

OTE SYKE:n asiantuntijalausunnosta geenitekniikan lautakunnalle 17.5.2005

Suomen ympäristökeskuksen kanta

Suomen ympäristökeskus ei näe aihetta muuttaa aiemmassa lausunnossaan esittämää kantaansa yleisön kommenttien perusteella. Perustelut on esitetty tämän lausunnon liitteessä 1.

Yksikönpäällikkö

Kaija Kallio-Mannila

Ylitarkastaja

Kirsi Törmäkangas

Liite 1: Perustelut Suomen ympäristökeskuksen lausuntoon ilmoituksesta 1/MB/05 lähetetyistä yleisön kommentteista

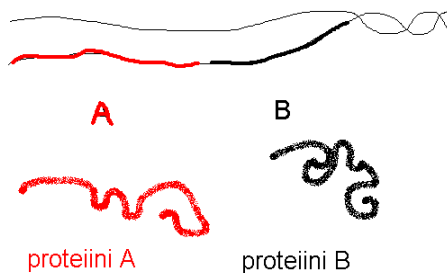
[Suomen luonnonsuojeluliiton (SLL) kommentit on merkitty *kursiivilla* ja SYKE:n vastaukset niihin on merkitty **lihavoinnilla** ja **sinisellä fontilla**]

Suomen luonnonsuojeluliiton kommentit:

[SYKE:] **Suomen luonnonsuojeluliitto katsoo, että geenitekniikan käyttäminen perustuu vanhentuneeseen tietoon:**

[SLL:] *"Aiemmin uskottiin, että yksi geeni tuottaa vain ja ainoastaan yhden ominaisuuden. Ihmisellä on kuitenkin noin 100.000 geenituotetta eli proteiinia, genejä on vain 25.000. Yksi geeni tuottaa monia eri tuotteita yhteisvaikutuksessa muiden kanssa.*

vanha käsitys: yksi geeni, yksi tuote

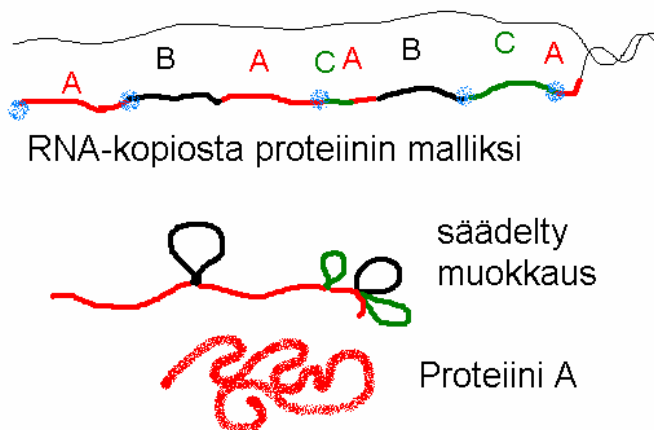


Nykytiedon mukaan aiotumallisilla eli kasveilla ja eläimillä geenit sijaitsevat DNA:ssa pätkinä, joiden väliin jää introneita eli koodautumattomia alueita. "Näiden koko merkitystä ei tunneta. Ainakin osa näistä alueista osallistuu geenien ilmenemisen säätelyyn, eli siihen kuinka usein ja missä elimistön soluissa geenit toimivat."

[SYKE:] **Introneiden, joiden olemassaolo on toki tiedetty jo kauan, merkityksestä eräiden geenien säätelyssä on todellakin saatu viime vuosina uutta tietoa, joka kuitenkin koskee eläin- soluja. Tärkein geenin ilmentymistä säätelevä tekijä näyttää edelleenkin olevan sen aloitus- jakso eli promoottori. Geenin ilmenemispaikan ja ajankohdan ohella on useimmiten tärkeää tietää myös missä, milloin ja missä muodossa geenin tuote toimii, sillä proteiineja tai lähetti- RNA:ta saatetaan mm. kuljettaa tai erittää, aktivoida tai inaktivoida, sekä hajottaa eri nope-**

uksilla eri soluissa ja solukoissa. Nämä asiat tulee selvittää perustutkimuksella ennen kenttäkokeita, jos ne ovat riskinarvioinnin kannalta kriittisiä. Kyseisen GM-koivun tapauksessa geenin ilmenemisaika, -aika ja -tapa on selvitetty riittävän kattavasti laboratorikokeissa.

[SLL:] "Eri geenien pätkät sijaitsevat DNA:ssa toisensa lomissa (esim. yliopistollinen genetiikan oppikirja *Genes VIII*, Lewin 2004). Kun geeniä luetaan proteiinin tuottamiseksi, syntyvästä RNA:ta poistetaan ne kohdat, joita ei tarvita (siis ne edellä mainitut intronit). Geenin DNA:ta siis muokataan säädellysti. Tämän RNA:n muokkaustoiminnan ansiosta sama geeni voi tuottaa useita eri proteiineja, enimmillään jopa kymmeniä tuhansia eri versioita. Esimerkiksi hiivalla yksi geeni toimii yhteistyössä 3-8 muun geenin kanssa (Hartman et al. 2001). Geenitekniikassa luoduissa synteettisissä siirtogeeneissä ei ole normaaleihin geeneihin kuuluvia välialueita eli introneita, eikä muiden geenien osia, joten ne muistuttavat rakenteeltaan viruksia.



Siirtogeeneisiin eliöihin lisätään uusi synteettinen geeni väkivaltaisesti ampumalla tai hyödyntämällä viruksia. Uuden keinotekoisin geenin liittymiskohtaa ei voida määrätä, eikä nykytietämyksellä edes voida määrittellä kohtaa, joka olisi harmiton kohdealue geenin siirrolle (Lewin 2004, Snow et al. 2005). Liittyessään uusi geeni sotkee aikaisemman järjestyksen, ja vaikuttaa näin RNA:n ja proteiinien synteisiin niitä häiriten, ja aiheuttaen ennakoimattomia muutoksia kasvin aineenvaihdunnassa. (Lewin 2004, Snow et al. 2005)."

[SYKE:] Suomen luonnonsuojeluliiton lausunnossa on tällä kohdin huomattava määrä virheellisyyksiä ja väärinkäsityksiä. Myös artikkeleiden siteerauksessa on otettu suuria tulkintavapauksia, erityisesti viitattaessa Lewiniin (2004). On kuitenkin totta, että muuntogeenin liittymiskohdalla voi olla merkitystä. Näin on, jos siirtogeeni osuu toimivaan geeniin, joka on aktiivinen tärkeissä solukoissa ja ainoa toimiva alleeli (= geenin vaihtoehtoinen muoto tietyssä kromosomin kohdassa) tiettyä solulle tärkeää tehtävää suorittamaan. Kyseinen tilanne olisi kuitenkin eliön kannalta hyvin riskialtis, koska tällaisen geenin mutatoituminen millä tahansa tavalla olisi eliölle kohtalokasta. Siksi eliöille onkin kehittynyt useita suojamekanismeja estämään insertiomutaatioiden haittoja. Kasveilla koodaavien alueiden osuus koko genomista on hyvin pieni, mikä alentaa toimivaan geeniin insertoitumisen todennäköisyyttä (tämä estää myös kasvin omien liikkuvien geneettisten elementtien, transposonien, insertoitumisen mahdollisia haittavaikutuksia). Haitan todennäköisyyttä alentaa myös redundanssi eli toisto (geenit ovat usein genomissa useina kopioina), jolloin yhden geenin vioittuminen ei ole kohtalokasta. Lisäksi kasvigenomit ovat usein polyploideja (kromosomisto ei ole niissä vain kaksinkertaisena vaan useampana kerrannaisena), jolloin yhden alleelin toimintakyvyttömyys ei ole yleensä haitallista. Geenissä tapahtunut muutos ei myöskään välttämättä johda viallisen geenituotteen syntymiseen. Jos geeni liittyy toimivan geenin keskelle, viallinen lähetti-RNA tavallisesti hajotetaan solussa (nonsense-välitteinen hajotus). Tällöin ennakoimaton muutos johtuu lähetti-RNA:n puuttumisesta, ei sen rakenteen muuttumisesta. Mekanismi on osa solun normaalia laadunvalvontakontrollia.

[SLL:] *"Geeninsiirron seuraukset ovat yllättäviä, eivätkä kaikki jälkeläiset suinkaan ole samanlaisia, vaikka niissä onkin uusi geeni (Bregitzer et al. 1998). Tuloksena voi olla uusien, jopa myrkyllisten aineiden syntymistä (Mayeno & Gleich 1994, Gahakwa 1999). Myrkyasiantuntijat kehittävät näiden aineiden löytämiseen vaadittavaa tekniikkaa myös Suomessa (Cellini et al. 2004). Esimerkiksi tupakkaan siirretty hemoglobiinigeeni sai aikaan nikotiinin tuotannossa 34% lisäyksen (Holmberg 1997)."*

[SYKE:] **Mayenon ja Gleichin (1994) artikkeli viittaa tapaukseen, jossa japanilaisyhtiön myymä ravintolisäaine, L-tryptofaani, aiheutti 37 ihmisen kuoleman. Tämä tapahtui sen jälkeen, kun yhtiö oli tuotantoprosessissaan siirtynyt käyttämään uutta muuntogeenistä tuotantokantaa, johon oli neljän aiemman geenimuuntamisen jälkeen tehty viides muutos. Tutkimuksissa jäi epäselväksi, mikä oli aiheuttanut kuolemantapaukset, mutta epäiltiin, että kyseessä oli fermentaatioprosessissa syntynyt epäpuhtaus. Uuden GMO-tuotantokannan käyttöönoton lisäksi fermentaatioprosessissa oli kuitenkin tehty myös muita muutoksia, kuten vähennetty L-tryptofaanin puhdistusprosessissa käytettävää aktiivihilimäärää, joten todellista syytä ei valitettavasti pystytty jäljittämään.**

Gahakwa-viite on virheellinen tai väärässä paikassa, sillä artikkeli ei viittaa myrkyllisten aineiden syntymiseen. Artikkelin mukaan siirretyt geenit ovat stabiileja riisissä ja suurimmassa osassa riippumattomista geeninsiirroista genomiin integroituu vain yksi geeni. Artikkelissä kylläkin viitataan mm. Bt-toksiinin, kystatiinien, ja proteinaasi-inhibiittorien tuottamiseen kasveissa. Nämä yhdisteet ovat haitallisia eräille eliöille, ja niiden tuottamisella kasveissa on pyritty vaikuttamaan kasvien tuhohyönteis- tai taudinkestävyyteen.

[SLL:] *"Geeninsiirto-menetelmän epätarkkuudesta kertoo se, että geenin siirrosta kulkeutuu mukana DNA:ta, jonka alkuperää ei tiedetä (Smith, Kilpatrick & Whitelam 2001)."*

[SYKE:] **Geeninsiirron yhteydessä on todellakin havaittu, että siirtogeenin integroituminen on harvoin täysin täsmällistä. Ylimääräisellä geeniaineksella on merkitystä, jos se koodaa jotakin haitallista geenituotetta. Tämän varmistamiseksi ravinnoksi ja rehuksi käytettäviä tuotteita hyväksyttäessä edellytetään selvitystä siitä, ettei siirtogeenin integroitua synny uusia geenituotteita ja etteivät mahdolliset ylimääräiset DNA-jaksot ole sukua tunnetuille toksineille tai allergeeneille. Lisäksi varmistetaan, ettei muuntogeeni ole integroitua osunut koodaavalle alueelle ja inaktivoitunut mahdollisesti toimivaa geeniä.**

[SLL:] *"Siirtogeenin vaimentaminen on yleistä, eli jonkin ajan kuluttua siirretty geeni lakkaa toimimasta, vaikka se pysyykin kasvin soluissa."*

[SYKE:] **Siirtogeenin vaimentumista tapahtuu silloin, kun siirtogeeni on integroitunut kasvin genomiin useampana kuin yhtenä kopiona tai kun geeni ei ole integroitunut tumagenomiin. Siksi muuntogeenisten kasvien kohdalla varmistetaan rutiinomaisesti geenin kopioluku ja sijainti genomissa. Tämä tapahtuu yleensä käyttämällä menetelmänä joko Southern-hybridisaatiota tai polymeerasiketjureaktiota (PCR).**

[SLL:] *"Muuntogeenisen kasvin tuottamiseen liittyy lisäksi kasvatus solukkoviljelmänä, ja tämä aktivoi kasvin perimässä olevat liikkuvat elementit eli retrotransposonit (Courtial et al. 2001), mikä lisää kasvin ominaisuuksissa ilmenevää muuntelua. Tämän vuoksi voidaan perustellusti sanoa, että geeninsiirto ei ole täsmäjalostusta."*

[SYKE:] **Solukkoviljelyvaiheen vaikutukset pätevät kaikkeen mikrolisättyyn kasvimateriaaliin, ei ainoastaan muuntogeeniseen. Yllä mainittuja muutoksia tapahtuu siis myös markkinoilla olevissa mikrolisätyissä ravinto- ja koristekasveissa, mutta ilmiötä ei ole pidetty erityi-**

sen haitallisena, ellei se liity kasvien käyttöominaisuuksiin. On myös muistettava, että transposonit aktivoituvat usein risteytysjalostuksessakin eri genotyyppien yhdistyessä. Muuntelu kasvin ominaisuuksissa on sen itsensä kannalta evolutiivisesti hyödyllistä, sillä se on perustana sopeutumisessa uusiin olosuhteisiin. Lajin ominaisuuksissa ilmenevä muuntelu on myös perinteisen risteytysjalostuksen perusta, mutta ihmisen näkökulmasta jalostuksen lopputuotteen tulee toki olla ominaisuuksiltaan mahdollisimman stabiili.

Suomen luonnonsuojeluliitto esittää huolensa myös siitä, että geneettinen muuntamisen seurauksena kasvi pyrkkii puolustautumaan:

[SLL:] *"Geeninsiirrossa hyödynnetään esim. aitosyöpä-kasvitautilia aiheuttavaa agrobacterium-virusta. Kasvissa tämä aiheuttaa puolustusreaktion. Kasvikunnan puolustusproteiinit ovat myös allergeenejä (Breiteneder & Ebner 2001), jolloin allergiaa aiheuttavien aineiden pitoisuudet nousevat (Kimber 2002, Bernstein 2003). Kasvin puolustusaineet ovat karvaita ja pahanmakuisia. Jos tällainen muutos tapahtuisi laajalti Suomen koivuissa, sen vaikutus kaikkiin Suomen koivuista riippuvaisiin lajeihin voisi olla vakava. Kasvit erittävät valkuaisaineitaan myös ilmaan (Kesselmeier & Staudt 1999), joten vaikutuksen kohteeksi voi joutua, vaikka ei koivua ravintonaan käyttäisikään.*

[SYKE:] **Normaalisti kasvipatogeenit bakteerit, virukset ja sienet aiheuttavat kasvissa puolustusreaktion, johon liittyy tiettyjen puolustusproteiinien synteesi. Villit agrobakteerikannat (jotka eivät ole viruksia vaan maaperäbakteereja) aiheuttavat lisäksi soluissa tiettyjen solunjakautumista edistävien kasvihormonien tuoton, mikä aiheuttaa kasvin varsiin kasvaimia tai runsaan juurtenmuodostumisen ja edistää bakteerin selviytymistä. Tämä on siis tilanne villityyppisten agrobakteerien kohdalla, mutta kasvien geeninsiirrossa käytetään vain "kesytetyjä" ei-patogeenisia laboratorioskantoja, joista kyseiset tautia aiheuttavat ominaisuudet on poistettu.**

Eräät kasvien puolustusproteiinien ominaisuudet tekevät niistä varmasti keskimääräistä todennäköisempiä allergeeneja. Useat puolustusproteiinit eritetään solun tai kasvin ulkopuolelle tai pinnalle, missä ne parhaiten pystyvät vaikuttamaan tunkeilijaan. Lisäksi ne ovat rakenteeltaan varsin stabiileja.

Monet kasvin puolustusaineet, kuten alkaloidit, ovat varsin karvaita ja pahanmakuisia, koska niiden karvaan maun tarkoituksena on estää herbivoreja syömästä kasveja. Siksi eräs klassisenkin metsänjalostuksen tavoitteista on ollut kehittää valintajalostuksella puita, jotka karvaan makunsa ansiosta eivät maistuisi hirville, myyrille ja jäniseläimille taimivaiheessa (samaa päämäärään on pyritty myös ruiskutettavilla karkotteilla). Geeninsiirrot agrobakteerilla eivät sinänsä laukaise puolustusreaktiota. Puolustusreaktio on joka tapauksessa ohimenevä eikä muuntogeenisessä kasvissa enää ole geeninsiirtoon käytettävää agrobakteeria, joten ei ole aihetta olettaa, että kyseisissä muuntogeenisissä koivuissa syntyisi normaalia enemmän puolustusaineita, ellei kyseessä ole nk. odottamaton vaikutus. Puolustusaineiden mahdollista odottamatonta lisääntymistä pyritään kuitenkin selvittämään esitetystä kenttäkokeesta syöttökokeilla, joissa käytetään hyönteistoukkia. Koealueen aitaaminen estää tekemästä havaintoja koivujen houkuttelevuudesta hirville ja jäniseläimille. Koska kokeessa koivujen suvullinen lisääntyminen on estetty, puolustusaineiden lisääntymisen tai vähentymisen mahdollisetkin vaikutukset jäisivät paikallisiksi.

Kasvien ilmaan erittämät yhdisteet ovat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (eli VOCEja; rakenteeltaan ne ovat aromaattisia hiilivetyjä), joista Kesselmeierin ja Staudtin (1999) artikkeli kertoo. Tällaisia ovat mm. kasvien erittämät eteeriset öljyt, joita on esim. kukkien ja lehtien tuoksuaineissa (vaikkapa jasmiinin, männyn tai mintun tuoksu). Eräät VOC:t ovat osallisena kasvien puolustusreaktioissa toimien ikään kuin kasvien välisinä kommunikaatiomolekyyleinä.

Suomen luonnonsuojeluliiton mukaan muuntogeenit ovat virusmaisia ja kykenevät siirtymään eliöstä toiseen:

[SLL:] *"Siirtogeenitekniikkaa vakuutellaan turvalliseksi, mutta turvallisuustestit ovat geenitekniikkaa kehittävien yhtiöiden tekemiä, joten yksityiskohdat ovat liikesalaisuuksia, eikä niitä ole julkaistu tieteellisen yhteisön arvioitaviksi. Tieteelliset julkaisut kertovat esimerkkejä siitä, että varovaisuuteen on syytä. Geenimuunnellusta kasvista siirtyy gm-ainesta maaperään ja sen bakteereihin (Nielsen et al. 2001) erittymällä juurista ja siitepölyn kautta (DeVries et al. 2003, Saxena et al. 2004) ja muuntogeeni säilyy maassa neljä vuotta (DeVries et al. 2003), Saksassa yli talven (Meier 2003). Gm-aines kestää kompostoinnin (Guan 2004)."*

[SYKE:] **Muuntogeenisiä organismeja koskeva sääntely ei edellytä, että toiminnanharjoittaja teettäisi turvallisuustestit ulkopuolisella taholla, vaan toiminnanharjoittaja voi tehdä ne myös itse. Käytännössä lupahakemuksissa esitetyt tutkimustulokset ovat olleet joko toiminnanharjoittajan itsensä, ulkopuolisen yrityksen tai riippumattoman tutkimuslaitoksen tekemiä. Jos tuloksilla on ollut yleisempää tieteellistä arvoa tai mielenkiintoa, ne on julkaistu referoiduissa tieteellisissä julkaisuissa, mutta kaikilla tuloksilla tällaista uutuusarvoa ei luonnollisesti ole. Sekä tieteellisissä julkaisuissa että hakemuksissa on kuvattava tutkimusmenetelmät, mutta koko tutkimusaineiston kuvaamisen tarkkuus on tapauskohtaista.**

Muuntogeenisen kasvimateriaalin hajotessa maaperässä ja siitepölyn laskeutuessa maahan kasvisolujen sisältämä DNA joutuu maaperään. Siellä sekä muuntogeeninen että muuntamaton DNA-aines voi siirtyä maaperäbakteereihin alhaisella frekvenssillä. Horisontaalisen geeninsiirron todennäköisyys ei ole suurempi muuntogeenisellä DNA:lla kuin muuntamattomallakaan. Horisontaalisen geeninsiirtymisen havainnointi ilmiönä on mahdollistunut vasta geenitekniikan myötä, kun apuna on voitu käyttää keinotekoisia merkkigeenejä. Guanin (2004) artikkelissa on osoitettu, että muuntogeeninen *Pseudomonas*-bakteeri selviää kompostoinnissa - ei siis sen GM-DNA. Bakteerit ovat oleellinen osa kompostin mikrobilajistoa ja tärkeitä hajottajia, joten tässä tapauksessa selviäminen oli odotettua ja päinvastainen tulos olisi ollut odottamaton.

[SLL:] *"Huolestuttavia ovat tiedot siitä, että syöttökokeessa hiirillä vierasta gm-DNA:ta on ruokailun jälkeen suolistobakteereissa, suolen soluissa, valkosoluissa, maksassa, sapessa ja munuaisissa. Aines kulkeutuu myös istukan läpi sikiöön. (Hohlweg et al. 2001). Jos hiiri itse on geenimuunneltu, gm-ainesta siirtyy hiirestä suolen bakteereihin, samoihin, jotka elävät myös ihmisen suollessa (Gruzza et al. 1994). Suoliston mikrobien kontaminoituminen on arveluttavaa, sillä suoliston mikrobien monimuotoisuus on yhteydessä esim. allergisoitumiseen (Kalliomäki et al. 2001). On myös julkaisuja siitä, että geenimuunnellun aineksen syöttäminen on tuottanut eläinkokeissa yllättäviä kuolemia ja suolistovaurioita, sekä häiriöitä immuunijärjestelmään (Fares & El-Sayed 1998, Taylor et al. 2003, Ewen & Pusztai 1999), joten asiantuntijat vaativat riippumattomia tutkimuksia turvallisuuden varmistamiseksi (Pryme & Lembcke 2003)."*

[SYKE:] **Suomen ympäristökeskus ei arvioi muuntogeenisten organismien terveysvaikutuksia. Arvioitaessa Joensuun kenttäkokeen ympäristövaikutuksia on huomioitava, että kyseiset koi-vulinjat eivät tuota toksisia yhdisteitä, ja mahdollisten odottamattomien vaikutusten riskiä pienentää se, että koivumateriaalille ruoansulatuskanavan kautta altistuvien nisäkkäiden määrä on hyvin pieni.**

Korjauksena todettakoon, että Hohlwegin ja Doerflerin (2001) artikkelissa hiirille ei syötetty muuntogeenistä materiaalia vaan muuntamattoman soijan lehtiä. Taylorin (2003) artikkelissa todettiin taas, että eräs herbisidikestävä muuntogeeninen maissilinja oli ravitsemuksellisesti muuntamattoman kaltaista, kun sitä syötettiin broilereille.

Suomen luonnonsuojeluliitto esittää myös huolensa mahdollisuudesta että geenit siirtyvät eliöstä toiseen:

[SLL:] *"Geenien siirtoa on luonnossa tapahtunut kehityshistoriallisesti hyvinkin etäisten eliöiden välillä (Brown 2003). Esimerkiksi arkkibakteerien, klamydia-bakteerien ja kasvien viherhiukkasten välillä (Brinkman et al. 2002).*

Geenit ovat kulkeutuneet myös kasveista maaperäbakteereihin (DeVries et al. 2004), kasvien loisiin (Davis & Wurdack 2004), parasiittimatoihin (Bird et al. 2003) sekä kasvien kesken (Bergthorsson et al. 2003), kukkakasveista paljassiemeniisiin (Won & Renner 2003), bakteereista kasveihin (Won & Renner 2003), maaperäbakteerien välillä (Lorenz et al. 1991, Dröge et al. 1998, Wilson et al. 2003), bakteereista eläimiin (Penalva et al. 1990), banaanikärpäsestä sen punkkiin (Science 1991 253:1125-1129) ja ihmisen ihon bakteerien välillä (Dowson et al. 1990). On selvää, että näissä geeninsiirtymisissä geenien kuljettajana ei ole ollut siitepöly. Menetelmää ei tunneta, mutta tätä ilmiötä eli horisontaalista geenien siirtymistä on tutkittu vasta vähän aikaa. Sukulaisuus helpottaa geenien siirtymistä (Medrano-Soto et al. 2004, Brown et al. 2003), eli siirtyminen olisi helppoa esim. suomalaisten koivulajien välillä.

Muuntogeeninen DNA voi siis levitä ympäristöön siirtogeenisestä koivuviljelmästä."

[SYKE:] **Esitetyt viitteet ovat osittain virheellisiä (Brown et al. 2003) ja osittain ne liittyvät kasvien kehityshistorian evolutiivisiin prosesseihin eivätkä horisontaaliseen geeninsiirtoon siinä mielessä, kun lausunnossa tarkoitetaan. Se, että sukulaisuus edistää geenin siirtymistä, on relevantti kysymys, ja toiminnanharjoittaja on käsitellyt siirtymismahdollisuutta suomalaisiin koivulajeihin hakemuksensa riskinarvioinnissa. Riski on todettu pieneksi koivujen kukkimattomuuden takia, ja sitä on edelleen vähennetty riskinhallintatoimenpiteillä, joilla varmistetaan kukkimattomuus.**

Suomen luonnonsuojeluliitto korostaa mahdollisia ympäristövaikutuksia:

[SLL:] *"Geneettisesti muunnellun eliön ekosysteemivaikutus voi olla suuri ja yllättävä, kuten on todettu kasviyhdyksunnilla (Vacher et al.), gm-lohella (Devlinet al. 2004) ja japanilaisella medakalalla (Muir & Howard 1999), monarkkiperhosella (Jesse & Obrycki 2000), riisipellon niveljalkaisilla (Liu et al. 2003) ja juurten sienilajistolla (Gatch & Munkvold 2002). Esim. Amerikan ekologinen seura vaatii tiukkoja testejä ympäristövaikutusten selvittämiseksi. Ympäristölle aiheutuvia riskejä ovat mm. uusien hankalampien loisien, rikkakasvien ja taudinaiheuttajien kehittyminen, muulle eliöstölle aiheutuvat vahingot (maaeliöt, hyönteiset, linnut ja muut eläimet), haitalliset vaikutukset eliöyhteisöihin ja peruuttamattomat menetykset lajistossa tai sen biodiversiteetissä (Snow et al. 2005). Muuntogeenisen eliön eristäminen luonnosta ei ole mahdollista enää sen jälkeen kun se on laskettu vapauteen (Snow et al. 2005).*

[SYKE:] **Vacher et al. (2003) tutkivat, millaisessa tilanteessa hyönteiskestävyyttä koodaavan geenin siirtyminen luonnonpopulaatioon on todennäköisintä. He havaitsivat, että tärkein leviämistä suosiva tekijä oli hyönteisten aiheuttava valintapaine. Kun tuhohyönteisiä oli runsaasti, hyönteiskestävyysgeenin saaneet hybridit tuottivat kontrollikasveja enemmän siemeniä, mutta ilman hyönteisten tuomaa valintapainetta vähemmän. Tulos on hyvin looginen. Muuntogeenisilla kaloilla tehdyt populaatiogeneettiset tietokonesimulaatiot (Muir & Howard 1999), ja kokeet (Devlinet al. 2004) ovat antaneet viitteitä, että kasvu- tai lisääntymisetua aiheuttava muuntogeeni voi johtaa GM-kalan runsastumiseen populaatioissa (mikä ei ole yllättävää), mutta ravinnon vähentyessä koko populaatio voi yllättäen hävitä. Jesse et al. (2000) julkaisussa havaittiin viitteitä siihen, että Bt-toksiinia tuottavien maissien siitepöly vaikuttaisi kenttäoloissa haitallisesti maissipelloilla esiintyvän rikkakasvin, silkkiyrtin, lehdillä eläviin monarkkiperhosen toukkiin. Asiasta on kuitenkin saatu myöhemmin runsaasti tuoreempaa tietoa, joka ei vahvista tuloksia. Liu et al. (2003) viitteen relevanssia riskinarvioinnin kannalta**

emme valitettavasti pysty arvioimaan, koska kyseinen artikkeli ei ollut saatavissamme. Gatchin ja Munkvoldin (2002) artikkelissa tutkittiin hyönteiskestävän muuntogeenisen maissin tähkän (ei juurten) *Fusarium*-sieni-infektioita, joiden havaittiin olevan vähäisempiä kuin muuntamattomassa maississa. Tämä johtuu siitä, että kasvisolukoiden vahingoittuminen hyönteisvioletuksessa edesauttaa sieni-infektioiden alkamista ja leviämistä. *Fusarium*-sienen tuottamat toksiinit ovat hyvin myrkyllisiä, joten vaikka *Fusarium*-sienen kannalta kasvun estyminen on haitallista, vaikutus on edullinen maissia ravintonaan käyttäville eläimille ja ihmisille.

Edellä esitettyjen tutkimustulosten valossa Suomen ympäristökeskus ei katso tarpeelliseksi muuttaa Joensuun koivukokeen ympäristövaikutuksista antamaansa lausuntoa. Yhdymme kylläkin näkemykseen siitä, että muuntogeeninen DNA voi periaatteessa jäädä populaatioon pysyvästi, ja pidämme tärkeänä, että mahdolliset pitkäaikaisvaikutukset otetaan aina huomioon riskinarvioinnissa ja riskinhallintatoimenpiteissä.

[SLL:] *"Gm-pelloilla on alempi biodiversiteetti (Burke 2003). Geenimuunneltuja viljelykasveja syövät toukat eivät enää kelpaa sen luontaiselle pedolle (Hilbeck 2004), ja siitepölyä nauttivat ampiaiset kärsivät (Romeis 2003), joten gm-kasvit vaikuttavat koko ravintoketjuun. Biodiversiteettiin gm-koivuviljelmät vaikuttaisivat alentavasti, sillä ne ovat perimältään identtisiä klooneja."*

[SYKE:] **Muuntogeenisten organismien vaikutukset biodiversiteettiin ovat tapauskohtaisia. Laajoissa kenttäkokeissa on havaittu sekä biodiversiteetin vähenemistä että lisääntymistä GM-kasvista ja viljelymenetelmistä riippuen. Peltoekosysteemien biodiversiteettiä tutkittaessa tulee aina muistaa, että pellon eliölajisto on hyvin riippuvaista kulloinkin kasvatettavasta viljelykasvista ja käytetyistä viljelymenetelmistä, ja että myös perinteisessä viljelyssä käytettävät rikkakasvi- ja hyönteistorjunta-aineet vaikuttavat biodiversiteettiin. Joensuun koivukokeen kohdalla kyse ei ole hyönteis- tai herbisidikestävästä kasveista, joten kokeella ei oleteta olevan suoranaisia vaikutuksia biodiversiteettiin. Koska koela on varsin pieni ja koe nelivuotinen, mahdolliset vaikutukset ovat todennäköisimmin rajallisia ja palautuvia.**

Koska Joensuun kenttäkokeen koivut eivät ole hyönteiskestäviä (Hilbeck 2004) tai tuota haitallista lektiiniä (Romeis 2003; artikkelissa oli itse asiassa kyse simuloidusta kirvojen mesikasteesta, ei siitepölystä), katsomme että esitetyt viitteet eivät tuo kokeen kannalta uutta tietoa, jonka perusteella Suomen ympäristökeskuksen olisi syytä muuttaa aiempaa lausuntoaan.

[SLL:] *"Geneettisesti muunneltujen viljelykasvien vaikutukset viljelykäytäntöihin ovat olleet päinvastaiset kuin niiden piti olla, sillä USA:ssa hyönteismyrkköjen käyttö on gmo:en käyttöaikana lisääntynyt, eikä vähentynyt (Benbrook 2004)."*

[SYKE:] **Riskinarvioinnin perusteella ei ole syytä olettaa, että Joensuun kenttäkokeessa käytävät koivut olisivat muuntamattomia koivuja altuimpia hyönteistuhoilta. Toisaalta kokeessa pyritään myös selvittämään, onko hyönteisalittiutta syntynyt odottamattomasti. Kokeessa ei esitetä käytettävän hyönteismyrkkyjä, joten katsomme, etteivät niiden aiheuttamat välilliset ympäristövaikutukset ole relevantteja tässä tapauksessa.**

Suomen luonnonsuojeluliitto on huolissaan geneettisestä saastumisesta:

[SLL:] *"Geneettinen saastuminen tarkoittaa tilannetta, jossa vieras DNA liittyy alkuperäiseen eliöstöön, kuten on käynyt esim. Meksikon maatiaismaissille (Quist 2001). Vierasta DNA:ta ei voi siilata tai puhdistaa pois. Vieras DNA voidaan tuhota vain tuhoamalla kaikki sen saastuttamat eliöt. Siksi geneettinen saastuminen on peruuttamaton tilanne, ja sen riski on otettava vakavasti."*

[SYKE:] **Suomen ympäristökeskus yhtyy esitettyyn näkemykseen siitä, että muuntogeeninen DNA voi jäädä populaatioon pysyvästi, jos sen koodaama ominaisuus on kasville edullinen tai**

jos se on neutraali. Kasville itselleen haitallinen geeni tavallisesti vähenee tai katoaa populaatiosta. Kukkimattomuutta aiheuttavaan geeniin kohdistuu luonnossa erittäin suuri negatiivinen valintapaine, joten sen yleistyminen populaatiossa on erittäin epätodennäköistä. Joensuun kenttäkokeen tapauksessa myös riskinhallintatoimenpiteiden keskeinen tavoite on estää muuntogeenien leviäminen koivun luonnonpopulaatioihin.

Suomen luonnonsuojeluliitto korostaa koivun tärkeyttä Suomen luonnolle:

[SLL:] *"Suomessa koivu on elintärkeä ravintokohde monelle nisäkkäälle (hirvet, jänikset, peurat, hiiret ja myyrät), kanalinnuille (teeret, pyyt ja riekot) ja lukuisille pikkulinnuille: siemensyöjille kuten urpiaisille, vihervarpusille, peipolle, järripeipolle; tikoille, varsinkin valkoselkätikoille; hyönteissyöjille kuten kertuille, tiaisille, puukiipijöille, hippiaisille, kerttusille ja siepoille. Koivu on myös ehdoton ruokailukohde ravintoketjun alussa oleville hyönteisille kuten kirvoille, luteille, perhosille ja kovakuoriaisille. Muurahaisille ja hämähäkeille koivu on tärkeä ravinto- tai ruokailupaikka. Kasvualustana koivu on tärkeä sammalille, jäkälille ja naavoille, pesäpaikkana linnuille ja karikkeen tuottajana maaperälle ja sen eliöille eli koko metsän pohjalle.*

Koivun mykorsiasieniä on Suomessa paljon, herkullisimpina kantarelli ja koivunpunikkitatti. Näitä sieniä hajottavat sienisääsket ja kuoriaiset päätyvät edelleen muiden ravinnoksi. Myös koivun puuaineksen hajottajia on lukuisia, niin kääpiä, ruosteita kuin homeitakin.

Kokeen seurauksena altistuu valtava joukko luontomme eliöitä, koska koivu vaikuttaa lähes kaikissa suomalaisissa ravintoketjuissa."

[SYKE:] **Yhdymme Suomen luonnonsuojeluliiton kantaan siitä, että koivu on eräs Suomen luonnonympäristön avainlajeja, ja sillä on monenlaisia vuorovaikutuksia erilaisten eliöiden kanssa. Siksi esitetyssä kokeessa riskinhallintatoimien mitoittaminen riittäviksi on tärkeää. Katsomme, että vaikka kukkimattomuus rajoittaa mahdollisuuksia kyseisten muuntogeenien koivun leviämiseen ja risteytymiseen luonnonvaraisten koivujen kanssa, on myös varauduttava tilanteeseen, että ominaisuus ei jostain syystä olisikaan stabiili kenttäolosuhteissa. Kokeen aikana on kukintaa seurattava huolellisesti ja varmistettava, että mahdollisesti muodostuvat kukinnot ja kukkivat linjat poistetaan kokeesta. Myös koealueen jälkiseuranta on tärkeä osa koejärjestelyä.**

Suomen luonnonsuojeluliitto haluaa että kokeet tehdään suljetuissa tiloissa:

[SLL:] *"Jos halutaan todella tutkia vaikutukset näihin kaikkiin, kokeet on tehtävä suljetuissa keino-ekosysteemitiloissa, ei avoimissa aitauksissa altistaen koko ympäristö ja sen eliöt. Mallina voi käyttää Ilomantsin ilmastonmuutoskammioita. Suljetun kokeen jälkeen vaikutukset näkyvät selvinä ja koe on turvallinen ympäristölle."*

[SYKE:] **Ilmoituksessa kuvatuilla kukkimattomilla koivulinjoilla on tehty kokeita suljetuissa tiloissa kasvihuoneella. Usein muillakin kuin muuntogeenisillä organismeilla tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että kasvihuoneissa ja suljetuissa kammioissa tehtyjen kokeiden tulokset eivät vastaa kenttäolosuhteissa saatuja tuloksia, koska eri muuttujien yhteisvaikutusta ei keino-olosuhteissa pystytä simuloimaan. Tästä syystä on tarpeen harkita monipuolisesti tutkimusten koejärjestelyä myös saatavan tutkimuksellisen hyödyn kannalta ottaen huomioon pitkäkestoisen tutkimushankkeen suuret kustannukset ja resurssitarpeet. Geenitekniikan ympäristöriskien arvioinnin laadun ja luotettavuuden takaamiseksi on erittäin tärkeää, että Suomessa voidaan tehdä mahdollisuuksien mukaan omaa tutkimustyötä, jonka tulokset ovat paremmin sovellettavissa omiin ympäristöoloihimme verrattuna toisentyypisissä olosuhteissa toteutettuihin tutkimuksiin. Tutkimushankkeista aiheutuvien mahdollisten riskien tulisi**

olla rajoitettuja ja kontrolloitavissa riskinhallintatoimin, ja vähäisenkin riskin mahdollisuutta olisi aina syytä punnita saavutettavaan tutkimukselliseen hyötyyn nähden.

Suomen luonnonsuojeluliitto pitää koetta tarpeettomana ja riskialttiina:

[SLL:] *"Kasvien geneettinen muuntelu on maailmalla edelleen kokeellinen tekniikka. Geneettisesti muunneltuja viljelykasveja on laajemmassa viljelykäytössä vain kolmessa maailman maassa (USA, Kanada ja Argentiina). Koko maailman maatalousmaasta on gm-kasveilla viljeltynä vain 1,3% (FAO:n tilastoissa maatalousmaata 5,019 milj.ha, www.isaaa.org sivuilla gm-peltoja 67,7 milj.ha). Geneettisesti muunneltuja metsäpuita ei viljellä vielä missään, ja kenttäkokeitakin on vain muutama. Biotekninen mallipuu on poppeli (Hawkins et al. 2003), jota kasvatetaan laajalti Pohjois-Amerikassa, ja jonka genomi on pieni, vain 4 kertaa Arabidopsiksen genomia suurempi (Joint Genome Institute, Uumajan, Tukholman ja Iowan yliopistot). Koivun kasvatusta on pohjoismainen erikoisuus, joten mitään taloudellisia hyötyjä ei kokeesta ole näkyvissä."*

[SYKE:] **Suomen ympäristökeskus ei ympäristöriskien asiantuntijaviranomaisena arvioi muuntogeenisten kasvien tarpeellisuutta. On kuitenkin selvää, että muuntogeenisten kasvien kaupalliset viljelyalat ovat olleet eräissä maissa suuria jo varsin pitkään, eikä tekniikkaa kyseisten tuotteiden osalta voi enää pitää kokeellisena tai käyttöä pienimuotoisena. Muuntogeenisten kasvien viljelyala maailmassa on toistaiseksi kasvanut melkoista vauhtia, ja GM-kasvien tuottajamaita on kaikissa maanosissa. Tämä ei luonnollisestikaan koske muuntogeenisiä metsäpuita, joiden kaupallinen käyttö ei ole todennäköistä aivan lähitulevaisuudessa.**

[SLL:] *"Aitauksessa pellolla tehtävässä viljelyssä kasvit ovat vuorovaikutuksessa koko Pohjois-Karjalan ekosysteemin kanssa. Avoimessa kokeessa vaikutuksia ei voi seurata, sillä aitauksilla ei voida sulkea pois kiipeileviä pikkunisäkkäitä eikä lentäviä eläimiä. Tämä ei kokeen tekijöiden mukaan ole edes tarkoitus.*

Kenttäkokeen tarkoitus ei ole luoda Suomeen tai muualle maailmaan sopivia klooniviljelmiä. Kokeen tekijät ajattelevat altistavansa herkän kasvihuonekoivun villille luonnolle ja seuraavansa taimien selviytymistä. He eivät ajattele altistavansa Suomen luontoa alkeelliselle ja arvaamattomalle geenitekniikalle. Jos kokeesta karkaa yksikin siirtogeenijakso villiin koivuun, josta se sattumalta löydetään, menee Suomelta maine puhtaan puuston maana. Koivumetsien ja suomalaisen metsätalouden imago muuttuu. Puhtaus ja koskemattomuus on menetetty.

Suomalaisen metsätalouden kannalta on sama, aiheuttaako karannut geeni mitään vaaraa luonnolle, jos se aiheuttaa Keski-Euroopan ostajien katoamisen. Suomen metsätalous ei ole kiinnostunut biodiversiteettiä alentavista kloonipuuviljelmistä, ja käytössä olevat metsäsertifikaatit FFCS/PEFC ja FSC ovat sanoutuneet irti gm-puista."

[SYKE:] **Suomen ympäristökeskus ei arvioi GM-metsäpuiden kaupallisen käytön tarpeellisuutta tai suomalaisen metsätalouden imagokysymyksiä. Hakemuksessa kuvatulla GM-koi-vukokeella voidaan kuitenkin saada arvokasta ja uutta perustietoa muuntogeenisten koivujen käyttäytymisestä luonnon olosuhteissa ja niiden ympäristövaikutuksista. Kun koe toteutetaan esitetyllä tavalla, lyhyt- tai pitkäaikaisten haittavaikutusten riskit ympäristölle ovat vähäiset tai mitättömät.**

- - -

[Asiakirja on saatavissa netistä osoitteesta: www.geenit.fi/syke05.pdf]