriose reikia išmaitinti daugiau gyventojų, pavyzdžiui Indija ir Kinija, dažnai GMO galimas grėsmes suvokia kitaip, negu ES, kurioje ir be GMO panaudojimo maisto pagaminama daugiau, nei suvartojama. Kai kuriose šalyse, pavyzdžiui, JAV ir Kanadoje, tradicinėmis maisto gamybos technologijomis maisto pagaminama pakankamai, tačiau dėl tradiciškai mėgstamų naujovių, gyvento-

jų verslumo, visuomenė yra atviresnė ir imlesnė inovacijoms.

2002 metų rugpjūčio mėnesį Zambija atsisakė JT Pasaulinės maisto programos tiekiamo genetiškai modifikuoto maisto (daugiausia kukurūzų). Nors pasipylė kaltinimai, kad šis žingsnis badaujančius šalies gyventojus paliko be maisto, JT programai pavyko atsisakytus javus pakeisti kitais maisto šaltiniais, tame tarpe – kai kuriuo už Europos pagalbos lėšų dotacijas įsigytu vietiniu maistu. Atsisakydami kukurūzų, Zambijos gyventojai citavo atsargumo principą ir taip pat norą ateityje apsaugoti Europą nuo javų eksporto.

2005 metų gruodžio mėnesį dėl besitęsiančio bado Zambijos vyriausybė pakeitė savo nuomonę ir leido importuoti GM kukurūzus (16). Tačiau, Zambijos žemės ūkio ministras Mundia Sikatana atkakliai tvirtino, kad draudimas įvežti genetiškai modifikuotus kukurūzus išlieka: Mes nenorime GM maisto bei tikime, kad visi ir toliau galime gaminti maistą be GM (17,18). Hugo Chávez 2004 metais taip pat paskelbė apie visišką genetiškai modifikuotų sėklų uždraudimą Venesueloje (19).

Nuo 2003 metų ES laikosi atsargumo principo, reiškiančio, kad prieš patekdamas į rinką kiekvienas GMO produktas yra vertinamas individualiai. Vykdančioji ES institucija – Europos Komisija (EK) yra atsakinga už GM produktų saugos vertinimo organizavimą. 2004 metais pasibaigus 6 metų moratoriumui EK pritarė BASF kompanijos sukurta GM bulvei.

Pabrėžtina, kad ES šalių tarpe vyrauja skirtingos nuomonės – kai kurios šalys narės labai pritaria GMO, o kitos savo valstybių teritorijose uždraudė tam tikrus GMO produktus. Pavyzdžiui, 1999 ir 2000 metais Austrija uždraudė kelias ES autorizuotas GM kukurūzų veisles. Vengrijos vyriausybė 2005 metų sausio mėnesį paskelbė draudi-

mą importuoti auginimo tikslais genetiškai modifikuotas kukurūzų sėklas, kurias turėjo patvirtinti ES. Nors 2006 metų kovo mėnesį Europos Maisto saugos tarnyba (EFSA) nusprendė, kad, naudojant Vokietijos Bayer kompanijoje sukurtą T25 arba JAV Monsanto sukurtą MON810, jokio pavojaus žmogaus sveikatai nėra, Graikijoje vis tiek draudžiami GM augalai.

Europos Sąjungos atsargumo principas bei atskirų ES šalių draudimai 2003 metų išvakarėse baigėsi GMO de facto moratoriumu, paskatino JAV, Kanadą ir Argentiną pradėti prekybinius debatus bei iniciatyvą su Pasaulio prekybos organizacija (PPO) peržiūrėti ES teisinę bazę. Taip baigėsi vadina moji EK – Biotech byla.

EK – Biotech byla baigta 2006 metais, kuomet PPO sudaryta darbo grupė nusprendė, jog ES dviem atvejais pažeidė biotechnologijos taikymo srities teisės aktus. Išvados teigė, kad ES pažeidė procedūrinius įsipareigojimus įgyvendinant Sanitarijos ir Fitosanitarijos sutarties sąlygas, kai ES ketverius metus buvo laikomasi 2003 rugpjūčio mėnesį pasibaigusio GMO de facto moratoriumo bei pažeidžiamos pagrindinės sutarties sąlygos dėl moksliai nepagrįstų GMO draudimų, kuriuos prieš tai patvirtino atsakingos ES institucijos. Panašu, jog Austrija rėmėsi Jungtinių Tautų Biosaugos protokolu, kurio nuostatos leido protokolą ratifikavusioms šalims uždrausti GM augalus tais atvejais, jei produkto saugumui užtikrinti trūksta mokslinių įrodymų. Todėl Austrija argumentavo, kad PPO savo sprendimuose neatsižvelgė į Biosaugos protokolą, nes pareiškėjai – JAV, Kanada ir Argentina – jo ratifikavusios nėra.

2006 metų gruodžio mėnesį ES aplinkos ministrai nepritarė EK siūlymui priversti Austriją nutraukti draudimą GM kukurūzams. Austrija išlaikė teisę neleisti šalyje auginti genetiškai modifikuotų kukurūzų.

Šiuo metu, esant aiškiai priešingai ES aplinkos ministrų nuomonei, EK turės atidžiai apsvarstyti esamus teisinius ir mokslinius argumentus, kurie galėtų padėti išspręsti susidariusią situaciją.

Žemės draugų Europoje p. Helen Holder prieš ES ministrų aplinkos ministrų balsavimą teigė: ...balsavimas tiesiogiai atmetė PPO taisykles dėl GM produktų. Tai didelis biotechnologijos pramonės ir jų draugų pralaimėjimas Europos Komisijoje. Kiekviena šalis privalo turėti demokratinę teisę ginti savo šalies gyventojus ir aplinką.

## 2.8 Rekomendacijos GMO ir GM maisto saugiam naudojimui

2000 metų kovo mėnesį mokslininkas Barun Mitra iš progresyvaus laisvos rinkos mokslinio instituto (Liberty institute) Indijoje nusiuntė AgBioView ekspertams klausimus dėl biotechnologijos panaudojimo žemės ūkyje, norėdamas gauti iš pastarųjų ekspertų argumentuotus atsakymus. Jis sulaukė daug atsakymų į užduotus klausimus, kuriuos kartu su kolegomis p. Andrew Apel ir p. Gregory Conko publikavo Internete (žr. [www.agbioworld.org/biotech-info/articles/agbio-articles/critical.html](http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/agbio-articles/critical.html)). Žemiau pateikiamos apklaustų ekspertų nuomonės nagrinėjamu klausimu.

### 2.8.1. GMO gali užtikrinti aplinkos subalansuotumą ir padidinti maisto gamybą

Išskiriami keli būdai, kaip GMO gali prisidėti prie darnios aplinkos išsaugojimo. Vienas jų – padidinti maisto produktų gamybos apimtį, mažinant mažai rentabilių ar aplinkai jautrių žemės plotų įsisavinimą. Kitas būdas – panaudoti mažesnę poveikį aplinkai turinčius pažangius augalininkystės metodus.

Pradžioje apsvarstykime derlingumą. Norint išauginti didesnę derlių tam tikrame žemės plote, reikės vis daugiau dirbamos žemės produkcijai gauti (kad būtų galima išmaitinti 6 milijardus žmonių šiandien arba 9 milijardus žmonių po 50 metų). Tai – svarbus limituojantis faktorius, nes istoriškai naujos dirbamos žemės plotai buvo plečiami, įsavinant dar neliestus laukinės gamtos kampelius. Didesnę derlingumą galima pasiekti derinant procesus, apjungiant ir labiau tradicinius metodus, kaip buvo paaikškinta anksčiau atsakant į 1 klausimą. Tačiau genų inžinerijos technologija yra svarbi priemonė, kurią taikant agronomai gali greičiau ir tiksliau modifikuoti augalus.

Aptarkime galimybę žemės ūkyje naudoti mažiau cheminių medžiagų, įskaitant pesticidus, herbicidus ir sintetines trąšas. Šios cheminės medžiagos su atmosferos kritulių, pavyzdžiui lietaus nuotėkio srautais, patenka į upes ir ekologiškai jautrias dirvas, dažnai sutrikdydamos jų ekologinį balansą. Agronomai žino, kad tam tikros augalų rūšys, pavyzdžiui kai kurios ankštinės kultūros augalai, gali kaupti cheminį azotą absorbuodami jį iš oro. Jei galėtume perkelti azoto fiksavimo savybę į kitus augalus, pavyktų sumažinti sintetinių cheminių trąšų poreikį žemės ūkyje ir žengti didelį žingsnį subalansuoto vystymosi kryptimi.

Taip pat, jei pavyktų padidinti augalų atsparumą ligoms, ūkininkai galėtų pasinaudoti tokia papildoma įgyta savybe ir, sumažindami naudojamų fungicidų kiekius, pagerinti žemės įdirbimo metodus. Tai pasiekti įmanoma panaudojant genetiškai modifikuotus augalus, kurie yra atsparūs sausras ir kurių kultivavimui reikia mažiau toksiškų herbicidų. Šiuo požiūriu pažangios technologijos pritaikomumą įrodo tolerantiškumas glifosatui, nes, palyginus su kitais herbicidais, glifosatas yra daug mažiau toksiškas ir per kelias dienas po purškimo tampa neaktyvus.

Pasaulyje CIMMYT, CGIAR ir kituose mokslo tyrimų centruose buvo įkurti sėklų bankai. Juose skirtingų gemalų protoplazma saugoma tam, kad būtų galima išskirti naudingas kultivuojamų augalų rūšių savybes. Biotechnologai, pasinaudodami tokiuose genų bankuose sukaupta vertinga medžiaga, identifikuoja naudingas savybes turinčius genus, galimus perkelti į giminingas augalų rūšis. Pavyzdžiui, neseniai iš miežių klonuotas Mlo genas, kuris lemia atsparumą netikrosios miltligės sukėlėjams. Netikroji miltligė tapo pasauline grūdinių augalų ir kitų augalinių kultūrų problema.

Genų inžinerija suteikia galimybes paimiti geną ir įterpti jį į kitų grūdinių kultūrų augalus. Iš tokių augalų sėklų augindami grūdines kultūras, ūkininkai gali atkurti atsparumą bei produktyvumą tuose žemės ūkio laukuose, kuriuos dažniausiai niokoja augalų ligos.

Svarbu numatyti, ar ši technologija gali užtikrinti subalansuotą plėtrą. Nėra jokių priežasčių manyti, kad genų inžinerija ar koks nors kitas technologinis metodas tai atliks pats savaime.

Yra žinoma daug faktorių, sąlygojančių aplinkos kokybės blogėjimą. Pavyzdžiui, emisijos į atmosferą ir kitos neutilizuojamos atliekos. Tikėtina, kad genų inžinerijos pasiekimai gali efektyviai prisidėti prie subalansuotos plėtros idėjos įgyvendinimo.

### 2.8.2. Moksliniais duomenimis pagrįstas GMO saugumas

Saugumas – reliatyvi sąvoka. Žemdirbystei, gyvulininkystei, žemės ūkio produktų vartojimui būdingi pavojai. Bet kokia išsami genų inžinerijos saugumo analizė gamina maisto „saugumą“ taip pat turi įvertinti įprastais būdais. Kaip jau minėta studijoje, visos taikomos technologijos pasižymi tam tikra rizika.

Be to, kiekvienam į rinką tiekiamam GM augalui atliekami visi reikalingi toksiškumo tyrimai ir poveikio aplinkai vertinimo procedūros. Daugelio šalių kompetentingos institucijos teikia informaciją apie tokių tyrimų rezultatus. Per paskutinius 20 metų daugelis GM augalų buvo apgalvotai išleisti į aplinką ir jų auginimo patirtis neatskleidė jokių problemų. Todėl daugiau kaip 200 milijonų vartotojų Šiaurės Amerikoje pastarųjų ketverių metų patirtis bei per tą patį laiką pasodinti dešimtys milijonų akrų GM augalų pasėlių papildomai įrodo, kad šiuolaikinės genų inžinerijos produktai yra saugūs.

GMO priešininkai įtikinėja, kad GM maistas plačiai paplito ir naudojamas mažiau nei dešimtmetį, ir todėl dar anksti tvirtinti apie GM maisto saugumą. Šalių vyriausybės nagrinėja šį klausimą, atsižvelgdamos į savą ekonominę ir politinę situaciją, taip pat į tradicijas bei tam tikrą specifinę demografinę situaciją. Todėl skirtingos pasaulio šalys pasižymi labai skirtingais požiūriais į GMO rizikos kaštų analizę.

Ar genetiškai modifikuoti organizmai yra labiau pavojingi dėl to, kad, gaminami nenatūraliu būdu? Svarbu suprasti, kad tam tikra prasme viskas dabartiniame žemės ūkyje yra „nenatūralu“. Jeigu mums reikėtų auginti tik laukines bulves, kukurūzus arba pupeles, mes visi badautume. Visa rašytinė žmonijos istorija nužymėta nenatūraliais pasiekimais žemės ūkyje, kuomet buvo dirbtinai išsami į augalų ir gyvūnų DNR.

Atskirų rūšių viduje vykstančiais natūralaus kryžminimosi atvejais sakoma, kad vyksta genų vertikali pernaša. Modernios biotechnologijos metodai leidžia atlikti horizontalią genų pernašą tarp atskirų rūšių. Ar tokia horizontali tarprūšinė genų pernaša nenatūrali tiek, kad galima būtų teigti, jog ji – nesaugi ir neetiška?

Tokie klausimai klaidina. Horizontali tarprūšinė genų pernaša natūraliai egzistuoja

tūkstantmečius. Tai natūralus procesas. Pavyzdžiui, mokslininkai kuria transgeninius augalus, naudodami vieną iš modernių technologijų – įterpdami naujus genus į gamtoje paplitusią dirvos bakteriją, vadinamą *Agrobacterium tumefaciens*. Tai labai naudinga, nes naudojant šią bakteriją, galima panaudoti natūraliai vykstančią horizontalią genų pernašą, įkeliant genus į augalų DNR.

Vertėtų įsigilinti – kodėl vyrauja nuomonė, kad siekti pagerinti maisto produktų savybes yra neetiška? Juk daug amoraliau yra milijonus nekaltų žmonių pasmerkti badui.

### 2.8.3. GMO potencialiai keliamas pavojus

Iš esmės, joks poveikis žmogaus sveikatai ar aplinkai negali nebūti pavojingas – įskaitant medicininį gydymą, aprūpinant miestus geriamu vandeniu ir energija, statant socialinius būstus socialiai remtinoms visuomenės grupėms. Visais šiais atvejais galimi pavojai sumažinami iki saugai priimtinių ribų. Tačiau iš tiesų visiškai nepavojinga veikla tiesiog neįmanoma.

Reikia užduoti klausimą, ar šiuo metu žinome kokius nors pavojaus ar žalos įrodymus, išskyrus tuos tradicinės žemdirbystės metodu užaugintus ir pagamintus produktus? Nėra tvirtų įrodymų, kad toks maistas ar aplinka yra nors kiek saugesni už tradiciniu būdu išaugintus augalus ar pagamintą maistą.

Įprasto genetinio kryžminimo metu, siekiant išvesti norimus palikuonis, sumaišomi daugybė dviejų (ar daugiau) organizmų genų. Daugelio atskirų genų tarpusavio funkcinė sąveika nėra žinoma. Pavyzdžiui, įprasto genetinio kryžminimo metu sąveikauja vieno augalo 40 000 su kito augalo tiek pat 40 000 genų. Tuo tarpu, taikant genų inžinerijos metodą, sumaišomi tik 1–10 genų, kurių savybės žinomos, su 40 000 genų augalo-recipientų genome. Suprantama, jo-

kia technologija negali užtikrinti nulinio pavojaus. Net taikant tradicinius genetinio kryžminimo metodus, gali išryškėti kai kurios nepageidaujamos savybės. Pavyzdžiui, daug žmonių yra alergiški kviečiams. Vis dėlto, daugiau kaip per 10 000 metų žmonija pasiekė svarių biologijos laimėjimų žemdirbystėje.

Analogiškai, atsižvelgiant į pesticidų keliamą pavojų, reikia įvertinti naudą, kai GM augalas reikalauja mažiau pesticidų. Antra, reikia įvertinti ar GM augalo keliamą riziką yra žinoma ar nežinoma, ar yra didelė keliamo pavojaus pasireiškimo tikimybė. Šiuo atveju reikia analizuoti tuos galimus pavojus, kurie taikant genų inžinerijos metodą, gali būti sumažinti.

Nederėtų pamiršti apie GM maisto teikiamą naudą. Pavyzdžiui, jei mes pagerintume maistinę ryžių sudėtį, sumažindami sergamumą regėjimo sutrikimo ligomis, kokią riziką mes norėtume prisiimti, kad išspręstume šią sveikatingumo problemą? Nagrinėjant genų inžinerijos klausimus, labai dažnai pamirštama atkreipti dėmesį į pavojų sumažinimo galimybes bei didžiulius teigiamus socialinius poslinkius visuomenėje, kuriuos gali užtikrinti GM sėklų naudojimas. Tik kai visos minėtos aplinkybės svarstomos kartu su GMO potencialiai keliamu pavojumi, galima nustatyti kokio laipsnio riziką mums priimtina.

### 2.8.4. GM augalų atsparumas herbicidams ir pesticidams: galimybė sumažinti cheminių medžiagų naudojimą žemės ūkyje

Pastaruoju metu daugiausiai diskusijų kyla dėl pesticidų panaudojimo sumažėjimo, tai atvejai, kuomet genų inžinerijos pagalba į augalus įterpiami genai, leidžiantys augalui gaminti biologiškai aktyvius insekticidus, pavyzdžiui *Bacillus thuringiensis* toksiną.

Ši toksinė medžiaga augale tiesiogiai sumažina sintetinių cheminių pesticidų poreikį tręšimui. Augalo atsparumas herbicidams leidžia pasirinkti iš kelių tipų herbicidų (dažniausiai užtenka vieno tipo), minimizuojant ir jo naudojimo dažnį. Pavyzdžiui, JAV per paskutinius 4 metus kultivuojant Bt atsparumu pasižyminčius augalus, sutaupyta apie 1 000 000 litrų insekticidų.

Nepakenkiant derliui, rečiau, bet didesnėmis dozėmis galima naudoti herbicidą, kuriam GM augalas yra atsparus. Todėl su naudojama tiek pat herbicido, kuriam augalas atsparus, tačiau kiti herbicidai nenaudojami. Todėl, bendrai paėmus, sutaupoma daug herbicidų.

### **2.8.5. Biotechnologinėms kompanijoms tenka visa atsakomybė už bet kokią GMO žalą aplinkai ir žmogaus sveikatai**

JAV, kaip ir kitose pasaulio šalyse, galioja produkto saugą apibrėžiantys teisiniai aktai. Todėl, teisinių procesų metu galima reikalausti atlyginti padarytą žalą. Tai reiškia, kad būtent biotechnologinėms kompanijoms tenka visa atsakomybė už bet kokią GMO žalą aplinkai ir žmogaus sveikatai.

Numatytas būtent toks atsakomybės pasidalijimas: mokslininkai visuomet atsakingi už jų pačių sukurtų produktų saugumą; augintojai atsakingi už taisyklių, užtikrinančių gamtos apsaugą, laikymąsi; perdirbėjai atsakingi už saugų medžiagų panaudojimą; o vartotojai privalo atsakingai rinktis maisto produktus bei žinoti savo sveikatos būklę (alergines reakcijas, kurias gali sukelti tam tikri maisto produktai, pavyzdžiui, kviečiai ar pieno produktai).

### **2.9. Rekomendacijos saugiam GMO naudojimui Lietuvoje:**

2.9.1. Remiantis galimos rizikos ir naudos analize, nustatyti nacionalinius, su GMO technologijos naudojimu siejamus interesus;

2.9.2. Paruošti nacionalinės GMO technologijos naudojimo politikos gaires;

2.9.3. Lietuvos kompetentingoms institucijoms laikytis nacionalinės GMO technologijos naudojimo politikos ES;

2.9.4. Stengtis naudoti tokius GM augalus, kurie atsparūs klimato kaitos pokyčiams, panaudojant atsinaujinančius energijos resursus biokuro gamyboje;

2.9.5. Pasiūlymai dėl GMO panaudojimo turėtų būti vertinami remiantis tikslia mokslinė analize, vengiant politinių sumetimų ir emocijų poveikio;

2.9.6. Sukurti efektyvią GMO galimų poveikių žmogaus sveikatai ir aplinkai kontrolės sistemą;

2.9.7. Lietuva neturėtų atsiriboti nuo pasaulinių pasiekimų GMO srityje. Šiandien Lietuva pirmauja genetiškai modifikuotų mikroorganizmų panaudojimo žmonių sveikatos apsaugos, diagnostikos bei biotechnologinių įrankių kūrimo srityse. Vykdamas Lietuvos vyriausybės 2006 metų nutarimą dėl Aukštųjų technologijų vystymo, reikia atsižvelgti į pasaulinį saugaus genetiškai modifikuotų augalų panaudojimą Lietuvos žemės ūkio bei pramonės reikmėms tenkinti. Lietuva turėtų siekti išlaikyti savo GMO lyderio poziciją tarp Baltijos šalių;

2.9.8. Visuomenei teikti nešališką informaciją apie GMO;

2.9.9. Naudojant GMO technologiją, atsižvelgti į vartotojų poreikius;

2.9.10. Lietuvos atsakingos vyriausybės institucijos bei mokslo bendruomenė turėtų aktyviai bendrauti su vietinėmis nevyriausybėmis ir visuomeninėmis aplinkosaugos srityje dirbančiomis organizacijomis.

## 2.10. Literatūra

- Aumaitre, A. 2004.
- Anim, Ital. J.; „Safety assessment and feeding value for pigs, poultry and ruminant animals of pest protected (Bt) plants and herbicide tolerant (glyphosate, glufosinate) plants: interpretation of experimental results observed worldwide on GM plants“. *Sci. 3.* p. 107–121.
- Berg, P.; Baltimore, D.; Brenner, S.; Roblin, R.O. III.; Singer, M.F. 1975.
- „Summary statement of the Asilomar Conference on recombinant DNA molekules“. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 1981–1984. USA 72.
- Burke, D. 2004.
- “GM food and crops: what went wrong in the UK?“ *EMBO Reports* 5(5), p. 432–436.
- Catchpole, G. S.; Beckmann, M., Enot D. P.; Mondhe M.; Zywicki B.; Taylor J.; Hardy N.; Smith A.; King R. D.; Kell D. B.; Oliver Fiehn O.; Draper, J. 2005.
- “Hierarchical metabolomics demonstrates substantial compositional similarity between genetically modified and conventional potato crops“. *Proc. Natl. Acad. Sci.* p. 14458–14462. USA 102.
- Chen, Z. L.; Gu, H.; Li, Y.; Su, Y.; Wu, P.; Jiang, Z.; Ming, X.; Tian, J.; Pan, N.; Qu, L. 2003.
- “Safety assessment for genetically modified sweet pepper and tomato“. *Toxicology* 188. p. 297–307.
- Cohen, S.; Chang, A.; Boyer, H.; Helling, R. 1973.
- „Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids In Vitro“. *Proc. Natl. Acad. Sci.* p. 3240–3244. USA 70.
- Felicia Wu, F.; Miller, D. J.; Casman, E. A.; 2004.
- „The economic impact of Bt corn resulting from mycotoxin reduction“. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews* 23. p. 397–424.
- Hallman, W. K.; Hebden, W. C.; Aquino, H. L.; Cuite, C. L. & Lang, J. T. 2003.
- “Public perceptions of genetically modified foods: a national study of American knowledge and opinion“. RR-1003–004. New Brunswick, NJ: Cook College, Rutgers-The State University of New Jersey, Food Policy Institute.
- Hallman, W. K.; Hebden, W. C.; Cuite, C. L.; Aquino, H. L. & Lang, J. T. 2004.
- “Americans and GM food: knowledge, opinion and interest in 2004“. RR-1104–007. New Brunswick, NJ: Cook College, Rutgers-The State University of New Jersey, Food Policy Institute.
- “International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications“, 2005.
- “Global biotech crop area continues to soar in 2005 after decade of commercialization“. [http://www.seedtoday.com/articles/Global\\_Biotech\\_Crop\\_Area\\_Continues\\_to\\_Soar\\_in\\_2005\\_After\\_Decade\\_of\\_Commercialization\\_-30528.html](http://www.seedtoday.com/articles/Global_Biotech_Crop_Area_Continues_to_Soar_in_2005_After_Decade_of_Commercialization_-30528.html)
- Kärenlampi, S. O.; Lehesranta, S. J. 2006.
- “Proteomic profiling and unintended effects in genetically modified crops“. <http://www.isb.vt.edu/news/2006/news06.jan.htm#jan0603>.
- Kasuga, M.; Miura, S.; Shinozaki, K.; Yamaguchi-Shinozaki, K. 2004.
- “A combination of the Arabidopsis DREB1A gene and stress-inducible rd29A promoter improved drought- and low-temperature stress tolerance in tobacco by gene transfer“. *Plant Cell Physiol.* 45(3). p. 346–500.
- Nordlee, J. A.; Taylor, S. L.; Townsend, J.A.; Thomas, L. A.; Bush, R. K. 1996.
- “Identification of a brazil-nut allergen in transgenic soybeans“. *N. Engl. J. Med.* p. 334, p. 688–692.
- Oh, S. J.; Song, S. I.; Kim, Y. S.; Jang, H. J.; Kim, S. Y.; Kim, M.; Kim, Y. K.; Nahm, B. H.; Kim, J. K. 2005.
- “Arabidopsis CBF3/DREB1A and ABF3 in transgenic rice increased tolerance to abiotic stress without stunting growth“. *Plant Physiol.* 138(1). p. 341–51.
- Pellegrineschi, A.; Reynolds, M.; Pacheco, M.; Brito, R.M.; Almeraya, R.; Yamaguchi-Shinozaki, K.; Hoisington, D. 2004.
- “Stress-induced expression in wheat of the Arabidopsis thaliana DREB1A gene delays water stress symptoms under greenhouse conditions“. *Genome* 47(3). p. 493–500.
- Prescott, V. E.; Campbell, P. M.; Moore, A.; Mattes, J.; Rothenberg M. E.; Foster, P. S.; Higgins, T. J. V.; Hogan, S. P. 2005.
- “Expression of bean-amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity“. *J. Agric. Food Chem.* 53. p. 9023–9030.
- Zhang, H. X.; Hodson, J. N.; Williams, J. P.; Blumwald, E. 2001.
- “Engineering salt-tolerant Brassica plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation“. *Proc. Natl. Acad. Sci.* p. 12832–12836. USA 98.



## 3. Biomediciniai tyrimai ir pramonė: biosauga ir etikos normos

### 3.1. Įvadas

Biotechnologijos terminas pradėtas vartoti 1970 metais, kuomet genetinės modifikacijos metodika tapo labiau žinoma visuomenėje. Jau tada daugelis biotechnologijų tiesiog sutapatino su genetinė modifikacija, visai nesigilindami į tai, jog ji apima ir daugelį kitų veiklų tokiose srityse kaip medicina bei aplinka [1].

Šiame skyriuje bus nagrinėjamas genetinės modifikacijos objektas, ypatingą dėmesį skiriant etinėms ir saugos normoms.

Ar genetinė modifikacija iš tiesų suteikia teisę keisti žmogiškąją prigimtį? Šią teisę neigianti visuomenės dalis yra bekompromisiam genų perkėlimo idėjos priešininkai. Yra keletas esminių priežasčių, kurios pagrindžia šios nuostatos atsiradimą. Pavyzdžiui, keletas archaiškų religijų teigia, jog žmonių giminė yra nekintanti esybė, o jos prigimties esmė yra genai, todėl bet kokie genetiniai pakeitimai ją neišvengiamai iškraipo – deformuoja. Kiti gi mano, jog geno perkėlimas iš vieno organizmo į kitą suardo sudėtingą gyvybinį audinį ir pažeidžia gamtos pusiausvyrą. Dar kitų nuomone, mirtingiesiems apskritai nevalia kištis į tokią sritį.

Vis dėlto, daug didesnę nerimą kelia ne priešiškus pačiai genetinei modifikacijai, bet nenuspėjamos geno perkėlimo pasekmės, bei organizmui – gavėjui keliami rizika. Štai keletas su GMO susijusių rizikų:

1. Naujai sukurti mikroorganizmai (ar organizmai) gali kelti pavojų žmonijai ir aplinkai. Pavyzdžiui, naujos atmainos pasėliai gali būti akivaizdžiai kokybiškesni ir nukonkuruoti kitas laukines rūšis;
2. Genetiškai modifikuoti organizmai gali būti sąmoningai paskleidžiami piktybiniais

tikslais. Pavyzdys – kuriami mikroorganizmai ar virusai specifinius biologinius skirtumus turinčiai žmonijos daliai sunaikinti.

1975 metais JAV vykusioje konferencijoje buvo diskutuojama apie naujai besiformuojančios mokslinių tyrimų krypties – genetinės modifikacijos – saugumo ir rizikos problemas. Pristatyta eilė saugos priemonių, ypatingas dėmesys skirtas gaminamų rūšių suvaržymo politikai. Konferencijos dalyviai – mokslininkai sutiko savo moksliniuose tyrimuose taikyti visas įmanomas atsargumo priemones. Deja, GMO oponentai iki šiol tebetvirtina, jog rengtoji konferencija tebuvo proga ir priemonė pademonstruoti, jog visuomenei keliama rizika mokslininkams rūpi tik tiek, kiek tai siejasi su leidimo tęsti mokslinius tyrimus su kuo mažesniais apribojimais gavimu.

Per pastaruosius 30 metų, daugybė saugumo rekomendacijų tapo mažiau griežtos – buvo įrodyta, jog dauguma atvejų tikrasis pavojus yra daug mažesnis, nei gali atrodyti. Vis dėlto, tokiose šalyse kaip JK su genų modifikacijos technologija susijusios procedūros iki šiol yra griežtai reglamentuotos. Pavyzdžiui, kiekviena GM darbus vykdanči organizacija privalo įsteigti komitetą, kuris atstovautų nemokslinės visuomenės dalies interesus, numatytų galimus rizikos faktorius, būtų atsakingas už apribojimų naujai atsirandančioms tyrimų rūšims taikymą. Keletas reglamentų yra griežtesni, nei būtų įmanoma įsivaizduoti – JK dirbantys su GM organizmais privalo užtikrinti, kad pastarieji nepateks į aplinką.

Gana dažnai GM technologijų oponentai reikalauja pateikti įrodymus, jog šios nėra

rizikingos. Tuo tarpu vargiai galėtume atrasti veiklą, kuriai rizikos faktorius nebūtų būdingas visai – juk net ir gulėti lovoje gali būti nesaugu.

Nėra įmanoma įrodyti rizikos buvimą ar nebuvimą. Kitaip sakant, teigti, jog rizika yra, teisinga lygiai tiek pat, kiek neigti, kad jos nėra. Istoriniai pavyzdžiai rodo, jog žmogaus veikla visuomet buvo susijusi su tam tikra rizika. Tarkim, aviacijos išradimas buvo labai pavojingas, bet tik dėl jo šiandien mes galime naudotis palyginti saugia transporto priemone. Sunkiai įsivaizduotume šiandieninio pasaulio ekonomiką be lėktuvų ar automobilių, o juk negalime paneigti, jog rizika yra neatskiriama naudojimosi šiomis transporto priemonėmis dalis? Svarbiausia – nustatyti ribas tarp toleruotino ir netoleruotino rizikos laipsnio.

Didžiausias įmanomas pavojus – biologinis karas. Visi žmonijos technologiniai išradimai buvo pritaikyti karo pramonėje. Tad yra pretekstas manyti, jog ir GM technologijos taip pat bus. Iškelta prielaida, jog GM gali būti panaudota klasingo biologinio ginklo, tarkim tam tikrų organizmų, nukreiptų prieš konkrečias gyventojų grupes, gamybai. Biologinis karas buvo uždraustas Ženevos protokolu dar 1925 metais (draudimas atnaujintas 1972 metais), tad priežasties uždrausti pačius GM ginklus nebėra prasmės. Vis dėlto, visuomet išlieka abejonių, ar tokios šalys kaip JAV, JK ar buvusioji SSRS praeityje negamino ir dabar nebetęsia slaptos biologinių ginklų gamybos. Tvirtinti, jog taip yra, nėra įrodymų, bet rizika išlieka.

Toliau bus aptariama keli sėkmingo GM technologijos pritaikymo medicinoje, gydant įvairius susirgimus dabar ir ateityje, atvejai.

### **3.2. Biovaistai**

Visiems gerai žinomas sukurtasis rekombinantinis žmogaus insulinas. Apie geno, koduojančio žmogaus insulino, atskyrimą

ir klonavimą visuomenė informuota 1977 metais. Genas tuomet buvo perkeltas į mikroorganizmą, jame augintas ir išgrynintas. Trečios pakopos klinikiniai tyrimai buvo tęsiami ir 1982 metais pirmasis genetiškai modifikuotas produktas buvo panaudotas žmogaus gydymo terapijoje.

Insulinas būtinas gydant kelių rūšių diabetą. Prieš išrandant rekombinantinį žmogaus insulino, buvo naudojamas iš kiaulės išskirtas insulinas. Tačiau pastarojo nepakako. Be to, daugelis žmonių buvo alergiški kiaulės insulinui, kurio sudėtyje buvo keletas amino rūgščių, besiskiriančių nuo esančių žmogaus insuline.

Čia reikėtų akcentuoti GM technologijos pritaikymo privalumus:

1. Kaštų mažinimas;
2. Poreikius atitinkanti gamyba;
3. Paprastesnė genetiškai modifikuoto insulino kokybės kontrolė (lyginant su kiaulės insulino);
4. Alerginės reakcijos išnykimas (arba beveik išnykimas).

Taip pat, būtina paminėti, jog tebėra nedidelė gyventojų dalis, kuri alergiška žmogaus ir nealergiška kiaulės insulinui. Todėl dalis visos insulino produkcijos tebegaminama ne genetinės modifikacijos metodais.

Sėkmingu insulino genetinės modifikacijos pavyzdžiu pasėkė ir daugelis kitų GM principu sukurtų – rekombinantinių biovaistų: žmogaus augimo hormonai, medikamentai vėžiui gydyti, daugelis vakcinų ir pan., išradėjai.

Keli iš pastarųjų produktų buvo pagaminti dar prieš atsirandant genetinės modifikacijos technologijai. Tačiau daugelio biovaistų gamyboje nebuvo įmanoma apsieiti be genetinės modifikacijos technologijų. Be to, GM technologija pasiteisino kaip saugesnė – jos sukurti vaistai pasirodė turį mažesnę pašalinių efektų tikimybę nei iš gamtinių

organizmų išgauti ir išgryninti biovaistai.

Kitas pavyzdys – žmogaus augimo hormonas. Biovaistas skirtinas vaikams, kurių organizme jo pagaminama nepakankamai. Anksčiau jo trūkumui kompensuoti buvo naudojamos mirusių žmonių skydliaukės liaukos. Tačiau po kelių metų paaiškėjo, jog daugelis šių hormoninių preparatų užkrėsti medžiaga, kuri sukelia mirtiną neurodegeneratyvinį susirgimą, vadinamą Creutzfeld – Jacob liga. Paaiškėjus šiam faktui, žmogaus augimo hormonų gamyba skydliaukės hormonų pagrindu buvo nedelsiant uždrausta. Tačiau net ir praėjus daugiau nei 15 metų atsirasdavo vis nauji susirgimo Creutzfeld – Jacob liga atvejai – mat šiam susirgimui būdingas itin ilgas inkubacinis laikotarpis. Išradus GM augimo hormoną gydymas buvo sėkmingai atnaujintas.

Vis dėlto neišvengta atvejų, kuomet augimo hormonas buvo naudojamas kitiems tikslams, ne pagal paskirtį. Vienas iš pavyzdžių – tėvai, kurių vaikai neturėjo hormoninės kilmės svorio deficito, bet buvo žemaūgiai, ėmė reikalauti šį hormoną skirti. Kad išvengtų piktnaudžiavimo atvejų, hormonu naudotis buvo uždrausta ir kultūrizmo bei kitų sporto šakų, kuriose konkuruojama fiziniiais duomenimis, atstovams.

Apmaudu pripažinti, jog žmogaus augimo hormono atveju GM technologija buvo piktnaudžiaujama. Vis dėlto, klaida būtų dėl piktnaudžiavimo ar neteisingo jos panaudojimo iš viso ją uždrausti. Tad įvestoji GM efektyvumą didinanti ir galimos žalos mažinimą griežtai reglamentuojanti sistema puikiai pasiteisino.

Idomu pabrėžti, jog daugelis GM technologijos pritaikymo pasėliams ar kitiems žemės ūkio tikslams priešininkų visai neprieštarauja jos pritaikymui vaistų gavybos pramonėje ir medicinoje. Kol GM technologija gamina santykinai saugius ir veiksmingus medikamentus, manoma, jog ji yra

naudinga visuomenei. Vis dar dažnai žmonės nieko nenučiuokia apie jiems leidžiamą vaistų gamybą. Tai – nesidomėjimo pačia technologija, o dažnai net ir noro suprasti trūkumą lydinti pasekmė.

### 3.3. Genetinė žmogaus modifikacija

Žmogaus paveldimumu domimasi jau labai seniai. Tačiau iki pritaikant GM ir su ja susijusias technologijas, bet koks mokslas apie su įvairiais susirgimais susijusius genus buvo iš anksto pasmerktas žlugti. Gyvavo vos keletas instancijų, kuriose biocheminių kraujo tyrimų pagalba buvo nustatomi genetiškai paveldimi susirgimai (pvz. Fenilketonurėja). Tad mokslininkai, tyrinėję mikroorganizmų, augalų, gyvūnų ir žmogaus genetiką, labai entuziastingai sutiko molekulinės biologijos atsiradimą.

1988 metais mokslininkų iš JAV konsorciumas įtikino Kongresą finansuoti ne tik pilną žmogaus genomo studijas, bet ir išsamių paveldimų ir molekulių funkcionavimo sutrikimų sukeltų ligų, tokių kaip vėžys, tyrimų programą. Penki procentai visų projekto lėšų buvo skirta etiniams aspektams. Projektas baigėsi 2001 metais (99.9%, 2003 metais baigti smulkūs darbai) – keliais metais anksčiau negu buvo tikėtasi. Nors vėliau tvirtino, jog viską padarė vieni, JAV mokslininkai įvykdė apie 2/3 visų projekto darbų.

Šio projekto dėka prieita išvados, kad mes, žmonės, turime apie 25,000 genų, kurie atlieka apie 100,000 funkcijų. Taigi daugelis mūsų turimų genų yra daugiafunkciai. Buvo padaryta ir daugiau įdomių atradimų. Tačiau svarbiausias žmogaus genomo projekto pasiekimas – medicininė nauda. Šis klausimas iš dalies vis dar išlieka atviras, tačiau tam tikri gydymo privalumai jau yra akivaizdūs.

Genomo projektas suteikė labai daug informacijos apie genų dalyvavimą ir rolę įvairių susirgimų atvejais. Procesas tęsiamas

įsisavinant įvairių reakcijų biochemiją. Jau yra aišku, kad genetinės diagnozės ir genetinio ligų patikrinimo tikslumas priklauso nuo disponavimo žmogaus genome esančia informacija.

Vis dėlto, paveldimos ligos nėra pagydomos. Teoriškai gali būti taikomas genų terapijos gydymas, bet šis metodas vis dar tebėra tyrimų ir kūrimo stadijoje. Šiandien genų su pageidaujama pakitimais įvedimo būdu esame pajėgūs „gydyti“ mikroorganizmus, bet ne iš daugybės ląstelių sudarytą suaugusio žmogaus organizmą. Tikslinis terapinių genų įvedimas yra galimas žmogaus embriono atveju. Tikimasi, jog tęsiant tyrimus bus sukurta genetinės terapijos metodika ir suaugusiems.

Teigiamas genetinių ligų diagnostikos poveikis yra akivaizdus – jos dėka galima sumažinti „netinkamo“ geno nešiotųjų kančias. Šiuo metu jau yra daugiau, nei 340 genetinių testų (tiesa, jog kol kas dauguma klinikų gali pasiūlyti vos kelis). Jų dėka, diagnozė gali būti nustatoma dar prieš išryškėjant simptomams – sergančiajam suteikiama teisė žinoti apie susirgimą detaliau. Priklausomai nuo diagnozės stadijos ji klasifikuojama į: prieš – implantinę (apima laikotarpį iki žmogaus embrionas įsodinimas į motinos gimdą), prieš – gimdyvinę (prieš gimimą, bet jau po įsodinimo), po – gimdyvinę (po gimimo: į kūdikį, vaiką, suaugusį).

Ankstyva fenolketonurijos ir įgimto hipotirodizmo diagnozė suteikia galimybę parinkti tinkamas gydymo ir susirgimų valdymo programas, kurių dėka pašalinami ar bent jau sumažinami ligos simptomai. Praktikoje minimi atvejai, kuomet naujagimiai tikrinami dėl talazemijos, pjautuvo formos ląstelės anemijos, cistinės fibrozės. Tai ypatingai efektyvu etninėse grupėse, kur šie susirgimai yra dažni. Nors cistinė fibrozė nėra pagydoma, ankstyva diagnozė padeda tėvams, o vėliau ir pačiam vaikui susidoroti

su ligos simptomais. Na o suaugusiems, diagnozavus ligą, suteikiama galimybė atitinkamai koreguoti savąją gyvenseną.

Kitas genetinių tyrimų privalumas – išankstinė, prieš – gimdyvinė Dauno sindromo diagnostika. Tėvams, kurių dar negimusiam kūdikiui nustatomi panašūs susirgimai, galima rekomenduoti nėštumą nutraukti. Tikėtina, kad daugelis šeimų pasinaudos duotuoju patarimu ir bus už jį dėkingos, nors neatmestina, jog bus ir tokių, kurios patarimą ignoruos ir, nepaisydamos galimų pasekmių, ryšis gimdyti.

Atradus dirbtinį apvaisinimą, sparčiai išpopuliarėjo ir prieš – implantinių genetinių susirgimų tyrimai, ypatingai tais atvejais, kuomet žinomi tėvams priklausantys defektuoti genai. Šių tyrimų dėka atsirado galimybė rinktis embrionus su sveikais genais.

Dar vienu pavyzdys, iliustruojantis genetinių tyrimų naudą – Ashkenazi žydų tyrimai dėl Tay – Sachs – neurodegeneracinio susirgimo, be kitų simptomų, sukeliančio gebėjimo judėti praradimą ir net ankstyvą mirtį. Genetinė susirgimo būklė gali būti recesyvinė – ligai sukelti reikalingi du mutavę genai. Daugelis Ashkenazi žydų turi vieno geno kopiją, tad jie nepatiria susirgimui būdingų simptomų. Tyrimų dėka, jauni žmonės gali pasitikrinti ar partneris yra mutavusio geno nešiotojas. Jeigu abu partneriai yra nešiotojai, yra patariama nekurti šeimos, nes egzistuoja 25 procentų tikimybė, jog palikuonys paveldės susirgimą. Tyrimas, žinoma, gali būti labai skausmingas įsimylėjusioms poroms, tačiau jis ženkliai sumažina nėštumo nutraukimų ir Tay – Sachs susirgimų skaičių.

Tendencinga, jog žmonių priešiškus genetinių modifikacijų atžvilgiu egzistuoja iki susiduriama su galimybė pakoreguoti mutaciją, sukeliančią vienokį ar kitokį susirgimą – kaip ką tik aprašytu atveju. Vyrauja nuomonė, jog paveldimos ligos geno pašali-

nimas teigiamai atsilieps ateities kartoms.

Svarbu paminėti, jog jau yra vykdomos specifinės dirbtinio nėštumo procedūros, kurių metu naujas genas yra įterpiamas į žmogaus kiaušinėlių prieš pat dirbtinį apvaisinimą arba iš karto po jo, o embrionas įsodinamas į moters gimdą. Nors pavykusių eksperimentų nėra daug, tobulėjant metodikai, tokios terapinės procedūros gali tapti kasdienybe.

Artėja laikas, kai turime savęs paklausti – esame pasiruošę įsisąmoninti, jog GM technologijos gali būti taikomos kūdikių su pageidaujamosiomis savybėmis kūrime, ar ne? Šiandien apie tai kalbama tik mokslo populiarinimo literatūroje ir filmuose, tačiau labai tikėtina, kad ateityje tai taps realybe.

Dar viena šiandienos aktualijų – ribų tarp būtinosios terapijos ir išskirtinumo siekimo išnykimas. Siekdami išskirtinumo fiziniais duomenimis, susiduriame su kosmetine chirurgija. Tarkim, neproporcingai didelių krūtų mažinimas gali turėti terapinę vertę, tuo tarpu krūtų didinimo procedūra terapine gali būti vadinama tik tuo atveju, kuomet moteriai yra suteikiamas didesnis pasitikėjimas savimi. Tai jau psichologinė terapija. Panašus pavyzdys, kuomet ribos tarp terapijos ir tobulumo siekimo tampa nebeaiškios – kojų ilgimas.

Žmogaus klonavimas – viena iš kontraversiškausių procedūrų. Dar prieš porą dešimtmečių jis buvo neįmanomas. Tačiau klonavus avį Dolly situacija pasikeitė. Tiesa – bet kuris klonuotas asmuo – tik „eksperimentinė medžiaga“, susidurianti su begale nežinomų pavojų, kuriuos įvertinti sunku iki eksperimentai nėra baigti. Vis dėlto, egzistuoja tikimybė, jog tokie eksperimentai yra vykdomi slapta, o šių mokslinių tyrimų informacija gresia būti paviešinta ir iškreipti žmonijos požiūrį į patį subjektą. Ši hipotezė verčia susirūpinti bei iškelia begalę etinių klausimų.

Labai dažnai susiduriame su netikslia

klonavimo sąvokos interpretacija. Yra manančių, jog klonavimas gali prailginti gyvenimą arba suteikti galimybę atgimti iš naujo. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad kartais klonai atsiranda ir natūraliai – šeimoje gimstančių dvynių atveju. Identiški dvyniai gali būti labai panašūs keletu aspektų, bet labai skirtingi kitais. Jie – dvi skirtingos ir nepriklausomos asmenybės. Taip ir su savo paties klonu sukūrimu. Įmanoma sukurti savo paties kopiją, bet ji tik atrodys kaip tavasis dvynys.

### 3.4. Embrionai ir kamieninės ląstelės

Kamieninėmis vadinamos ląstelės, kurios gali išsivystyti į keletą skirtingų. Tokios yra ir kraujo kamieninės ląstelės, tačiau kontraversiškausi tyrimai vykdomi su embrionų kamieninėmis ląstelėmis. Zigota – apvaisintas kiaušinėlis, laikoma totipotentine, tai yra – gali išsivystyti į bet kurią žmogaus kūno ląstelę. Po keletu pasidalijimų žmogaus embrione yra keletas embrioninių ląstelių, kurios gali išsivystyti į daugelį žmogaus kūno ląstelių, todėl būtent jos yra organų gamybos bei daugybės ligų terapijos interesų objektas. Svarstant embriono kamieninės ląstelės panaudojimą iškyla daugybė etinių klausimų. Svarbiausias jų – nuspręsti, ar vieną ląstę zigota jau yra žmogus.

Teiginiai, suteikiantys pagrindą manyti, jog zigota jau yra žmogus:

1. Kiekviena zigota turi unikalią žmogiškąjį genotipą, niekuomet neegzistavusį prieš tai ir niekada pakartotinai nebeegzistuosiantį (išskyrus dvynių atvejį);
2. Palankių sąlygų moters gimdoje atveju (netgi ir tyrimų mėgintuvėlyje) embrionas išsivysto į vaisių, o šis – į vaiką.

Vadovaujantis šia teorija, embriono sunaikinimas gali būti sulyginamas su žmogaus nužudymu. Tačiau yra ir prieštaraujančių nuomonių, teigiančių, jog žmogaus

embrionas – tai dar ne žmogus. Pagrindiniai taip manančių argumentai:

1. Apie 80 procentų apvaisintų kiaušinėlių nesiimplantuojama moters gimdoje – tad nėštumas neprasideda;
2. Jokia specifinės ląstelės transformacija į placentą ir embrioną neįvyksta kol ląstelė nepasidalina keletą kartų;
3. Egzistuoja tikimybė, jog embrionas dar gali skilti į du identiškus dvynius – todėl nėra tikslu ankstesnįjį embrioną manyti esant žmogumi;
4. Atskirais atvejais du embrionai gali susijungti į vieną ir išsivystyti normalus žmogus – šis reiškinys įrodytas genetinio mozaikizmo tyrimais;
5. Embrionas nejaučia skausmo, nes dar neturi nervinių audinių, kurie susiformuoja tik vėlesnėse vystymosi stadijose.

Vadovaujantis šiais teiginiais, žmogaus embriono naudojimas kamieninės ląstelės sukūrimui negali būti tapatinamas su žmogaus nužudymu. Netgi priešingai – tokiu atveju embrionų naudojimas gali atnešti didelę naudą žmonijai ir visuomenei plačiąja prasme.

1984 metais Jungtinėje Karalystėje išleistas Warnock Report primygtinai siūlė etinę pagarbos žmogaus embrionui politiką, reikalavo suteikti jam Anglijos įstatymais saugomą specialų statusą. Tai būtų reiškę, jog embrionai niekuomet nebus naudojami įprastiems tyrimams. Vis dėlto, tas pats dokumentas teigė, jog skirtumas tarp žmogaus ir jo embriono yra toks didelis, jog tarp eilučių buvo galima išskaityti – „tikslas pateisina priemones, jei tai padeda kitiems žmonėms“.

Akivaizdu, jog daug paprasčiau moraliniai aspektai būtų sprendžiami suaugusio žmogaus kamieninės ląstelės panaudojimo atveju. Pastarasis galėtų būti ir ne mažiau efektyvus, jei moksliniai tyrimai būtų daugiau finansuojami.

Artėjant prie išvados, nors šiuo metu re-

aliai terapijoje taikomi kur kas paprastesni metodai, tokie kaip kaulų smegenų čiulpų persodinimas, negalima nepabrėžti daug žadančios kamieninės ląstelės rolės įvairių susirgimų gydymo ir organų persodinimo procedūrose ateityje.

### 3.5. Situacija Lietuvoje

Apmaudu, kad Lietuvos biomedicininiai ir biotechnologiniai tyrimai, lyginant su kitomis Skandinavijos šalimis, tebėra embriono stadijoje. Sovietų Sąjungos laikais tyrimai buvo daromi slaptai, o Nepriklausomybės metais tapo beveik nefinansuojami ir taip visai visuomenės pamiršti.

Kaip nurodo ScanBalt analizė ([www.scanbalt.org](http://www.scanbalt.org)) [2], Medicon Slėnyje, apimančiame didesniąją Kopenhagą (apie 3 milijonus gyventojų), kasmet biotechnologijai finansuoti yra skiriama 530 milijonų eurų, daktaro laipsnį įgyja apie 680 diplomantų, o jo interneto svetainėje nurodoma daugiau nei 320 biotechnologinių kompanijų (<http://www.mediconvalley.com/CompaniesInstitutions/ListProfiles>).

Tuo tarpu visa Lietuva, turėdama panašų gyventojų skaičių, kasmet skiria 8 milijonų eurų biotechnologijai finansuoti, daktaro laipsnį apsigina vos 25 jaunieji mokslininkai. Lietuvoje veikia tik 7 biotechnologinės kompanijos, kuriose dirba 129 T/V [3] srityje besispecializuojantys mokslininkai.

Medicon Slėnis – tai puikiai integruotų mokslinių tyrimų ir komercializacijos pastogė. Tuo tarpu Vilniaus Mokslo ir Technologijų parkas tebėra projektavimo stadijoje.

Lietuvoje veikia dvi privačios, modernios genetinės inžinerijos metodus taikančios bei palyginti reikšmingą ekonomikos dalį užimančią produkciją (apie 20 milijonų eurų per metus) gaminančios biotechnologijos kompanijos: UAB Fermentas ir UAB Sicor Biotech. Bendroji biotechnologijos Lietuvos

BVP dalis yra tokia nereikšminga, kad vyriausybė ir visuomenė nemato šios pramonės šakos vedančiąją, turinčią reikšmingą BVP dalį ateities ekonomikos kontekste, kaip kad šiuo metu yra Skandinavijos šalyse.

Biomedicininiai tyrimai ir pramonė yra dar mažiau išvystyti nei biotechnologija. Pagrindinė biomedicinos mokslo vėluojančio augimo priežastis – medicinos socialistiškumas, kuris baigėsi vos prieš kelis metus. Šiuo metu Lietuvoje būtina esminė medicinos administravimo ir finansavimo reforma.

Kadangi biotechnologija Lietuvos mokslo tyrimų ir ekonomikos kontekste užima menkavertį vaidmenį, dauguma žmonių mažai žino apie realias biotechnologijos grėsmes, sukeliamas neadekvatus rūpinimasis saugumu. Vyriausybė dažnai pasiduoda žaliųjų judėjimo ir kitų organizacijų spaudimui, užmirštamoms ir neįvertinamos tikrosios šiandienos grėsmės visuomenei – emigracija ir skurdas. Tad akivaizdu, kad tik supratęs, jog ekonominis augimas be tam tikros rizikos yra neįmanomas, galima bus pradėti galvoti ir apie gerėjantį pragyvenimo lygį.

Iš kitos pusės, ekonominis visos Rytų Europos vystymasis žengia daug spartesniu žingsniu nei Vakarų Europos, tad yra pagrindo tikėtis, jog apie 2050 metus pragyvenimo lygiai susivienodins. Taip pat realu, jog biotechnologija užims nepalyginamai didesnę BVP dalį ir vaidins reikšmingą vaidmenį visuomenėje. Tereikia imtis ryžtingo ir kryptingo darbo kartu, pradedant nuo finansavimo moksliniams tyrimams didinimo, biurokratinių kliūčių mažinimo ir baigiant efektyviu administracinės reformos, remiantis Skandinavijos šalių pavyzdžiu, vykdymu.

### 3.6. Išvados

Skyriuje apžvelgiami keli biomedicinos mokslinių tyrimų ir pramonės etikos bei saugos aspektai. Sritis yra labai plati ir greitai be-

sivystanti, tad Lietuvos valdžios dėmesį norėta atkreipti į tai, jog GM naudą Lietuvos mokslo tyrimuose ir pramonėje kontroliuojančio bioetikos ir biosaugos komiteto įkurimas šandien tampa būtinybe. Pagrindinė tokio komiteto užduotis – atidžiai sekti Pasaulinio Mokslo vystymąsi bei įstatymus bei teikti siūlymus Lietuvos Parlamentui ir Vyriausybei.

Rekomenduojama:

1. Nuodugnai sekti vienos ar dviejų pasirinktų Skandinavijos šalių (pvz.: Danijos ar Suomijos) įstatymų leidžiamojo organo ir procedūrų pavyzdžiu bei taip užtikrinti su GM taikymu susijusios informacijos valdymą. Atlikti būtinąsias korekcijas Lietuvos Konstitucijoje;
2. Informuoti plačiąją visuomenę apie GM biomedicinoje ir žemės ūkio biotechnologijoje naudą ir riziką – tik disponavimas objektyvia informacija suteikia galimybes priimti teisingus sprendimus. Tai teigiamai įtakotų naujausių technologijų įdiegimą Lietuvoje, sumažintų GM opoziciją;
3. Remti mokslinius biomedicinos ir biotechnologijos tyrimus Lietuvoje. Skatinti mokslinės visuomenės iniciatyvas, užtikrinti jų įgyvendinimui skirtus būtinuosius fondus;
4. Minimizuoti tyrimų apribojimus, bet išlaikyti griežtą jautrių objektų, tokių kaip embrionai, kamieninės embriono ląstelės, žmogaus klonavimas ir pan. reglamentavimą.

### 3.7. Literatūra

Bryant, J.; Bagott la Velle, L.; Searle, J. „Introduction to Bioethics“. 2006, Wiley.

„Competencies in Life Sciences and Biotechnology in the Baltic Sea Region“. ScanBalt – top of Europe. 2007, Copenhagen.

„Complex program of Biotechnology in Lithuania“. 2007, Vilnius.

„Statistical yearbook of Lithuania“. 2005, Vilnius.

## 4. Biotechnologija ir prekyba

### 4.1. Apibrėžimas

Biotechnologija plačiąja prasme – tai biologija pagrįsta technologija [1]. Biotechnologiją galima būtų apibrėžti ir kaip organizmų valdymą, atliekant praktines užduotis ir kuriant naudingus produktus. JT Biologinės įvairovės Konvencijos metu pateiktas ir dar vienas jos apibrėžimas [2] – Biotechnologija yra bet kokios technologijos pritaikymas naudojant biologines sistemas bei gyvus organizmus arba produktų ar procesų kūrimas bei jų keitimas pagal poreikius, turint konkretų tikslą.

Ilgainiui išryškėjo dvi pagrindinės biotechnologijos vystymosi kryptys: *tradicinė*, mikrobinės fermentacijos lygmenyje egzistuojanti jau dešimtis tūkstančių metų – jos pagrindu gaminami tokie produktai kaip alus, vynas, pieno produktai, ir *modernioji*, besiremianti šiuolaikiniais biotechnologijos metodais. Vienas tokių – *genetinė inžinerija*. Galima būtų įvardinti daugybę tarpinių technologijos pritaikymo būdų, tačiau tendencija

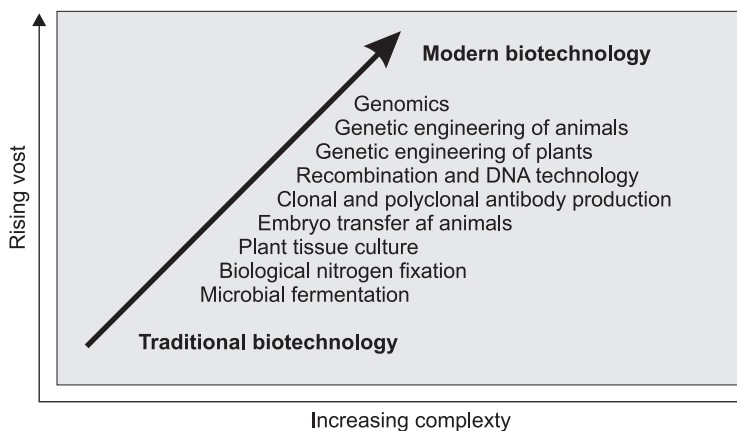
išlieka akivaizdi – kuo didesnės investicijos, tuo ryškesnis technologinis progresas

Modernioji biotechnologija kartu su genų inžinerija atsirado 1972 metais ir nuo to laiko apima tokias disciplinas: genetika, molekulinė biologija, biochemija, embriologija, ląstelės biologija, glaudžiai susijusias su praktinėmis cheminės inžinerijos, informacinių technologijų, robotų disciplinomis.

Pastaruosiu metu biotechnologijos terminas dažniau siejamas su moderniąja biotechnologija, specifiniu genetinės inžinerijos metodų medicinoje ir žemės ūkyje taikymu, todėl toliau vietoje termino modernioji biotechnologija vartosime biotechnologija.

### 4.2. Pagrindinės sąvokos

Vieni paprasčiausių biotechnologijos taikymo pavyzdžių – tiesioginis organizmų panaudojimas organinių produktų (alaus, pieno ir kt.) gamyboje, bakterijų naudojimas bioremediacijos procese. Biotechnologija sėkmingai taikoma perdirbimo, šiukšlių surin-



Source: Doyle, J.J. and G.J. Persley (eds.). 1996. *Enabling the Safe Use of Biotechnology: Principles and Practices*. Washington, D.C.: The World Bank.

1 diagrama. Kainų kompleksškumas biotechnologijoje



kimo, valymo įrengimų srityse, kur susiduriama su pramoniniais teršalais (bioremediacija), bei dabar uždraustų biologinių ginklų gamyboje. Yra atvejų, ypatingai medicinos srityje, kuomet naudojami ne gyvi organizmai, o DNR ir radioaktyvieji iššikiliai.

Dėl metodų įvairiapusiškumo ir gausos biotechnologija yra skirstoma pagal spalvinius kodus, kurių aprašymai pateikiami žemiau.

Raudonoji biotechnologija – viena iš svarbiausių biotechnologijos krypčių, taikoma medicinoje. Raudonosios biotechnologijos sritys:

- Farmakogenomika – mokslas apie farmacijos ir genetikos sąsajas;
- Vaistų gamyba – taikoma siekiant gamybos procesų supaprastinamo bei kaštų mažinimo;
- Genetiniai tyrimai – pacientų genominių tyrimai galimų genų mutacijų atveju;
- Genų terapija – taikoma tiriant ir gydant genetines ir užkrečiamas ligas.

2004 metais biofarmakologijos produktai uždirbo 44.3 milijardus dolerių (iš 550 milijardų bendrųjų pajamų) ir ši dalis vaistų pramonėje nuolat auga. Kuriamas nemažai naujų vaistų, kurių tarpe 27 procentus sudaro biotechnologiniai produktai [3].

Baltoji biotechnologija, dar vadinama ir pilkąja, taikoma pramonėje. Pavyzdys – organizmo, panaudojamo efektyvaus chemikalo gamyboje, kūrimas. Išteklių suvartojimo atžvilgiu, baltoji technologija yra ženkliai „taupesnė“ už tradicinius pramoninių prekių gamybos būdus. Vienas svarbiausių šios pramonės tikslų – atnaujinamas kuras, kurio gamyba per 2006–2011 metus turėtų išaugti dvigubai bei apyvarta pasiekti 40 milijardų eurų ribą [4]. Kitos baltosios biotechnologijos sritys apima farmakologinių produktų, polimerų ir fermentų gamybą.

Žalioji biotechnologija taikoma žemės ūkio sektoriuje, išvedant genetiškai modi-

fikuotus augalus (arba organizmus, GMO), augančius tam tikroms aplinkos sąlygomis arba tręšiant tam tikromis žemės ūkio trąšomis (arba priešingai – jomis netręšiant). Tikimasi, jog žalioji biotechnologija sukurs daugiau ekologiškai saugių produktų nei tradicinė žemės ūkio pramonė. Žalioji biotechnologija jau kuria pesticidus išskiriančius augalus, taigi nebelieka būtinybės juos naudoti išoriškai.

1993 metais buvo pradėta prekiauti virusui atspariais cukriniais runkeliais – taip rinkoje atsirado pirmieji GMO. Šiuo metu genetiškai modifikuoti augalai auginami apie 100 milijonų hektarų plote, 63 procentai jų JAV [3]. Amerikoje daugiau nei 60 procentų maisto produktų yra GMO kilmės produktai, tuo tarpu Europos Sąjunga GMO kilmės produktų plataus vartojimo maisto pramonėje atžvilgiu yra nusiteikusi skeptiškai. Ar iš tiesų žaliosios biotechnologijos produktai yra ekologiškai saugesni? Ši tema šiandienos visuomenėje yra viena aktualiausių.

Mėlynosios biotechnologijos terminas vartojamas gana retai – kuomet kalbama apie biotechnologijos taikymą jūrų ir vandens augmenijos srityje. Mėlynoji biotechnologija yra naudojama vaistinių produktų gavybos iš jūros, genetiškai modifikuotų jūros augalų ir ypatingai – žuvies išteklių įsisavinimo procesuose.

### 4.3. Biotechnologijos pramonė pasaulyje ir Lietuvoje

Šiuo metu biotechnologija yra sparčiausiai auganti pramonės šaka visame pasaulyje. 2005 metais pasaulyje buvo daugiau nei 4200 biotechnologinių kompanijų [4]. Beveik 50 procentų iš jų – Europos Sąjungoje (Vokietija pirmauja biotechnologinių kompanijų skaičiumi), 30 procentų JAV ir likusi dalis Azijoje ir P. Amerikoje. Stipriausios biotechnologijos kompanijos yra: Amgen,

Genentech ir Serono. Pasak Burrill&Co., į biotechnologiją jau investuota daugiau nei 350 milijardų dolerių, o bendrosios pajamos pakilo nuo 23 milijardų 2000 metais iki daugiau nei 50 milijardų dolerių 2005 metais [5].

Biotechnologijos pramonėje pirmauja JAV – tiek įstatyminiu lygmeniu (2000 metais Senatas patvirtino Biomass R&D Aktą), tiek ir finansiniais rodikliais (šiai programai vien 2003 metais skirta daugiau nei 0.5 milijardų dolerių). Pastaruoju metu pastebimas ryškus šios pramonės progresas ir Europos Sąjungoje.

2005 metais pajamos iš biotechnologijos pramonės Lietuvoje sudarė 95 milijonus litų [3]. Pirmaujančios kompanijos šioje srityje: UAB Fermentas, UAB Sicor-Biotech ir UAB Biocentras yra vienos pažangiausių naujųjų technologijų taikytojų Centrinėje ir Rytų Europoje. Be šių pavyzdinių įmonių, Lietuvoje yra vos keletas biotechnologijos pramonėje dirbančių mažesnių kompanijų.

Lietuvos biotechnologijos pramonėje dominuoja dvi kryptys: Raudonoji ir Baltoji (žr. anksčiau pateiktus apibrėžimus).

Raudonosios, arba medicinoje taikomos biotechnologijos sritys: molekulinės diagnostikos produkcija ir paslaugos bei molekulinės biologijos sprendimai; imunodiagnostika; gydymui skirti baltymai; farmakologinės medžiagos; bioinformatika ir skaičiavimo biotechnologija.

Baltoji, arba pramonėje taikoma biotechnologija specializuojasi: biokuro gamyboje; biokatalizėje; įvairių chemikalų gamyboje; polisachariduose; bioplastiko gamyboje; biotechnologinių procesų optimizavime ir valdyme; ekologijos, žemės ir miško ūkio biotechnologijoje.

Remdamasi šiomis kryptimis, 2006 metais Lietuvos Nacionalinė Biotechnologijos Programa išskyrė dvi prioritетines interesų grupes Lietuvos biotechnologijos pramonės vystymo iki 2025 metų procese:

- Biofarmakologija ir molekulinė biologija, diagnostika;
- Pramonės biotechnologija ir agrobiotechnologija.

Pirmoji interesų grupė apima plačią produkcijos sritį, pasižymingą progresyviausių technologijų taikymu ir šiuolaikinių naujausių gyvenimo bei inžinerijos mokslų žinių panaudojimu. Šioje srityje darbuojasi dauguma pasaulinio lygio biotechnologinių įmonių. Lietuva taip pat turi keletą gerai žinomų kompanijų (*UAB Fermentas*, *UAB Sicor-Biotech* ir *UAB Biocentras*), o pastaruoju metu atsirado ir keletas naujų (*UAB Biotechpharma*, *UAB SORPO*, *UAB Biota* ir *UAB Immunolita*). Šios interesų grupės objektas – vaistiniai produktai, molekulinės diagnostikos prietaisai, molekulinės biologijos sprendimai; be jokios abejonės, dedamos didelės pastangos plėtoti naujų produktų gamybą. 2005 metais bendros šios interesų grupės pajamos sudarė 65 milijonus litų

Pramoninė biotechnologija daugiausia siejasi su pasėliais. AB Malsena yra miltų apdirbimo ir gamybos ekspertė. Kartu su UAB Biopakas ir UAB Tempera ji specializuojasi krakmolo ir jo perdirbimo produktų gamyboje.

Kita pramoninė biotechnologijos kryptis – biokuro (biodyzelino ir bioetanolio) gamyba, kurioje dažniausiai specializuojasi mažos ir vidutinio dydžio įmonės.

Nepaisant ženklų pasiekimų ir gana ambicingų planų (tikimasi, jog pajamos nuo 95 milijonų litų 2005 metais užaugs iki 2.5–3 milijardų litų 2013 metais) [3], susiduriama su kai kuriomis kliūtimis. Šiandien Lietuvoje biotechnologinių kompanijų skaičius yra menkas ir jų pajamos nėra didelės lyginant su šalimis, kur biotechnologijos pramonė gerai išvystyta. Palyginimui galima pateikti skaičius iš Suomijos (šalyje gyvena 5 milijonai gyventojų) – 123 šalyje esančios bio-

technologinės kompanijos kasmet gamina produkcijos už 700 milijonus eurų. Panaši situacija ir Izraelyje (6 milijonai gyventojų) – 160 kompanijų, kurių pajamas kasmet sudaro 630 milijonai eurų. Pramonės dalyvių stoka Lietuvoje sąlygoja universitetų suinteresuotumo trūkumą, ko pasekoje sunku suburti ir išlaikyti geriausias šios srities specialistus. Taip stabdoma biotechnologijos plėtra. Ryšys tarp mokslo bendruomenės ir pramonės dažnai yra fragmentiškas ir jo nepakanka naujų kompanijų kūrimuisi ir augimui skatinti. Tik UAB Fermentas ir UAB Sicor-Biotech turi savus tyrimų centrus, o tai lemia konkurencingumo trūkumą bei užkerta kelią naujai atsiradusių kompanijų efektyviam vystymuisi. Be to, Nacionalinės Biotechnologijos Platformos įkūrimui buvo pritarta tik 2006 metais – tai tik dar kartą patvirtina menką valdžios organų domėjimąsi šia mokslo sritimi.

#### 4.4. Išvados ir rekomendacijos

Šis skyrius aptaria dabartinę biotechnologijos pramonės situaciją Lietuvoje ir pasaulyje. Biotechnologijos pramonė auga labai sparčiai. Tuo tarpu poreikis gerinti gyvenimo kokybę bei prieinamų energijos nešėjų išteklių išsekimas šiuolaikinio mokslo atradimų fone sukuria įtampą, dar labiau aktyvinančią vystimosi procesus.

Šiandien gyvuojančios Lietuvos biotechnologijos įmonės pozicionuoja save kaip

siaurą, labai specializuotą ekspertų ratą. Jei laiku nebus imtasi ryžtingų veiksmų, ateityje iškilis reali grėsmė apskritai būti išstumtiems iš pasaulinės rinkos. Kad to išvengti, rekomenduojame:

1. Ženkliai padidinti paramą baziniams tyrimams Lietuvoje. Leisti mokslinius tyrimus inicijuoti ne tik mokslo bendruomenei, bet ir atitinkamų pramonės sričių darbuotojams. Sukurti pramonei atsiperkančias schemas baziniams tyrimams remti;
2. Sukurti funkcionalią naujai besikuriančių įmonių skatinimo sistemą, teikti tęstinę paramą patentų kūrimui ir palaikymui;
3. Sukurti solidžią įstatyminę bazę, užtikrinančią šios pramonės šakos efektyvumą ir veiksmingumą. Nuolatos sekti didžiausią pažangą biotechnologijos srityje darančių užsienio šalių sėkmės istorijas ir iš jų mokytis.

#### 4.5. Literatūra

Bunders, J.; Haverkort, W.; Hiemstra, W. "Biotechnology: Building on Farmer's Knowledge." 1996, Macmillan Education, Ltd. ISBN 0333670825.

„The Convention on Biological Diversity (Article 2. Use of Terms).” United Nations. 1992. Retrieved on September 20, 2006.

Strategy for Development (2006) Lithuanian National Platform for Biotechnology.

McKinsey&Co. 2006. <http://www.mckinseyquarterly.com/>.

Burrill and Company, <http://www.burrillandco.com/indexflash.php>.

## 5. Aplinkos biotechnologija

### 5.1. Įvadas

Biotechnologija yra gamtos mokslų ir inžinerijos sintezė – organizmų, ląstelių, jų dalių bei molekulių analogų panaudojimas naujų produktų ir paslaugų gavyboje (EFB Generalinė Asamblėja, 1989 metai). Aplinkos biotechnologija – tų pačių procedūrų taikymas aplinkos apsaugai ir kokybei užtikrinti. Įdomu, kad ji egzistavo anksčiau nei atsirado biotechnologijos terminas. Komunaliniai nuotekų valymo įrengimai, miesto dujas valantys filtrai pradėti naudoti dar amžių sandūroje. Nors tuomet apie biologinius jų veikimo principus buvo mažai žinoma, prietaisų efektyvumas ir duodama nauda buvo akivaizdūs. Nuo tada mokslinė bazė labai išaugo.

### 5.2. Bioremediacija

Bioremediacija yra biologinių medžiagų panaudojimas žmogaus sveikatai ir/ ar aplinkai pavojingomis medžiagomis užterštam dirvožemiui ir vandeniui išvalyti. Apdorojant iš dirvožemio ir vandens pašalintus organinius teršalus, efektyviai naudojami mikroorganizmai – jų pagalba teršalai perdirbami į tvarius netoksiškus galutinius produktus. Ši procedūra veiksminga tiek in situ, stimuliuojant atitinkamų endogeninių mikrobų populiacijų biologinį skaidymą, tiek ir ex situ, apdorojant iš užterštų vietų iškeltą gruntą ir uolienas.

Biologinis skaidymas gali vykti ir spontaniškai, tačiau daugeliu atvejų dėl maistingųjų medžiagų, deguonies ir atitinkamų bakterijų trūkumo natūralios sąlygos nėra pakankamai palankios. Į užterštą vietą įterpus genetiškai modifikuotą bakteriją, bioprieaugio pagalba atsiranda galimybė sustiprinti bioremediaciją.

Didėjant aplinkos užterštumui, mokslin-

ninkai kuria genetiškai modifikuotas bakterijas, kurios efektyviai ir greitai asimiliuoja alyvas esant specifinėms aplinkos sąlygoms. Naujos kartos bakterijos naudojamos tvenkiniuose ir ežeruose esančių dumblių šalinime arba tokių chemikalų kaip enzimai, skirtų gamykloms arba pramoninių chemikalų produkcijos žaliavinių medžiagų išteklių papildymui, gamyboje.

Aplinkos valymas naudojant genetiškai modifikuotus organizmus – viena iš perspektyviausių šiandienos technologijų. Įvairūs genetiniai metodai nuolat tobulinami siekiant optimizuoti fermentų, metabolinių trajektorijų bei su biodegradacija susijusių organizmų veiklą. Kaupiama informacija apie metabolinius maršrutus ir silpnąsias biologinio skaidymo vietas, didinama turimų instrumentinių priemonių bazė. Remiantis molekuliniais metodais, sudarančiais sąlygas charakterizuoti mikrobinės bendrijos struktūrą ir veiklą, atsiranda galimybė nuspėti mikroorganizmų savybes in situ sąlygomis santykyje su vietine mikroflora. Nors galimybė kurti mikrobus ir enzimus konkrečiai bioremediacijos rūšiai vis dar lieka ambicingu užmoju, tikėtina, kad genetinių tyrimų ir kryptingos evoliucijos formuojamas sparčiai augantis fundamentinių mechanistinių principų suvokimas atvers galimybes novatoriškiems geresnės kokybės bioremediacijos sprendimams. Toliau bus aptariami keli bioremediacijos taikymo pavyzdžiai.

#### 5.2.1. Kanalizacijos vanduo ir pramoninės nuotekos

Nuotekų įrengimuose esantys mikroorganizmai dalyvauja įprastų teršalų šalinimo iš nuotekų procese – dar prieš šiems patenkant į upes ar jūrą.

Nuolat augantis pramonės ir žemės ūkio

užterštumas diktuoja būtinybę ieškoti efektyvių sprendimų specifiniams teršalams: azotui, fosforo junginiams, sunkiesiems metalams ir chloruotiems junginiams šalinti. Naujieji metodai pagrįsti stacionarių įkrovų filtruose ir bioreaktoriuose vykstančiais aerobiniais, anaerobiniais ir fizikiniais – cheminiais procesais, kurių pagalba kenksmingos medžiagos ir mikrobai yra sulaikomi.

Nuotekų valymo kaštai mažinami perdirbant atliekas į naudingus produktus – pavyzdžiui, penicilino gamybinės atliekos – grybelinė biomasė – efektyviai naudojama gyvūnams skirtų pašarų gamyboje, o daugelyje anerobinių vandens valymo įrengimų gaminamos naudingos biodujos.

### 5.2.2. Geriamas ir apdorotas vanduo

Vienas svarbiausių biotechnologijos uždavinių – vandens valymas pakartotiniam naudojimui. Didėjant nuolatiniam žaliavų panaudojimui, būtina pasirūpinti perdirbtųjų kokybe – ji turi atitikti vartotojų poreikius. Daugelyje pasaulio žemės ūkio regionų gyvulinės kilmės atliekos ir trąšų perteklius lemia aukštą nitratų geriamajame vandenyje kiekį. Tik biotechnologinių metodų dėka, apdorojant vandenį, šie junginiai pašalinami iš vandens dar prieš šiam pasiekiant vartotojus.

### 5.2.3. Oras ir dujų atliekos

Pradžioje pramoninės dujų atliekų perdirbimo sistemos veikė pigių, kompostu pripildytų, kvapus šalinančių filtrų pagalba. Tokių sistemų yra veikiančių iki šiol. Vis dėlto, lėtas apdorojimo greitis ir filtrų trumpaamžiškumas tapo akstiniu ieškoti efektyvesnių metodų – taip išrasti ląstelių suspensijos ir biosrovių filtrų pagalba veikiantys dujų bioplautuvai; juose teršalai iš oro „išplaunami“ juos suardant bioplautuvuose imobilizuotų, inertine medžiaga sujungtų ir maistinga plėvele apsaugotų, nuolat į prietaiso vidų tiekia-

mų mikroorganizmų pagalba. Procedūros sėkmė tiesiogiai priklauso nuo kruopščiai atliktos mikroorganizmų atrankos – duotuoju atveju efektyvūs gali būti tik teršalus asimiliuojantys mikroorganizmai. Tokio biofiltro pagalba išgaunama reikiama išvalyto oro ar dujų kokybė.

### 5.2.4. Grunto ir dirvožemio priežiūra

Toksiški sunkieji metalai ir metaloidai, tokie kaip kadmis, arsenas, selenas, nuolat patenka į aplinką. Dėl to yra būtina sukurti nebrangią, bet efektyvią ir nuoseklią metodiką, kurios dėka šios kenksmingos medžiagos būtų šalinamos ir detoksikuojamos.

Efektyvumu pasižymi jau komercializuoti dirvožemio bei požeminių vandenų valymo procesuose taikomi in situ ir ex situ metodai.

Dirvožemio bioremediacija vis dažniau tampa pigesne už fizinius metodus, jos produktai nėra kenksmingi mineralizacijos atveju. Vis dėlto, šis darbas reikalauja didelių laiko sąnaudų bei riboja investicijų ir žemės panaudojimą.

In situ bioremediacijos taikymas yra ir tikriausiai liks priklausomas nuo fizinių dirvožemio parametrų, ypačingai – nuo jo transportavimo savybių.

Bioremediacija, kuomet naudojami augalai, vadinama fitoremediacija. Sąlyginai ji yra nebrangi – metodai taikomi in situ, jiems naudojama saulės energija.

Įmanomas ir kombinuotas augalų – bakterijų metodas, kuomet panaudojamos su augalo šaknimis „susijungusios“ bakterijos. Priklausomai nuo supančios aplinkos šaknys jas „išleidžia“ į aplinką. Tokios rizobakterijos genetiškai modifikuojamos specialiai teršalų skaidymui.

Ateityje genetinė inžinerija gali būti naudojama padidinto fitoskaidymo ir fitogarinimo naudingumo koeficiento augalams kurti.

Sunkiųjų toksiškų metalų neutraliza-

vimas vykdomas fiksuojant juos biomasėje, perdirbant į mažiau bioaktyvias metalų atmainas, pavyzdžiui metalo sulfidus, dezoksikuojant – šiame procese naudojami gamtiniai organizmai (mikroorganizmai, augalai, gyvūnai). Pastarųjų dėka optimizuojamos itin efektyvių sunkiųjų metalų šalinimo procese biosorbentų savybės.

Panašus sėkmingas inžinerijos patobulintų biosorbentų atvejis yra metalus surišantys, ant ląstelės paviršiaus užnešami peptidai. Jų struktūra ir funkcijos primena fitochelatinų, kurių pagalba suaktyvinamos metalus chelatuojančios bei detoksikuojančios molekulės. Skirtingai nei gamtiniai metalus surišantys peptidai, sukurtieji yra pranašesni savo gebėjimu surišti giminingus sunkiuosius metalus.

Be peptidų dar yra ir kita grupė giminingų metalų surišėjų – specifikatorių, tai – baltymai – metaloregulatoriai. Specifinė šių baltymų prigimtis – dar vienas pavyzdinių genetikos pasiekimų.

### 5.2.5. Kietos atliekos

Kietosios atliekos – didelė mūsų vartotojiškos visuomenės problema. Jų likvidavimas yra brangus ir reikalaujantis nuolatinės priežiūros procesas. Kontrolė yra būtina siekiant išvengti požeminių vandenų ir oro užterštumo.

Didžioji dalis kietųjų atliekų yra sudarytos iš lengvai suardomų organinių medžiagų. Tad atlikus pirminę bioatliekų atranką, jas pūdant ar anaerobinės asimiliacijos būdu, galima jas perdirbti į vertingas žaliavas. Pastaruoju metu kūrimo ir kontrolės procesai išgyveno svarbius vystymosi etapus.

Dėl gebėjimo be papildomų, teršiančių aplinką atliekų kompensuoti didelius kiekius vertingųjų biogų ir aukštos kokybės organinių liekanų, sparti anaerobinė kietųjų atliekų asimiliacija sulaukia vis didėjančio visuomenės pritarimo. Anaerobinė kietųjų

atliekų mišinių asimiliacija sparčiai vystoma dėl dar vienos svarios priežasties – siekiant dar labiau patobulinti kietųjų atliekų perdirbimą, kuriama alternatyvi atliekų deginimo koncepcija.

Didinant fermentų struktūrų ir funkcijų, teršalų skaidymo mikroorganizmais būdų žinomumą, kuriamos palankios fermentų, o taip pat ir visos genetinės inžinerijos vystymuisi sąlygos. Kontrolės mechanizmas ir fermentų savybės naudojamos kryptingos mutagenezės, dažnai valdomos fermentų struktūros modeliavimo kompiuterio pagalba principu.

Vystymosi pasiekimai „saikingų modifikacijų“ kontekste yra esminiai optimizuojant bioskaidymo metodikas. Genomo maišymo tarp skirtingų rūšių pasiekimai suteikia galimybę vienos rūšies ribose taikyti skirtingus keitimo ir maišymo metodus, daro neabejotinai didelę įtaką naujų, kompleksinių teršalų mišinių remediacijoje veiksmingų mikro-  
bų išradimui.

## 5.3. Identifikavimas ir kontrolė

### 5.3.1. Teršalų užfiksavimas ir kontrolė

Daug biologinių metodų yra naudojami teršalus rasti ir juos stebėti. Vieni tokių – biodavikliai ir imunotirimai. Dauguma biodaviklių yra į mikroschemą įmontuotos biologinių ir elektroninių prietaisų kombinacijos. Biologinis komponentas gali būti fermentas, antikūnis, bakterijų kolonija, membrana, nervų receptorius ar net visas organizmas. Biologinius komponentus pritvirtinus prie tam tikro pagrindo, yra stebima kaip kinta jų savybės esant tam tikriems elektroniniu ar optiniu būdu fiksuojamiems aplinkos pasikeitimams. Tokiu būdu atliekami labai tikslūs kiekybiniai taršos matavimai. Davikliai turi būti labai „išrankūs“, tai yra ypatingai jautrūs daugeliui skirtingų junginių rūšių.

Mikrobiniai biodavikliai yra mikroorganizmai, sąveikos su medžiaga metu reaguojantys į dirgiklius.

### **5.3.2. Bioremediacijoje naudojamų mikroorganizmų identifikavimas ir kontrolė**

Laboratorijose užaugintus mikroorganizmus išskiepjus bioremediacijos vietoje, būtina sekti jų būklę ir/ar dauginimąsi. Tik taip įmanoma įvertinti proceso eigą. Tai tipiška ir netgi būtina naudojant genetiškai modifikuotus organizmus. Tradicinis būdas identifikuoti dirvožemyje esančius mikroorganizmus – naudoti atrankinę aplinką. Toks identifikavimo procesas lengvai įgyvendinamas tuo atveju, jei organizmas turi skiriamąjį ženklą.

Vienos naujesnių – imunologinė ir šviesos pagrindu besiremianti bioreferento metodikos. Erdvinis specifinių mikroorganizmų pasiskirstymo modelis gali būti apibrėžiamas mikroskopiškai – be invazijos. Pastaruoju metu vis labiau populiarėja ypatingai jautri metodika, kuomet DNR iš diržovemio yra izoliuojama ir padidinama.

### **5.3.3. Ekologinių padarinių fiksavimas ir kontrolė**

Bioremediacijos esmė – aplinkos užterštumo mažinimas likviduojant taršos židinius. Tačiau, kad bioremediacija būtų veiksminga, vien tik pašalinti teršalus nepakanka. Teršalų ir biologiškai skylančių bakterijų gaminami toksiniai metabolitai gali sukelti įvairias ligas ar pagaminti mikroorganizmams, augalams, gyvūnams ar žmonėms kenksmingas medžiagas.

Kad išvengtų pašalinių efektų, ypač naujo ekosistemos elemento atveju, pavyzdžiui – pagaminus genetiškai modifikuotą organizmą, bioremediacijoje būtina ekologinių padarinių kontrolė. Iškykla klausimas – o ką reikia stebėti?

Yra gausybė tikėtinų ekologinių padarinių, tačiau tikrai ne visi yra svarbūs ar nuolatiniai, tuo labiau, kad ne visi yra sukelti bioremediacijos. Tad kontrolės parametrai dažniausiai apibrėžiami kiekvienu atveju atskirai.

## **5.4. Prevencija**

Toksiškų ir sunkiai paveikiamų teršalų skaidytojus gaminanti chemijos pramonė susiduria su pagrindine problema – kaip juos sunaikinti. Todėl aktualu naujų biotechnologinių metodų pagrindu sukurti tobulus biologinio atliekų apdorojimo mechanizmus, ateityje pakeisiančius dabar naudojamus.

### **5.4.1. Proceso tobulinimas**

Fermentų dėka daugelis pramonės procesų tapo mažiau kenksmingi aplinkai. Fermentai yra labai efektyvūs biologiniai katalizatoriai. Jie yra ženkliai pranašesni už nebiologinius, nes yra netoksiški, veiksnius esant vidutinei temperatūrai bei švelnioms sąlygoms, sukeliantys mažiau šalutinių reakcijų nei tradiciniai metodai. Gamyba naudojant fermentus yra techniškai švaresnė, saugesnė ir ženkliai taupesnė energijos ir žaliavų atžvilgiu. Vienintelis trūkumas – šių metodų taikymui būtinas specifinis fermentas ie.

Naujosios technikos, jų pritaikymas baltymo kūrime ir molekuliniam modeliavime suteikia mokslininkams galimybes kurti naujus, aukštos temperatūros, ne vandeningų tirpiklių bei kietų medžiagų sąlygomis veiksnus fermentus.

### **5.4.2. Produktų novatoriškumas**

Biotechnologijos pagrindu gaminami nauji, mažesnę poveikį aplinkai darantys produktai. Bioproduktų, tokių kaip bioplastikai gamyboje panaudojamos tokios neatsinaujinančios žaliavos kaip kietasis kuras. Genetiškai modifikuoti, atsparūs vabzdžiams ir/ar

ligoms organizmai – efektyvus sprendimas siekiant sumažinti pesticidų naudojimą.

### 5.5. Genetinės inžinerijos progresas

Pastaruosius keletą metų rekombinantinei DNR technologijai skiriamas išskirtinis dėmesys. Molekulinės biologijos specialistai ištyrė ištisus genomus, sukurta daug naujų vaistų, žemės ūkio specialistai gamina naujus ligoms atsparius mikroorganizmus.

#### 5.5.1. Pramonės procesai

Odos perdirbimo pramonėje pristatyti fermentai, galintys pakeisti odos ir kailio valymui naudojamus chemikalus. Tekstilės, tame tarpe net ir garintų džinsų gamyboje fermentai išstūmė cheminius baliklius. Augantis fermentų panaudojimas medienos ir popieriaus pramonėje sąlygoja vis mažėjančią chloro suvartojimą. Riebalus ir baltymus asimiliuojantys skalbimo miltelių sudėtyje esantys fermentai mažina detergentų kiekį, tačiau užtikrina skalbimo kokybę net ir žemesnėje temperatūroje – taip sumažinamos suvartojamos energijos sąnaudos.

#### 5.5.2. Alternatyvios kuro rūšys

Ieškoma būdų, kaip efektyviai pritaikyti genomo mokslą ir genetinės inžinerijos metodus. Vienu iš pavyzdžių galėtų būti biologinių organizmų panaudojimas alternatyvių kuro rūšių gamyboje ir anglies sekvestracijoje. Mokslininkai išpareigoja aplinkos mikrobų populiacijos genomines sekose atrasti naujus, anglies atskyrimo ir kuro sintezės procesuose efektyvius organizmus. Genetinės inžinerijos metodai yra vis dar neišnaudoti efektyvinant gliukozės perdirbimą į kurą.

#### 5.5.3. Užterštumo kontrolė

Kiaulių ir vištų pašarus papildžius fermentu phytase, galima daugiau nei 30 pro-

centų sumažinti jų išskiriamų fosfatų kiekį.

Pietų Afrikoje bakterijos yra naudojamos aukso atskyrimo nuo aukso rūdos. Šios pramonės, sąlyginai vadinamos biokasyba dėka sutaupomi dideli lydimai reikalingos energijos kiekiai ir pagaminama mažiau atliekų.

Biotechnologinė indigo gamyba, kurioje naudojamos genetiškai modifikuotos tam tikrus fermentus turinčios bakterijos, vyksta trimis etapais, vandenyje, naudojant tokias žaliavines medžiagas kaip cukrus ir druskos, ir, pagaminant tik indigo, anglies dioksidą ir mikroorganizmų suskaidomą biomasę.

### 5.6. Įstatymai

Nauji organizmai yra genetinės inžinerijos produktas, jie neevoliucionuoja spontaniškai ar atrankos būdu, tad iškyla rūpestis dėl nenuspėjamos jų sąveikos su ekosistema. Tam tikruose specialiuose įrengimuose izoliuoti laikomi genetiškai modifikuoti organizmai kelia daug mažesnę susirūpinimą nei tie, kurie patenka į aplinką, ypač jei jie yra ligoms atsparūs organizmai ar bioremediacijai skirtos dirvožemio bakterijos – šiuo atveju, dėl dirvožemio bakterijų savybės dažnai keisti genetinę medžiagą (netgi tarp rūšių) galimus ekologinius padarinius numatyti yra dar sudėtingiau. Be to, įvertinus tai, kad apie didžiąją dalį dirvožemyje gyvenančių bakterijų rūšių žinoma labai nedaug, tampa beveik neįmanoma nuspėti kas nutiks kiekvienai naujai atrastos dirvožemio bakterijos kopijai. Jeigu papildomos DNR yra gaunamos iš kitos dirvožemio bakterijos, yra ginčytina, ar genetiškai modifikuota bakterija dėl dažno genetinės medžiagos pasikeitimo dirvožemyje gali atsirasti spontaniškai.

Saugus naujo ar modifikuoto organizmo panaudojimas aplinkoje turi būti aiškiai reglamentuotas. Tai ypač svarbu siekiant įgyti visuomenės pasitikėjimą. Europos Sąjunga turi dvi genetiškai modifikuotų organizmų



panaudojimą ir sąmoningą jų paleidimą į aplinką apsprendžiančias Direktyvas. Šios Direktyvos yra įtrauktos į daugumos ES narių valstybių įstatyminę bazę. Jomis reikalaujama, kad detalūs eksperimentiniai protokoliai kartu su galimos rizikos vertinimais, prieš paleidžiant genetiškai modifikuotus organizmus į aplinką, būtų tvirtinami atitinkamų kompetentingų valdžios organų. Europos Komisijos tikslas – skatinti konkurencingumą nepažeidžiant saugumo – tiek mokslo, tiek ir prekybos srityje.

### 5.7. Aplinkos biotechnologijos taikymas Lietuvoje

Aplinkos biotechnologija viena iš saugiausių genetinės inžinerijos taikymo sričių. Ji sprendžia užterštumo problemas, kurios, sparčiai augančios pramonės sąlygomis, o ypač – Lietuvoje paskelbus ES aplinkos įstatymus – tapo ypatingos svarbios. Aplinkos biotechnologijos taikymas gali lemti esminius teigiamus poslinkius bioremediacijos, užterštumo nustatymo, kontrolės ir priežiūros procesuose. Kad tai įvyktų, reikia nuosekliai vadovautis patvirtintais biotechnologijos metodais bei efektyviai remti šios mokslo šakos mokslinius tyrimus.

Naudojant genetiškai modifikuotus organizmus aplinkos problemoms spręsti, viena svarbiausių sąlygų išlieka sąveikos su ekosistema apribojimas. Genetiškai modifikuotų organizmų panaudojimą ir jų sąmoningo paleidimo į aplinką priežiūrą ir kontrolę reglamentuojantys šalies įstatymai privalo būti keičiami, jie negali prieštarauti ES įstatymams. Jų laikantis, nebeliktų kliūčių sėkmingam genetinės inžinerijos ir aplinkos biotechnologijos taikymui Lietuvoje.

### 5.8. Išvados ir rekomendacijos

Aplinkos biotechnologija gyvuoja jau šimtmetį. Atsiradus poreikiui siekti mažiau žalingų ekonominių veikslių modelių, išlaikyti nuolatinę socialinių sąlygų augimą, biotechnologija tampa remiacijos ir aplinkai jautrios pramonės priemone. Šiandienos technologijos yra jau ne kartą pasiteisino daugelyje sričių, o ateityje jų bus vis daugiau.

Šiuo metu svarstomi keli biotechnologijos metodai. Vienas jų – genetiškai modifikuotų organizmų, skirtų efektyviam specifinių užduočių atlikimui, kūrimas.

Viešai prabilus apie naujai sukurtą ar kuriamą technologiją, visuomet kyla kontraversiškos reakcijos, tačiau biotechnologija yra potenciali prisidėti prie tvaresnės visuomenės vystimosi, tuo pačiu užtikrindama aplinkos apsaugą ir bioremediaciją.

Genetinė inžinerija gali tapti labai galingu įrankiu palankesnių aplinkos ir neatstatomų žaliavų šaltinių atžvilgiu produktų ir paslaugų alternatyvų kūrime. Politika, ekonomika ir visuomenė galiausiai nuspręš, kurias mokslines galimybes galima paversti tikrove. Organizmų sudėtis gali būti papildyta genetinėmis savybėmis skaidyti specifinius teršalus, ko natūraliai atsirandantys organizmai tinkamai ir efektyviai padaryti negali. Genetinės inžinerijos dėka gali būti pašalinti visi aplinkos valymo trukdžiai.

Apmaudu, kad iki šiol šiose srityse nieko reikšmingo nenuveikta, bet tik todėl, kad tai nebuvo daroma reikiamu mastu; be to, dauguma atvejų buvo naudojami gamtiniai teršalus neutralizuojantys organizmai.

JAV jau yra keletas bioremediacijos tikslams patvirtintų genetiškai modifikuotų bakterijų, nors apie didesnius pritaikymo atvejus dar neskelbiama. Europoje neseniai patvirtinti kontroliuojamos srities kriterijai.

## 6. Biotechnologijos ir nanotechnologijos sintezė

### 6.1. Nanobiotechnologija

Nanobiotechnologija yra daugiadisciplininis biotechnologijos, nanotechnologijos, cheminės ir elektros inžinerijos bei kitų giminingų mokslo sričių junginys. Nanobiotechnologijos tikslas – išsiaiškinti esminius biologinių funkcinių vienetų veikimo principus bei sukurti ypatingai mažus nanoskopinėje skalėje elementus, biologinių ir techninių medžiagų derinius bei užtikrinti įvairių sąveikų ir biotechnologinių procesų valdymą.

Naujausiame ScanBalt Kompetencijos Regiono Ataskaitiniame Pranešime [1] buvo akcentuota mokslo ir technologijų pažanga tokiose gamtos mokslų ir biotechnologijos srityse, kaip mikrolustai, biosensoriai, baltymų inžinerija, rekombinantinės DNR technologijos, ląstelių kultūros, vienakloniai antikūniai ir bioprocėsų technologijos. Šių inovacinių technologijų dėka biotechnologija tapo XXI amžiaus pradžios ekonomine dominante. Elektronikos ir kompiuterių mokslo laimėjimai suvaidino nemenkesnį vaidmenį – jų dėka per gana trumpą laiką ir santykinai žemų kaštų pagalba atskleisti ir įsisavinti dideli kiekiai genetinės informacijos. Kai kuriais paskaičiavimais nanotechnologija gali nustelbti Pramoninės Revoliucijos laimėjimus ir iki 2015 metų tapti 1 trilijono dolerių rinka [2]. Pasak kai kurių ekspertų, per laikotarpį iki 2015 metų mažiausiai pusė vaistų bus kuriami nanotechnologijos pagrindu [3]. Todėl gamtos mokslų, biotechnologijos ir nanotechnologijos susivienijimas – puiki niša didelėms perspektyvoms. Bendro šių mokslo sričių darbo rezultatas – išrasti sinchroniškai transportuoti daugiafunkcines terapines medžiagas galintys naujos kartos kontrastiniai agentai bei valdomos

nanodalelės, naujos klasės in vivo diagnostiniai prietaisai, dar vadinami efektyvumo reporteriais, sukurti įvertinti, ar priešvėžinių vaistų efektyvumas atitinka lūkesčius [4].

Ekonomikos interesai investuoti į nanobiotechnologiją yra akivaizdūs. Remiantis 2003 metų duomenimis, yra galimos daugiau nei 3 bilijonų dolerių investicijos į vyriausybės nanotech tyrimus pasauliniu mastu, įskaitant ir šimtamilijonines investicijas į korporacijų R&D.

Ta pati studija nurodo, kad 13 iš 30 kompanijų, esančių visame pasaulyje žinomoje akcijų rodyklėje the Dow Jones Industrial Average, nurodo nanotechnologiją savo internetinėse svetainėse, o 1999–2003 metais naujų nanobiotechnologijos įmonių steigimui buvo skirta daugiau nei 900 milijonų dolerių rizikos kapitalo.

Nanobiotechnologija dažnai vadinama perspektyviausia nanotechnologijos dalimi. Argumentas tuo abejojantiems – 52 procentai rizikos kapitalo atiteko būtent jai [5].

### 6.2. Biotechnologija ir nanoskopinių medžiagų mokslas

Šiais laikais nanoskopiniai elementai ir nanostruktūrinės medžiagos yra gaminamos iš įvairių įprastinių medžiagų, tokių kaip: polimerai, metalai, puslaidininkiai, keramika, kompozitai ir biologinės medžiagos. Vis dėlto, funkciškai jos dažniausiai būna neveiklios. Skirtingai nei įprastinės (inertinės) medžiagos, naujos kartos protingosios medžiagos gali prisitaikyti prie savosios aplinkos taip, kad optimaliai atliktų savo funkciją, pratęstų savo rezultatyvaus gyvavimo trukmę, tausotų energiją ir pan. Jos gali reaguoti į išorės poveikį. Protingų nanome-

džiagų savybės parenkamos pagal poreikį, suteikiant joms savęs kopijavimo, savęs atkūrimo ir susinaikinimo funkcijas – taip sumažinamos gamybos atliekos, padidėja efektyvumo koeficientas. Sąlyginai išskiriamos trys pagrindinės protingųjų nanomedžiagų strategijos: (1) įprastinių medžiagų kombinacija, sujungiant skirtingas klases į naujas, kompleksines konstrukcijas; (2) naujų technologijų pritaikymas gamybos ir kontrolės struktūrose nanoskopinėje skalėje; (3) biologinių sistemų imitavimas (biomimetika) bei bioinžinerijos metodais sukurtų molekulių ir organizmų panaudojimas [6].

Vis dėlto, vertinant praktinį pritaikymą tokiose srityse kaip biolustai ir kitos naujos nanobiotechnologinės detekcijos sistemos, išlieka viena kliūtis – paraleliniai gamybos metodai. Vyrauja nuomonė, jog geriausia išeitis – bottom – up (iš apačios – į viršų) ir top-down (iš viršaus – į apačią) gamybos metodų konvergencija. Išskirtinis nanoskopinių struktūrų bruožas – didžioji dalis jas sudarančių atomų yra paviršiuje, kas visai nebūdinga makroskopinėms medžiagoms; tad tam tikra prasme nanostruktūros yra sudarytos vien iš paviršiaus, o funkcines jų savybes lemia paviršiaus sąveika su išore [7]. Todėl nanoskopinių medžiagų moksle veiksmingiausi yra metodai, apibrėžiantys ir užtikrinantys tikslią paviršiaus savybių kontrolę ir valdymą, tame tarpe: paviršiaus krūvį, hidrofobiškumą, paviršiaus reaktyvių cheminių grupių kiekius ir sudėtį. Būtina paminėti, jog neįprastos sukurtų nanomedžiagų fizikocheminės savybės sukelia daug abejonių dėl nepageidaujamo jų poveikio gyviems organizmams; turėdamos specifinę sandarą – ląstelių lygmenyje jos susidarytos iš statybos blokų ir mechanizmų – savo funkcionalumu jos primena biologines medžiagas. Taigi, saugos analizė ir rizikos įvertinimas yra ypatingai svarbūs.

Nanotoksiškumas gali būti ir teigiamas,

tam tikrai atvejais net pageidautinas reiškiny, pavyzdžiui – inicijuojamo programinio ląstelės sunaikinimo atveju – kas puikiai iliustruoja jo tinkamumą kuriant naujus vėžio chemoterapijos metodus.

Biologinių medžiagų panaudojimas mikro – ir nanostruktūrų kūrime ant paviršiaus, taip vadinamais minkštosios litografinės gamybos metodais, yra vienas reikšmingiausių pastarojo meto pasiekimų [8]. Išradimai kaip šis padėjo pagrindus ypatingai tikslių funkcinių junginių iš baltymų, DNR, liposomų, viruso dalelių ir ląstelių kūrimui. Jų dėka atsivėrė galimybės sukurti nuskaitymui skirtus pavienių baltymo molekulių lustus. Pastarieji gali būti efektyviai naudojami nanoelektroniniuose prietaisuose ir jutikliuose, todėl tokios kompanijos kaip IBM skiria šiai sričiai ypatingą dėmesį.

Kita alternatyvių litografinių metodų taikymo nanobiotechnologijoje sritis – skenuojančio zondo mikroskopija, pavyzdžiui nanoimplantavimas ir dip-pen (rašančios plunksnos) nanolitografija (DPN). Šie metodai sukurti praeito dešimtmečio viduryje [9]. Abiem atvejais pasiekta 15 nm artima lateralinė skyra. DNP dėka įvairios biologinės molekulės (DNR, baltymai, lipidai) gali būti naudojamos tiesioginiam nanostruktūrų formavimui ant paviršiaus, panašiai kaip rašant ant popieriaus yra naudojamas rašalas. Taigi, tiesioginė biologinių in vitro modeliinių sistemų, kaip ir biomimetinių medžiagų, gamyba jau yra įmanoma pavienių molekulių tikslumu.

Savaiminio nanosistemų jungimosi tarpusavyje principus suderinus su baltymų genetinė inžinerija pagamintas pirmasis nanomechaninis prietaisas – ATP varomas biomolekulinis motoras [10]. Būtent tokio tipo sistemos bus reikalingos naujos kartos jutiklių, mechaninių jėgos nešėjų ir aktyvatorių kūrimui. Remiantis naujausiais tyrimais, baltymų ir genetiškai modifikuotų

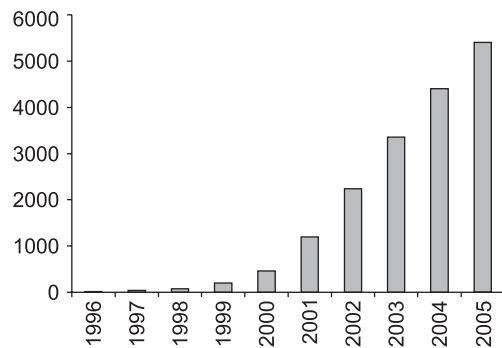
viruso dalelių junginiai gali būti efektyviai naudojami metalo nanodalelių, magnetinių ir puslaidininkinių nanolaidų – svarbiausių nanoelektronikos elementų katalizinei sintezei [11].

Iki šiol didžiausias dėmesys nanotechnologijoje buvo skiriamas sintetinėms medžiagoms, tokioms kaip anglies nanovamzdžiai (tūbos), nanodalelės (koloidinis auksas, kvantiniai taškai, lateksas ir t.t.), neorganinės medžiagos (ZnO, TiO<sub>2</sub>, silicio dioksidas). Daug pastangų įdėta siekiant išgauti šių nanomedžiagų biofunkcionalumą ir biosuderinamumą, panaudojant jas kaip sėkmingas vaistų pernešėjas, medicininio gydymo priemones, implantantų šablonus audinių regeneravimui ir netgi kosmetikos priemones. Vis dėlto, nors pažanga šioje srityje akivaizdi, negalima pamiršti, jog natūralių biologinių medžiagų savybės nanolygmenyje yra pačios įvairiausios ir belieka jomis pasinaudoti. Pavyzdžiui, gaminama bakterinė celiuliozė, sudaryta iš 50–80 nm pločio skaidulų, gali būti naudojama ne tik maisto, bet ir medicinos, elektronikos ir kitose pramonės šakose [12]. Medienos celiuliozės nanoskaidulos taip pat turi begalę įvairių pritaikymo būdų medžiagų moksle – atskirtos genetiškai modifikuotu fermentu, žinomu kaip cellulases, jos gali būti naudojamos ypatingai tvirtų nanokompozitų gavyboje. Ateityje celiuliozės skaidulos gali būti sėkmingai naudojamos kaip optinės medžiagos apsaugos sistemose, dekoratyvinėse dangose, automobilių stikluose, informacinėje atmintyje ar lazerinėje optikoje [13].

### 6.3. DNR grandinės ir nanojunginiai

Apibendrinant bendrąsias nanobiotechnologijos kryptis ir jų pritaikomumą pramonėje, būtina paminėti jau plačiai biotechnologijoje ir biomedicinoje naudojamus biolustus. DNR zondų mikrograndinės (dar

žinomos kaip DNA lustai) pirmą kartą pristatytos prieš 11 metų, nuo tada ši technologija sparčiai evoliucionuoja [14] (Diagrama 1). Pirmieji DNR lustai buvo sudaryti iš mikrogardelėje ant objekcinio stiklo išdėliotų 45 komplementarių DNR (cDNA) sekų – zondų. Taip imobilizavus DNR, mikrogardelė gali būti naudojama genų išraiškos analizėje. Jau po metų DNR lustai buvo sudaryti iš 1000 zondų.



1 diagrama. Straipsnių ISI duomenų bazėje, kuriuose minimas raktinis žodis „mikrograndinė“ skaičius

Panašiai kaip ir mikroelektroninių schemų gamyboje elektronikos srityje, DNR lustai gaminami fotolitografiškai – DNR in situ sintezę valdant šviesa. Tokios technologijos dėka sukuriami 135,000 zondų lustai. Visai neseniai miniaturizacija grindžiama DNR lustų technologija suteikė galimybes viso genomo arba transkriptomo analizę atlikti kaip vieną eksperimentą. Priklausomai nuo taikomos technologijos [14] 40,000 skirtingų mRNA molekulių arba 100,000 skirtingų pavienių nukleotidų polimorfizmų (SNP) ant specialiai paruoštų 1–8 cm<sup>2</sup> dydžio stiklo ar silicio gabalėlių (DNR lusto) gali būti analizuojami vienu metu.

Tais pačiais metais Affymetrix kompanija pristatė iš daugiau nei 1.8 milijono DNR zondų, galinčių fiksuoti genetinius pakitimus ištisu genomų tyrimuose, sudarytą Genome-Wide Human SNP lustą 6.0. Jis buvo

sudarytas iš 906 600 SNP ir apie 946 000 nepolimorfinių zondų [15].

Šiuo metu, trumpas DNR sekas išdėstant ant paviršių, gali būti vykdoma ne tik tiksliai genetinė atranka ir analizė – jos naudojamos ir programuojamam nanoarchitektūrų, tokių kaip aukso nanodalelių grandinės, kūrimui. Ši sritis – svarbi ateities molekulinės elektronikos eksperimentinė platforma [16]. Tuo pačiu, svarbu paminėti, kad savaime susirenkantys DNR nanodariniai su sintetiškai įvestomis biotino molekulėmis ant paviršių gali formuoti įdomias programuojamas nanostruktūras (žr. žemiau) [17].

### 6.4. Baltymų lustai ir nanodariniai

Baltymų lustai yra analogiška, tik šiek tiek jaunesnė technologija. Jie sudaryti iš mikroskopinių domenų, spausdinimo, robotinio mikrodozavimo, ar panašiais metodais pagamintų ant specialaus padėklo. Tokie specifiniai domenai gali būti naudojami baltymų ar jų antikūnių, ligandų prikabinimui prie paviršiaus, taip pat – įvairių sintetinių bioaktyvių molekulių išdėstymui. Kiekvienas domenas leidžia sekti molekulinio atpažinimo arba fermentinę reakciją. Dėl šios priežasties baltymų lustai laikomi pagrindine žmogaus proteomo, sudaryto iš maždaug 2 milijonų modifikuotų baltymų rūšių ir sudėtingų baltyminių darinių, tyrimų technologine platforma. Kol kas nėra kitos nežyminės detekcijos metodus taikančios technologijos, suteikiančios galimybę skirtingų baltymų sąveikas ir tarpusavio darinius stebėti tiesiogiai. Šiuo metu rinkoje yra jau per 30 skirtingų baltymų lustų rūšių [19]. Vis dėlto, siekiant sėkmingo technologijos pritaikymo, ypač medicinos srityje, būtina tęsti nuoseklius baltymų funkcinės veiklos sintetinėje aplinkoje ir fizikocheminių kietųjų substratų savybių optimizavimo tiriamuosius darbus.

Tipinė eksperimento su baltymų lustais

schema atrodo taip: didelis kiekis ligandų (baltymų ar peptidų) išdėstomi ant padėklo, prieš tai nuplaunant ir užblokuojant nemodifikuotas paviršiaus vietas. Toliau lustas sąveikauja su komplementariais išdėstytioms molekulėms junginiais, antikūniais ir kt. [20]. Įvykus specifinei luste esančių molekulių ir tiriamajame bandinyje esančių molekulių sąveikai, signalas fiksuojamas paviršiui jautrių detekcijos metodų pagalba. Tam naudojamos įvairios matavimų metodikos, tame tarpe ir paviršiaus plazminio rezonanso metodas, kuriam nereikia naudoti jokių potencialiai įtakojančių baltymų tarpusavio sąveikas žymių. Tokiu būdu analizuojat visą lustą, galima fiksuoti daugybę molekulinio atpažinimo aktų, susidaryti vaizdą apie tuo pat metu vykstančias daugialypes baltymų sąveikas ir jų tinklus. Baltymų lustai dažniausiai skirstomos į tris kategorijas: (1) funkcinis lustas; (2) detekcijos lustas; (3) atvirkštinės fazės lustas.

Funkciniuose lustuose (fundamentiniuose tyrimuose jie paprastai naudojami baltymų funkcijai nustatyti) ant padėkliuko išdėstomas didelis išgrynintų baltymų ar peptidų rinkinys arba net visas tiriamas proteomas. Toliau lustas naudojamas lygiagrečiai daugybės biocheminių reakcijų analizei. Baltymų funkcijos lustai gali būti naudojami substratų arba inhibitorių poveikiui fermentinėse reakcijose nustatyti, baltymo – vaisto, hormono – efektoriaus sąveikoms tirti, epitopams nustatyti ir pan. [20].

Baltymų detekcijos lustuose išdėstomos baltymui specifiskumą turinčios molekulės, o ne patys tiriami baltymai. Tai gali būti antigenai, ligandai arba antikūniai. Jie gali būti naudojami baltymų kompleksinėse terpėse, pavyzdžiui, serume, nustatymui. Taip pat šie lustai gali būti naudojami antikūnių įvertinimui, diagnozuojant alerginius arba autoimuninius susirgimus, vykdant baltymų ekspresijos globalų monitoringą.

Trečiai baltymų lustų klasei priskiriami atvirkštinės fazės mikrolustai. Taip jie vadinami todėl, kad lusto elementuose išdėliojamos ląstelės arba netgi audiniai. Kiekvienas elementas zonduojamas vis kitu antikūniu [20].

Natūrali baltymų lustų technologijų tąsa yra bandymai baltymus sudėlioti į mažesnes negu 100 nm architektūras ir domenų ant paviršiaus, taip vadinamus nanolustus. Dar įdomiau yra tai, kad tokiu būdu galima sukurti nanobiotechnologinius prietaisus, kurie būtų pagrįsti pavienių baltymo molekulių savybėmis ir veikimu. Tuo tarpu, viena fermento molekulė per sekundę gali atlikti 100–1000 substrato cheminių modifikacijų. Jau įrodyta, kad pavienių fermento molekulių veikimas gali būti stebimas naudojant nulinės modos bangolaidžius 21. Fermento

molekulių dydis, taip pat mechaninę jėgą generuojantis motorinių baltymų veikimas, pasitelkus genų inžineriją, leidžia kurti nanovariklius, kurie turi daug privalumų lyginant juos su įprastais mechaniniais varikliais 22. Taip pat, programavimui panaudojus DNR sekas, galima kurti dirbtinius daugialypius fermentų junginius, tiksliai valdant pavienių juos sudarančių blokų erdvinį išsidėstymą 23.

### 6.5. Nanobiotechnologija Lietuvoje

Nors biolustai ir kai kurios kitos naujos progresyvios analitinės platformos Lietuvos biotechnologijos pramonėje jau buvo panaudotos, mūsų šalyje jos išlieka plačiau beveik nežinomos. Tarkim, kompanija UAB Fermentas įsisavino komercinę DNR mikrolustų gamybos ir analizės sistemą, tačiau nanobiotechnologiniai tyrimai Lietuvoje sistemingai neatliekami, o biolustų ir kitų nanobiotechnologijų plėtra nėra skatinama.

Tradiciskai Lietuvos mokslininkai yra stiprūs kitose, su nanobiotechnologija susijusiose biotechnologijos srityse: bioelektronikoje ir biojutikliuose. Šiose srityse daugiausiai pasiekė Biotechnologijos instituto profesoriai Juozas Kulys ir Vladas Laurinavičius. Nuo 1974 metų profesoriai yra išleidę daugybę publikacijų, jų straipsniai buvo ir tebėra cituojami užsienio kolegų. Keletas jų sukurtų biosensorių buvo pritaikyti medicinoje, o biomedicininės analitinės sistemos buvo komercializuotos dar 1986 metais.

Kitas svarbus pasaulinės klasės mokslinių tyrimų, tiesiogiai susijusių su nanobiotechnologija objektas – DNR modifikacijos. Prof. Sauliaus Klimašausko vadovaujama mokslininkų grupė vykdo daug susidomėjimo chemikų ir biochemikų bendruomenėje sulaukusius metiltransferasų mutantų pagrindų sukurtų naujų originalių molekulinų instrumentų mokslinius tyrimus. Ma-

1 lentelė. Mikrolustais atliekami biotechnologiniai procesai \*, \*\*

Transkripcinis profiliavimas	Brandos stadija, tebetobulinama
Genų tipavimas (genotyping)	Brandos stadija, tebetobulinama
Splaisingo variantų analizė	Pažengusi stadija
Nežinomų ekzonų identifikacija	Ankstyvosios stadijos
DNR – struktūros analizė	Pilotinė fazė
Lustas-ant-lusto procesas	Pažengusi stadija
Baltymų surišimas	Vystymo stadija
Baltymų – RNR sąveika	Idėjos stadija
Lustais pagrįsta CGH	Pažengusi stadija
Epigenetiniai tyrimai	Vystymo stadija
DNR mepingas (mapping)	Brandos stadija
Pakartotinis sekvenavimas	Pažengusi stadija
Didelės apimties sekvenavimas	Vystymo stadija
Geno/ genomo sintezė	Ankstyvosios stadijos
RNR/ RNRi sintezė	Pilotinė fazė
Baltymų – DNR sąveika	Vystymo stadija
Transliacija ant lustų	Vystymo stadija
Universalus mikrolustas	Vystymo stadija

\*Išvystymo fazės: brandos, pažengusi, vystymo, ankstyvosios, pilotinė, idėjos stadijos. CGH – lyginamoji genomine hibridizacija; Lustas-ant-lusto, chromatino imunonusodinimas ant lusto.

\*\* Paimta iš šaltinio 24.

noma, kad ateityje jie bus sėkmingai taikomi įvairiose nanobiotechnologijos srityse.

Prof. Valentinas Snitka (Kauno Technologijos Universitetas) yra skenuojančio zondo metodų tyrimų ir nanomanipuliacijos pradininkas Lietuvoje. Jo vadovaujama mokslininkų grupė šiuos metodus naudoja audinių ir ląstelių vizualizavimui. Prof. Arūnas Ramanavičius (Vilniaus Universitetas) panaudojo atominės jėgos mikroskopiją antikūnių-antigenų darinių formavimuisi stebėti. Prof. Ričardo Rotomskio grupė domisi nanodalelių pritaikymu medicinos tikslams. Šios dvi mokslininkų grupės neseniai pasinaudojo ES SF programų parama savoms mokslinėms laboratorijoms renovuoti.

Fizikos Instituto mokslininkai pirmieji pradėjo kurti ir taikyti baltymų lustus. Dr. Ramūnas Valiokas vadovauja jungtinei įvairių disciplinų mokslininkų, besispecializuojančių nanobiotechnologijoje, komandai. Jo laboratorijoje, vienoje iš nedaugelio Europoje, yra įdiegta tiesioginio molekulinų nanostruktūrų konstravimo technologija. Šios mokslininkų grupės darbai buvo pristatyti 2007 metų kovo mėnesį Helsinkyje vykusiame Kongrese Nanotech Northern Europe 2007.

Kelios Lietuvos mokslininkų grupės dalyvavo Europos Komisijos finansuotose nanobiotechnologijos iniciatyvose. Pavyzdžiui, prof. Aivaras Kareivos (Vilniaus Universitetas) mokslininkų grupė tapo vienu iš su nanobiotechnologija susijusių FP6 projekto – CellProm – partnerių. Prof. Valdemaras Razumas (Biochemijos Institutas) dalyvavo biomolekulinų mechanizmų biologinių sąveikų molekulėje tyrimams skirtame STREP projekte.

Nanotechnologijos ir biotechnologijos sąveikoje gimstančiam tarpdisciplininiam bendradarbiavimui labai naudinga Valstybinio Mokslo ir Studijų Fondo, Nacionalinės mokslo prioritetų programos bei kitų

specialiai inicijuotų programų parama. Nanotechnologija Lietuvoje yra oficialiai pripažinta prioritetine mokslo šaka.

### 6.6. Išvados ir rekomendacijos

Iš pateiktų pavyzdžių galima daryti išvadą, jog nanotechnologijos verslo subjektų komercinė raida atspindi ankstyvą biotechnologijos pramonės evoliuciją bei suteikia galimybes taikyti panašias strategijas technologijų komercializacijai bei investavimui [5]. Sparti nanobiotechnologijos plėtra Lietuvai suteikia puikias galimybes vykdyti daugiadisciplininį ir tarpdisciplininį bendradarbiavimą, o šis, savo ruožtu, atveria erdvę gyvybės mokslų, chemijos, biofizikos, lazerių technologijos, medžiagų mokslo ir kitų susijusių mokslo sričių augimui. Nors yra daug gražių tokio bendradarbiavimo pavyzdžių, mokslas Lietuvoje tebėra susiskaldęs ir padalintas į klasikines sritis. Šis suskirstymas vis dažniau tampa trukdžiu tarptautinio masto laimėjimams pasiekti. Reikšmingą vaidmenį vaidina ir iki šiol nedemonstruojanti didesnio domėjimosi nanotechnologijos metodais ir jų pritaikymu Lietuvoje biotechnologijos pramonė. Tai iliustruoja faktas, jog Nacionalinėje Pramoninės Biotechnologijos Plėtos Programoje (LR Ministro Pirmininko patvirtintoje 2006 metų spalio mėnesį) apie nanotechnologiją nėra užsimenama.

Lietuvos sėkmė nanobiotechnologijos srityje daugiausia priklausys nuo planuojamų R&D reformų. Naujos kartos infrastruktūros yra būtinos, tačiau visų svarbiausia – efektyvūs įstatyminės bazės ir fondų sistemų pakeitimai, naujų dinaminų, multi-disciplininių tyrėjų grupių kūrimas, kvalifikuotų, tarpdisciplininių bei pramoninių tyrimų aplinkoje dirbti įgudusių mokslininkų pritraukimas – tai yra didžiausias iššūkis ir būtinybė.

Skirtingai nei tradicinėse biotechnolo-

gijos pramonės šakose: farmacijoje, žemės ūkio technologijose bei miškininkystėje, į kurių ankstyvą plėtros stadiją Lietuva patekti nespėjo ir dabar jau reikėtų didelių pastangų konkuruoti su kitomis šalimis, jauna sparčiai auganti nanobiotechnologijų rinka suteikia tokiai mažai šaliai kaip Lietuva visas galimybes ieškoti savųjų nišų. Verta paminėti, jog uždarose laboratorijose plėtojama ir į specifinius taikymus orientuota nanobiotechnologija nesukeltų tokio didelio viešosios nuomonės pasipriešinimo, kaip tai įvyko genetiškai modifikuotų pasėlių atveju. Tad specifinės R&D programos turi būti pradėtos, atsižvelgiant į ilgalaikius šalies ekonomikos siekius, tokius, kaip plyno lauko užsienio investicijų skatinimas, aukštųjų technologijų įmonių kūrimasis, tradicinių Lietuvos pramonės šakų tarptautinio konkurencingumo gerinimas ir t.t. Manoma, jog nanotechnologija suvaidins reikšmingą vaidmenį medicinos, nacionalinio saugumo ir kituose sektoriuose. Todėl Lietuvoje būtina sukurti specifines programas, kurios šiose srityse leistų pasiekti ir išlaikyti aukštus tarptautinius standartus.

## 6.7. Literatūra

- „ScanBalt – The Competence Region Mapping Report“. BioConValey GmbH & ScanBalt fmba. 2006.
- Nel, A. *Science* 311. p. 622–627. 2006.
- De Francesco, L. „Nature Biotechnology“ 21. p. 1127–1129. 2003.
- Alper, J. „Nature Biotechnology“ 22. p. 1335–1336. 2004.
- Paull, R. „Nature Biotechnology“ 21. p. 1144–1147. 2003.
- „European White Book on Fundamental Research in Materials Science“. Max-Planck-Institut fuer Metallforschung. 2001, Stuttgart.
- Love, J.C., „Chemical Reviews“ 105, 1103–1170, 2005.
- Xia, Y. „Angewandte Chemie“ Int. Ed. 37. p. 550–575. 1998.
- Ginger, D. S. „Angewandte Chemie“ Int. Ed. 43. p. 30–45. 2004.
- Soong, R. K. „Science“ 290. p. 1555–1558. 2000.
- Mao, C. „Science“ 303. p. 213–217. 2004.
- Tabuchi, M. „Nature Biotechnology“ 25. p. 389–390. 2007.
- Beecher, J. F. „Nature Nanotechnology“ 2. p. 466–467. 2007.
- Dufva, M. „Biomolecular Engineering“ 22. p. 173–184. 2005.
- „Microarray Technologies“. AAAS/Science Business Office Feature. 2007.
- Plutowski, U. „Advanced Materials“ 19. p. 1951–1956. 2007.
- Christman, K.L. „Soft Matter“ 2. p. 928–939. 2006.
- Rich, R. L. and Myszka, D.G.; „Analytical Biochemistry“ 361. p. 1–6. 2007.
- „Technology feature protein arrays“. *Nature* 444. 14 December 2006.
- Cretich, M. „Biomolecular Engineering“ 23, p. 77–88, 2006.
- Levene, M. J. 299. p. 682–686. 2003.
- van den Heuvel, Martin G. L. and Dekker, C. „Science“ p. 317, 333–336. 2007.
- Niemeyer, C. M., „Nano Today“ 2. p. 42–52. 2007.
- Hoheisel, J.D. „Nature Reviews Genetics“ 7. p. 200–210. 2006.



## Autorių trumpos biografijos

---

### Leonas GRINIUS

Habilituotas biologijos daktaras, profesorius  
Stulginskio g. 3, Vilnius, LT-00015  
[grinius\\_leo@yahoo.com](mailto:grinius_leo@yahoo.com)

#### Išsilavinimas

- Habilituotas biologijos daktaras, Maskvos Valstybinis Universitetas, Maskva, SSSR, 1982. Apginta disertacija “Membranos potencialo generacija ir panaudojimas bakterijose”;
- Mokslo daktaras (Ph.D.), biochemija, biologija, biofizika, Maskvos Valstybinis Universitetas, Maskva, SSSR, 1971. Apginta disertacija “Cheminės energijos transformacija į elektrinę energiją biologinėse membranose”. Vadovas – profesorius V. P. Skulačiovas;
- Magistro (6 metų diplomo) studijos, biochemija, biologija. Vilniaus Universitetas, Vilnius, Lietuva, 1962 rugsėjis – 1965 rugsėjis;
- Maskvos Valstybinis Universitetas, Maskva, SSSR, 1965 rugsėjis – 1968 liepa, suteiktas Magna Cum Laude diplomai. Apgintas diplominis darbas “Energijos virsmai mitochondrijų subdalelėse”. Vadovai – akademikas S. E. Severinas ir daktaras V. P. Skulačiovas.

#### Pareigos, darbovietės

- Biotechnologijos ir biomedicinos konsultantas, 2006 – dabar;
- Generalinio direktoriaus pavaduotojas marketingui, UAB Fermentas, Vilnius, Lietuva, 2005–2006;
- Mokslinis bendradarbis, Cincinnati Vaikų Ligoninės Medicininių Tyrimų Centras, Cincinnati, JAV, 2003–2005;
- Projektų vadovas, Procter ir Gamble Kompanijos Mokslinių Tyrimų Centras, Cincinnati, JAV, 1994–2003;
- Profesorius, Tufts Universitetas, Bostonas, JAV, 1991–1994;
- Profesorius, Vilniaus Universitetas, Vilnius, Lietuva, 1982–1991;
- Docentas, Vilniaus Universitetas, Vilnius, Lietuva, 1978–1982;
- Vyr. dėstytojas, Vilniaus Universitetas, Vilnius, Lietuva, 1974–1978;
- Asistentas, Vilniaus Universitetas, Vilnius, Lietuva, 1971–1974.

#### Apdovanojimai

- Visa sąjunginė jaunųjų mokslininkų premija, SSSR Mokslų Akademija, Maskva, SSSR, 1976;
- Premija už pasiekimus pedagoginėje veikloje ir moksle, Aukštojo ir Specialaus Vidurinio Mokslo Ministerija, Vilnius, Lietuva, 1981;
- Nacionalinė mokslo premija. Vilnius. Lietuva, 1988.

#### Ekspertavimas

- Nacionalinis Mokslo Fondas – JAV;
- Journal of Biological Chemistry – JAV;
- Journal of Bacteriology – JAV;
- Journal of Molecular Biology – Jungtinė Karalystė;
- Biochimica et Biophysica Acta Nyderlandai.

#### Visuomeninė veikla

- Lietuvos Biochemikų Draugijos narys;
- Amerikos Mikrobiologų Draugijos narys;
- Amerikos Molekulinės Biologijos ir Biochemijos Draugijos narys;
- JAV Lietuvių Bendruomenės Didžiojo Cincinnati ir Šiaurės Kenakio Apylinkės pirmininkas, 2001–2005;

- JAV Lietuvių Bendruomenės Didžiojo Cincinnati ir Šiaurės Kenakio Apylinkės pirmininkas, 2001–2005.

### Švietimas, pedagoginė veikla

- Biochemijos kursas, Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 1971–1990;
- Biochemijos laboratoriniai darbai, Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 1971–1990;
- Bioenergetikos kursas, Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 1971–1990;
- Fizikiniai analizės metodai (teorinis kursas ir praktika), Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 1971–1990;
- Bendrosios mikrobiologijos kursas, Cincinnati koledžas, Cincinnati, JAV, 2003–2004;
- Mikrobiologijos laboratoriniai darbai, Tufts universitetas, Bostonas, JAV, 1993–1994;
- Paruošti 50 magistrantų ir 7 mokslo daktarai, Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva, 1971–1991.

### Naujausios mokslinės publikacijos

1. Grinius L., Kessler C., Schroeder J., Handwerker S. (2006) Forkhead Transcription Factor FOXO1A is Critical for Induction of Human Decidualization. – *J. Endocrinol.* 189(1), 179–187;
2. Krueger-Koplin R. D., Sorgen P. L., Krueger-Koplin S. T., Rivera-Torres I. O., Cahill S. M., Hicks D. B., Grinius L., Krulwich T. A., Grivin M. (2004) An Evaluation of Detergents for NMR Structural Studies of Membrane Proteins. – *Journal of Biomolecular NMR* 28(1), 43–57;
3. Hu X. E., Kim N. K., Grinius L., Morris C. M., C. M. Wallace C. M., Demuth, T. P., Jr. (2003) Synthesis of (5S)-Tricyclic Penems as Novel and Potent Inhibitors of Bacterial Signal Peptidases. – *J. Synth. Org. Chem.* 11, 1732–1738;
4. Grinius L., Stanton D. T., Morris C. M., Howard J. M., Curnow A. W. (2002) Profiling of Drugs For Membrane Activity Using Liposomes As a *In Vitro* Model System. – *Drug Development in Industrial Pharmacy* 28(2), 193–202;
5. Robertson G. T., Zhao J. Y., Desai B., Coleman W., Gilmour R., Grinius L., Morrison D., Nicas T., Winkler M. E. (2002) Vancomycin Tolerance Induced by Erythromycin, But not by Loss of *vncRS*, *vex3*, or *pep27* Function in *Streptococcus pneumoniae*. – *J. Bacteriology*, 184, 6987–7000;
6. Yu J.-L., Grinius L., Hooper D. C. (2002) NorA Functions as a Multidrug Efflux Protein both in Cytoplasmic Membrane Vesicles and Reconstituted Proteoliposomes. *J. Bacteriology* 184, 1370–1377;
7. Paulsen I.T., Skurray R. A., Tam R., Saier M. H., Turner R. J., Weiner J. H., Goldberg E. B., Grinius L. (1996) The SMR Family: a Novel Family of Multidrug Efflux Proteins Involved with the Efflux of Lipophilic Drugs. *Molecular Microbiology* 19, 1167–1175;
8. Grinius L., Goldberg E. B. (1994) Bacterial Multidrug Resistance is due to a Single Membrane Protein which Functions as a Drug Pump. *J. Biol. Chemistry* 269, 29998–30004.

### Monografijos

- Grinius L.L. (1986) Makromolekulių transportas bakterijose (rusų kalba). – Nauka, Maskva, SSSR, 238 psl.;
- Grinius L.L. (1987) Energijos virsmas ir genų pernešimas chemotrofinėse bakterijose. Molekulių perneša (anglų kalba). – Harwood Academic Publishers, Chur, Šveicarija, 277 psl..

## Daumantas MATULIS

Biotermodinamikos ir vaistų tyrimo laboratorijos vedėjas, Biotechnologijos Institutas  
Graičiūno g. 8, Vilnius, LT-02241  
matulis@ibt.lt

### Išsilavinimas

- Podaktarinės studijos. Minesotos Universitetas, Saint Paul, Minesota, JAV, 1998 birželis – 2001 gruodis. Ligandų jungimosi su DNR biofizika. Vadovas Profesorius Victor. A. Bloomfield;
- Doktoratas (Ph.D.), biochemija, molekulinė biologija ir biofizika. Minesotos Universitetas, Saint Paul, Minesota, JAV, 1994 liepa – 1998 gegužė. Dizertacija: „Anijoninių sulfonatų ligandų jungimasis su baltymais bei poveikis baltymų struktūrai ir stabilumui“. Vadovas – Profesorius Rex E. Lovrien;
- Bakalauro (5 metų diplomo) studijos. Biochemija. Vilniaus Universitetas, Vilnius, Lietuva, 1988 rugsėjis – 1993 birželis. Diplominis darbas: „E. coli V38 kamieno atsparumo nikeliui ir nikelio transporto per membraną sistemos“. Vadovas Dr. Jonas Rubikas;
- Vasaros mokykla: Energetikos planavimas ir aplinkosauga, Oslo universitetas, Oslas, Norvegija. 1992 liepa – rugpjūtis.

### Pareigos, darbovietės

- Rekombinantinių baltymų laboratorijos vedėjas, Biotechnologijos Institutas, 2004.11 – dabar;
- Mokslininkas, 3-Dimensional Pharmaceuticals (vėliau Johnson&Johnson), 2001.12–2004.11;
- Podaktarinės studijos, University of Minnesota, JAV, 1998–2001;
- Doktorantas, University of Minnesota, JAV, 1994–1998;
- Jaunesnysis mokslo darbuotojas, Biochemijos Institutas, 1993.

### Apdovanojimai

- Robert Jenness podaktarinė departamento premija, 2000 gegužė;
- Trečia vieta Lietuvos mokyklų chemijos olimpiadoje, 1988 balandis.

### Ekspertavimas

- Struktūrinių fondų paraiškų vertinimas CPVA, 2005 gruodis – 2006 balandis;
- Nacionalinės Lisabonos strategijos įgyvendinimo programos MTEP darbo grupės narys, 2006;
- Aukštųjų technologijų komercializavimo projekto (PHARE) darbo grupės narys, 2006;
- VMSF ekspertas, 2005 – dabar.

### Visuomeninė veikla

- Lietuvių, gyvenusių Amerikoje, visuomeninės organizacijos „Sugrįžus“ prezidentas;
- Lietuvos Respublikos Prezidento V. Adamkaus visuomeninis patarėjas emigracijos klausimais.
- Užsienio lietuvių mokslo forumo narys;
- JAV Lietuvių Jaunimo Sąjungos Filadelfijos Skyriaus pirmininkas, 2002 lapkritis – 2004 gegužė;
- JAV Lietuvių Bendruomenės Filadelfijos Apylinkės pirmininkas, 2003 gegužė – 2004 gegužė;
- Nuo gegužės pabaigos atsistatydinu iš JAV LB Filadelfijos Apylinkės bei Jaunimo Sąjungos pirmininko pareigų, nes vasaros pabaigoje išvyksiu į Lietuvą, kur būsiu Biotechnologijos Instituto laboratorijos vedėjas bei dėstyti Vilniaus Universitete;
- Amerikos Chemikų Asociacijos narys, 1996 – dabar;
- JAV Biofizikų Draugijos narys, 1996 – dabar;

### Švietimas, pedagoginė veikla

- Baltymų fizikinės chemijos kursas, VU GF, Biochemijos ir Biofizikos katedra, 2005 ruduo;
- Minesotos Universitete dėščiau bei buvau asistentu šiuose kursuose:
  - Biochemijos laboratoriniai darbai (dėstytojas, 130 studentų), 1999 ruduo;
  - Biochemijos laboratoriniai darbai (asistentas), 1996 žiema bei 1997 pavasaris;
  - Gamtos mokslų vasaros mokyklos seminarų vedėjas, 1999 bei 2000 vasaros.

**Naujausios mokslinės publikacijos**

1. Dudutiene V., Baranauskiene L., Matulis, D. (2007) Benzimidazo[1,2-c][1,2,3]thiadiazole-7-sulfonamides as inhibitors of carbonic anhydrase. – *Bioorg Med Chem Lett.* 17, 3335–3338;
2. Matulis D., Kranz J. K., Salemme F. R., Todd M. J. (2005) Thermodynamic stability of carbonic anhydrase: measurements of binding affinity and stoichiometry using ThermoFluor. – *Biochemistry.* 44, 5258–5266;
3. Matulis D., Todd M. (2004) Thermodynamics – structure correlations of sulfonamide inhibitor binding to carbonic anhydrase. In “Biocalorimetry 2”, eds. Ladbury, J.E. and Doyle, M.L. Wiley. 107–132;
4. Matulis D., Rouzina I., Bloomfield V. (2002) Thermodynamics of cationic lipid binding to DNA and DNA condensation: Roles of electrostatics and hydrophobicity. – *J. Am. Chem. Soc.* 124, 7331–7342;
5. Matulis D. (2001) Thermodynamics of the hydrophobic effect. III. Condensation and aggregation of alkanes, alcohols, and alkylamines. – *Biophys. Chem.* 93, 67–82;
6. Matulis D., Bloomfield V. (2001) Thermodynamics of the hydrophobic effect. II. Calorimetric measurement of enthalpy, entropy, and heat capacity of aggregation of alkylamines and long aliphatic chains. – *Biophys. Chem.* 93, 53–65;
7. Matulis D., Bloomfield V. (2001) Thermodynamics of the hydrophobic effect. I. Coupling of aggregation and pKa shifts in solutions of aliphatic amines. – *Biophys. Chem.* 93, 37–51.

## Saulius SERVA

Mokslo Tyrimų Centras, UAB „Fermentas“  
Graičiūno g. 8, Vilnius, LT-02241  
serva@ibt.lt

### Išsilavinimas

- Podaktarinės studijos. Kentukio Universitetas, Leksingtonas, Kentukis, JAV. 2003 balandis – 2005 rugpjūtis. Molekuliniai augalų virusų veiklos aspektai. Vadovas dr. Peter D. Nagy;
- Doktoratas (Ph.D.). Fiziniai mokslai, biochemija (P310). Biotechnologijos Institutas, Vilnius, Lietuva. 1995 balandis – 1999 kovas. Disertacija: “Citozino metiltransferazės HhaI sąlygotų DNR konformacijos pokyčių tyrimas“. Vadovas – habil. dr. S. Klimašauskas;
- Stažuotės Makso Planko Molekulinės Fiziologijos Institute, Dortmundas, Vokietija. 1996–1999. Vadovai – habil. dr. S. Klimašauskas ir dr. Elmar Weinhold;
- Magistro studijos. Biochemija, diplomas su pagyrimu. Chemijos fakultetas, Vilniaus Universitetas, Vilnius, Lietuva. 1987 rugsėjis – 1993 birželis. Diplominis darbas: „Lsp1109I Restrikcijos-Modifikacijos sistemos klonavimas“. Darbo vadovas – dr. A. Lubys.

### Pareigos, darbovietės

- Vyresnysis mokslo darbuotojas, UAB „Fermentas“, Lietuva, 2005 – dabar;
- Podaktarinės studijos, Kentukio Universitetas, JAV, 2003–2005;
- Mokslo darbuotojas, Biotechnologijos Institutas, Lietuva, 1999–2003;
- Doktorantas, Biotechnologijos Institutas, Lietuva, 1995–1999;
- Asistentas, Biotechnologijos Institutas, Lietuva, 1993–1995.

### Apdovanojimai

- Lietuvos Mokslų Akademijos Jaunųjų Mokslininkų premija, Vilnius, 1999;
- Trečia vieta Pirmojoje Lietuvos Jaunųjų Biochemikų ir Molekulinių Biologų Konferencijoje, Vilnius, 1996;
- Trečia vieta Lietuvos mokyklų chemijos olimpiadoje, 1986;
- Antra vieta Lietuvos mokyklų chemijos olimpiadoje, 1985.

### Visuomeninė veikla

- Lietuvos Biochemikų Draugija, valdybos narys;
- Lietuvos Genetikų Draugija;
- Užsienio lietuvių mokslo forumo narys.

### Naujausios mokslinės publikacijos

1. Serva S., Nagy P. D. (2006) Proteomics analysis of the Tombusvirus replicase: Hsp70 molecular chaperone is associated with the replicase and enhances viral RNA replication. – *J. Virol.* 80(5), 2162–2169;
2. Panaviene Z., Panavas T., Serva S., Nagy P. D. (2004) Purification of the cucumber necrosis virus replicase from yeast cells: role of coexpressed viral RNA in stimulation of replicase activity. – *J. Virol.* 78(15), 8254–8263;
3. Daujotyte D., Serva S., Vilkaitis G., Merkiene E., Venclovas C., Klimasauskas S. (2004) HhaI methyltransferase Uses the Protruding Gln237 for Active Flipping of its Target Cytosine. – *Structure* 12(6), 1047–1055;
4. Vilkaitis G., Merkiene E., Serva S., Weinhold E., Klimasauskas S. (2001) The mechanism of DNA cytosine-5 methylation: Kinetic and mutational dissection of HhaI methyltransferase. – *J. Biol. Chem.* 276(24), 20924–20934.

## Dalius MISIŪNAS

Projektų direktorius, UAB „Sweco BKG LSPI“  
Goštauto g. 11, Vilnius, LT-01108  
dalius.misiunas@gmail.com

### Išsilavinimas

- 1996–2000 Elektros inžinerijos Bakalauro laipsnis, Kauno technologijos universitetas;
- 2001–2005 Technologijos mokslų daktaro laipsnis, Lundo universitetas, Švedija;
- Disertacija „Avarių monitoringas ir vamzdynų būklės nustatymas vandens tiekimo sistemose“.

### Pareigos, darbovietės

- Mokslinis bendradarbis, Lundo universitetas, Švedija, 2000.11–2001.05;
- Doktorantas, Lundo universitetas, Švedija, 2001.05–2005.12;
- Lektorius, Lundo universitetas, Švedija, 2005.12–2006.04;
- Projektų vadovas, UAB „Sweco BKG“, 2006.04–2007.10;
- Direktorius pavaduotojas planavimui, UAB „Lietuvos statybų projektavimo institutas“, 2007.07 – 2007.10;
- Projektų direktorius, UAB „Sweco BKG LSPI“, 2007.10 – dabar;
- Lektorius, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2007.10 – dabar.

### Apdovanojimai

- 2006 m. Färs & Frosta Sparbanksstiftelsen (Švedija) prizas už geriausių 2005 m. inžinerijos fakulteto daktaro disertaciją.

### Ekspertavimas

- Konkurso „LJMS (Lietuvos jaunųjų mokslininkų sąjungos) apdovanojimai už geriausias 2006 m. disertacijas“ vertintojas.

### Visuomeninė veikla

- Užsienio lietuvių mokslininkų forumo narys.

### Švietimas, pedagoginė veikla

- Lektorius, Švaresnė gamyba (cleaner production) kursas VGTU – 2007 ruduo;
- Lektorius / laboratorinių darbų vadovas, Automation, Industrial automation, Automation complex systems kursai Lundo universitete 2001–2006 m.

### Naujausios mokslinės publikacijos

1. Misiunas D., Lambert M. F., Simpson A. R., and Olsson, G. (2007) Condition Assessment of Water Transmission Pipelines Using Hydraulic Transients. – *Water Management*, Institution of Civil Engineers 160 (2), July 2007, 89–94;
2. Misiunas D., Vitkovsky J. P., Olsson G., Simpson A. R., Lambert M. F. (2006) Failure Monitoring in Water Distribution Networks. – *Water Science and Technology*, IWA 53(4–5), 503–511;
3. Misiunas D., Lambert M. F., Simpson A. R., Olsson G. (2005) Burst Detection and Location in Water Distribution Networks. – *Water Science and Technology: Water Supply*, IWA 5(3–4), 71–80;
4. Misiunas D., Vitkovsky J., Olsson G., Simpson A., Lambert M. (2005) Pipeline burst detection and location using the continuous monitoring of pressure transients. – *Journal for Water Resources Planning and Management*, ASCE 131(4), 316–325;
5. Lee P.J., Simpson A.R., Lambert M.F., Vitkovskz J.P., Misiunas D. (2007) Leak location in pipelines using transient reflection. – *Australian Journal of Water Resources* 11(1), 53–66.

## Ramūnas VALIOKAS

Vyresnysis mokslo darbuotojas, Funkcinių nanomedžiagų skyriaus vadovas, Fizikos institutas  
Savanorių pr. 231, Vilnius, LT-02300  
ramunas.valiokas@balticlabs.com

### Išsilavinimas

- Disertacija taikomosios fizikos ir paviršių fizikinės chemijos srityje, Linköping universitetas, Švedija, 2001;
- Vilniaus universiteto Fizikos (biofizikos) magistro laipsnis, 1996;
- Vilniaus universiteto Fizikos diplomas, 1993;
- Kybartų K. Donelaičio vidurinė mokykla, 1988.

### Pareigos, darbovietės

- Fizikos instituto vyresn. mokslo darbuotojas, Funkcinių nanomedžiagų skyriaus vadovas, 2004 – dabar;
- Frankfurt am Main universiteto Biochemijos instituto mokslo darbuotojas, Vokietija, 2003 – 2004.
- Linköping universiteto Fizikos, chemijos ir biologijos departamento mokslo darbuotojas, Švedija 2001–2003;
- Linköpingo universiteto doktorantas multidisciplininėje doktorantūros mokykloje Forum Scientium, Švedija, 1996–2001;
- Vilniaus universiteto Biochemijos ir biofizikos katedros asistentas, 1994–1995.

### Ekspertavimas

- Tikslinės nacionalinės Lisabonos strategijos įgyvendinimo programos įgyvendinimo mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros bei inovacijų grupės vadovo pavaduotojas mokslo klausimams (Ūkio ministerija);
- Lietuvos atstovas-ekspertas 7 Bendrosios programos Infrastruktūros komitete;
- Aukštojo mokslo tarybos narys (Švietimo ir mokslo ministerija);
- Žinių visuomenės tarybos prie Lietuvos Respublikos Prezidento narys;
- Recenzuoja publikacijas American Chemical Society ir kt. leidiniuose;
- SKVC užsakyму vertino biofizikos krypties programas, 2007m;
- Lietuvos VMSF ekspertas.

### Visuomeninė veikla

Koordinuoja neformalų Užsienio lietuvių mokslo forumą;  
Lietuvos fizikų draugijos valdybos narys;  
Pasaulio kybartiečių draugijos valdybos narys.

### Švietimas, pedagoginė veikla

Skaito kviestines paskaitas Vilniaus universiteto studentams, gimnazijų moksleiviams;  
Lietuvos spaudoje paskelbęs straipsnių mokslo populiarinimo, mokslo politikos temomis.

### Naujausios mokslinės publikacijos

1. Östblom M., Valiokas R., Konradsson P., Svensson S. C. T., Liedberg B., Garrett M., Allara D. L. (2006) Ice Nucleation and Phase Behavior on Oligo(ethylene glycol) and Hydroxyl Self-Assembled Monolayers: Simulations and Experiments. – *Journal of Physical Chemistry B* 110, 1830–1836;
2. Valiokas R., Vaitekoniš S., Klenkar G., Trinkunas G., and Liedberg B. (2006) Selective Recruitment of Membrane Protein Complexes onto Gold Substrates Patterned by Dip-Pen Nanolithography. – *Langmuir* 22, 3456–3460;
3. Valiokas R., Shi J., Östblom M., Björefors F., Konradsson P., Liedberg B. (2006) Structural and kinetic properties of laterally stabilized, oligo(ethylene glycol)-containing alkythiolates on gold: a modular approach. – *Biointerphases* 1, 22–34;
4. Klenkar G., Valiokas R., Lundström I., Piehler J., Tinazli A., Tampé R., Liedberg B. (2006) Piezo Dispensed Microarray of Multivalent Chelating Thiols for Dissecting Complex Protein–Protein Interactions. *Analytical Chemistry* 78, 3643–3650;
5. Valiokas R., Klenkar G., Liedberg B., Tinazli A., Tampé R., Piehler J. (2006) Differential protein assembly on micropatterned surfaces with tailored molecular and surface multivalency. *ChemBiochem.* 7, 1325–1329.

**MODERNIOS BIOTECHNOLOGIJOS SAUGAUS NAUDOJIMO IR VYSTYMO PERSPEKTYVOS LIETUVOJE**  
Leonas Grinius, Daumantas Matulis, Saulius Serva, Dalius Misiūnas, Ramūnas Valiokas

Vertėja ir lietuvių kalbos redaktorė Giedrė Ieva Šipailaitė  
Viršelio dizainerė Evelina Yurgina

2007-11-22. 70×100/16. 6,45 sąlyg. sp. l. Tiražas 650 egz.  
Išleido UAB „Infrastras“, Papilėnų g. 7-22, LT-06224 Vilnius  
Spausdino UAB „Petro ofsetas“, Žalgirio g. 90, LT-09303 Vilnius