

KASVIHUONEKURKUN
TUOTANTOKETJUN
YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA NIIDEN
VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikan suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
Syksy 2006
Anna Mikkola

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö on osa FOODCHAIN -hankekokonaisuutta, jossa on selvitetty suomalaisten elintarvikkeiden elinkaaren aikaisia ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia. Hankkeen päätoteuttajana on ollut Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Biotekniikka- ja elintarviketutkimusyksikkö.

Haluan kiittää erityisesti työni ohjaajaa MTT Biotekniikka- ja elintarvikeyksikön vanhempaa tutkijaa Juha-Matti Katajajuurta kaikista saamistani asiantuntevista ohjeista ja neuvoista. Haluan kiittää myös muita tutkimukseen osallistuneita henkilöitä: MTT Biotekniikka- ja elintarviketutkimusyksikön tutkijoita Pasi Voutilaista ja Kirsi Usvaa, Suomen ympäristökeskuksen vanhempi tutkija Juha Grönroosia, MTT Kasvintuotannontutkimuksen (Puutarhatuotanto) vanhempi tutkija Juha Näkkilää, tutkija Tiina Hovi-Pekkasta ja professori Risto Tahvosta sekä Kauppapuutarhaliiton vihannesviljelyn asiantuntija Tom Murmannia, kasvihuone-tekniikan asiantuntija Jukka Tuomista, toiminnanjohtaja Ismo Ojalaa ja ympäristöasioiden asiantuntija Hannu Äystöä. Erityiskiitokset kuuluvat lisäksi tutkimusta varten tietoja luovuttaneille puutarhayrityksille.

Lahdessa, lokakuussa 2006

Anna Mikkola

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

MIKKOLA, ANNA: Kasvihuonekurkun tuotantoketjun ympäristövaikutukset ja niiden vähentämismahdollisuudet

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 63 sivua, 4 liitesivua

Syksy 2006

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä sovellettiin elinkaariarviointia kasvihuonekurkun tuotantoketjun ympäristökuormitusten ja -vaikutusten selvittämiseen. Opinnäytetyö on osa FOODCHAIN II -hankekokonaisuutta, jonka päätoteuttajana oli Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen Biotekniikka- ja elintarviketutkimusyksikkö.

Tutkimuksessa kerättiin kaikki ympäristökuormitustiedot tärkeimpien raaka-aineiden ja polttoaineiden käytöstä sekä aiheutuneet päästöt ilmaan, veteen ja maahan. Toiminnalliseksi yksiköksi, jota kohden lopputulokset laskettiin, valittiin 1000 kg kurkkua. Tutkimuksessa vertailtiin kurkun kausiviljelyn, perinteisen viljelyn ja ympärivuotisen viljelyn ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia. Kausiviljelyssä viljelyaika on tyypillisesti noin 4 kuukautta, perinteisessä viljelyssä 8 kuukautta ja ympärivuotisessa viljelyssä 12 kuukautta vuodessa.

Kurkun elinkaaren aikaisia ilmastomuutosta voimistavia päästöjä syntyi eniten puutarhayritysten käyttämän sähkö- ja lämpöenergian tuotannosta. Energiaa käytetään erityisesti kasvihuoneiden lämmittämiseen ja ympärivuotisessa viljelyssä kurkkukasvustojen tekovalotukseen. Tutkimuksen perusteella ilmastomuutospotentiaali oli ympärivuotisessa viljelyssä kaksi kertaa suurempi kuin kausiviljelyssä ja noin 1,3 kertaa suurempi kuin perinteisessä viljelyssä. Syy tähän oli ympärivuotisen viljelyn suurempi kokonaisenergian käyttö tuotettua yksikköä kohti muihin tuotantotapoihin verrattuna.

Happamoitumista voimistavia päästöjä syntyi eniten perinteisessä viljelyssä. Perinteisen viljelyn suurempi happamoitumispotentiaali ympärivuotiseen verrattuna johtui perinteisen viljelyn suuremmasta lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden määrästä tuotettua 1000 kg kurkkua kohti sekä polttoainevalinnoista. Ympärivuotisessa viljelyssä kasvihuoneiden lämmitykseen ei tarvita polttoaineita yhtä paljon, sillä tekovalotukseen käytetty sähkö lämmittää huoneita osaltaan.

Kasvihuonekurkun elinkaaren aikaiset rehevöittävät päästöt aiheutuivat miltei kokonaisuudessaan ylikasteluvesien mukana ympäristöön kulkeutuvista lannoite-ravinteista.

Avainsanat: Elinkaariarviointi, ympäristövaikutus, kasvihuonekurkku

Lahti University of Applied Sciences
Degree Program of Environmental Technology

MIKKOLA, ANNA: Environmental impacts in production chain of greenhouse cucumber

Bachelor`s Thesis in Environmental Technology, 63 pages, 4 appendices

Autumn 2006

ABSTRACT

In this diploma work, Life Cycle Assessment was applied to assess the environmental load and impacts of greenhouse cucumber`s production chain. The diploma work is a part of FOODCHAIN II project, MTT Biotechnology and Food Research being its primary organizer.

The aim of this research was to gather all the information considering the environmental load, the consumption of the most important raw material and fuel, as well as the emissions in the air, water and ground. One thousand kilograms of cucumber was defined as a functional unit, proportioned to which the total load was calculated. In the research, comparisons were made between the environmental impacts of seasonal cultivation, traditional cultivation and all-year cultivation. Seasonal cultivation has usually the cultivation period of 4 months, traditional cultivation 8 months, and all-year cultivation 12 months per year.

The emissions increasing the rate of the climate change during the life cycle of cucumber were mostly due to production of electric and thermal energy used in greenhouses. Energy is used especially in heating the greenhouses and – in the case of all-year cultivation – artificial lighting of cucumber plantations. On grounds of the research, it can be said that when all-year cultivation was practised, the climate change potential per unit produced was two times higher compared to seasonal cultivation, and 1.3 times higher compared to traditional cultivation. This was due to the fact that the process of all-year cultivation had the highest utilization rate of energy per functional unit.

The production method that generated the most emissions accelerating the acidification, was traditional cultivation. The higher acidification potential of traditional cultivation compared to all-year cultivation resulted from the greater amount of fuel used in heating, as well as from the chosen fuel. As to all-year cultivation, there is not as much need for fuel heating the greenhouses, because the electric energy that is used in artificial lighting also warms up the greenhouses` interiors. The emissions during the life cycle of cucumber that caused eutrophication, originated almost totally from the fertilization nutrients that had drifted in the environment along with the waste irrigation water.

Key words: Life Cycle Assessment, environmental impact, greenhouse cucumber

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ELINKAARIARVIOINTI	3
	2.1 Menetelmän vaiheet	3
	2.2 Elinkaariarvioinnin käyttökohteet	7
3	KASVIHUONETUOTTEIDEN AIEMMAT ELINKAARITUTKIMUKSET	8
4	KASVIHUONEKURKUN VILJELY SUOMESSA	16
	4.1 Taimikasvatus	16
	4.2 Kurkun viljely	17
5	KASVIHUONEKURKUN ELINKAARIARVIOINTI	20
	5.1 Tutkimuksen tavoite	20
	5.2 Tutkimuksen soveltamisala	20
	5.2.1 Toiminnallinen yksikkö	20
	5.2.2 Tuotejärjestelmän rajaukset	21
	5.2.3 Rajoitukset ja sovellettavuus	22
	5.2.4 Allokoinnit	23
	5.3 Tiedon keruu	24
	5.3.1 Puutarhat	24
	5.3.2 Puutarhayritysrekisteri, Tike	24
	5.3.3 Kauppapuutarhaliitto	26
	5.3.4 Tuotantopanosten ja pakkausten valmistus	26
	5.3.5 Energian tuotanto	27
	5.3.6 Lannoitteiden käytön ja kasvijätteen kompostoinnin aiheuttamat päästöt	27
	5.4 Inventaarioanalyysin tulokset	29
	5.4.1 Primäärienergia	30
	5.4.2 Päästöt ilmaan	31
	5.4.3 Päästöt veteen	38
	5.4.4 Jätteet	39
	5.5 Vaikutusarvioinnin tulokset	39
	5.5.1 Ilmastonmuutos	40

5.5.2	Rehevöityminen	42
5.5.3	Happamoituminen	43
5.6	Tulosten tarkastelu	46
5.6.1	Inventaarioaineistoon liittyvät epävarmuudet	46
5.6.2	Parannustoimenpiteet ympäristökuormituksen vähentämiseksi kurkun viljelyssä	53
6	YHTEENVETO	56
	LÄHTEET	59
	LIITTEET	64

1 JOHDANTO

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Biotekniikka- ja elintarviketutkimuksessa käynnistyi vuonna 2005 Foodchain II -tutkimus, jonka osana toteutettiin kasvihuonekurkun elinkaariarviointi. Tutkimuksen tavoitteena oli kurkun tuotantoketjun ja sen eri osien ympäristövaikutuksiin liittyvän tietämyksen lisääminen, ketjun kuormittavimpien kohtien tunnistaminen sekä parannuskohtien etsintä. Tutkimus toteutettiin keräämällä viideltä suurehkolta kurkkua tuottavalta puutarhalta yksityiskohtaiset nykytilatiedot kurkun kasvatuksesta sekä arvioimalla niihin liittyviä parannusmahdollisuuksia. Lisäksi haluttiin verrata keskenään kurkun ympärivuotisen viljelyn, perinteisen viljelyn ja kausiviljelyn ympäristövaikutuksia. Vertailua varten saatiin lisäaineistoa Puutarhayritysrekisteristä (Tike) ja Kauppapuutarhaliitosta. Muita yhteistyötahoja tutkimuksessa olivat MTT Kasvintuotannon tutkimuksen Puutarhatuotanto ja Suomen ympäristökeskus (SYKE). Tutkimuksen päätoteuttajana toimi opinnäytetyön tekijä Anna Mikkola MTT:n ja Suomen ympäristökeskuksen tutkijoiden ohjauksessa. Kyseisten laitosten tutkijat tekivät joitakin kurkun elinkaaren osaselvityksiä.

Tutkimuksessa tarkasteltiin suomalaisen kasvihuonekurkun tuotannon koko elinkaaren aikaisia ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia, joiden arviointi perustui elinkaariarviointiin (Life Cycle Assessment, LCA). Selvityksessä kerättiin kaikki ympäristökuormitustiedot tärkeimpien raaka-aineiden, polttoaineiden ja luonnonvarojen käytöstä sekä aiheutuneet päästöt ilmaan, veteen ja maahan. Toiminnalliseksi yksiköksi, jota kohden lopputulokset laskettiin, valittiin 1000 kg kurkkua.

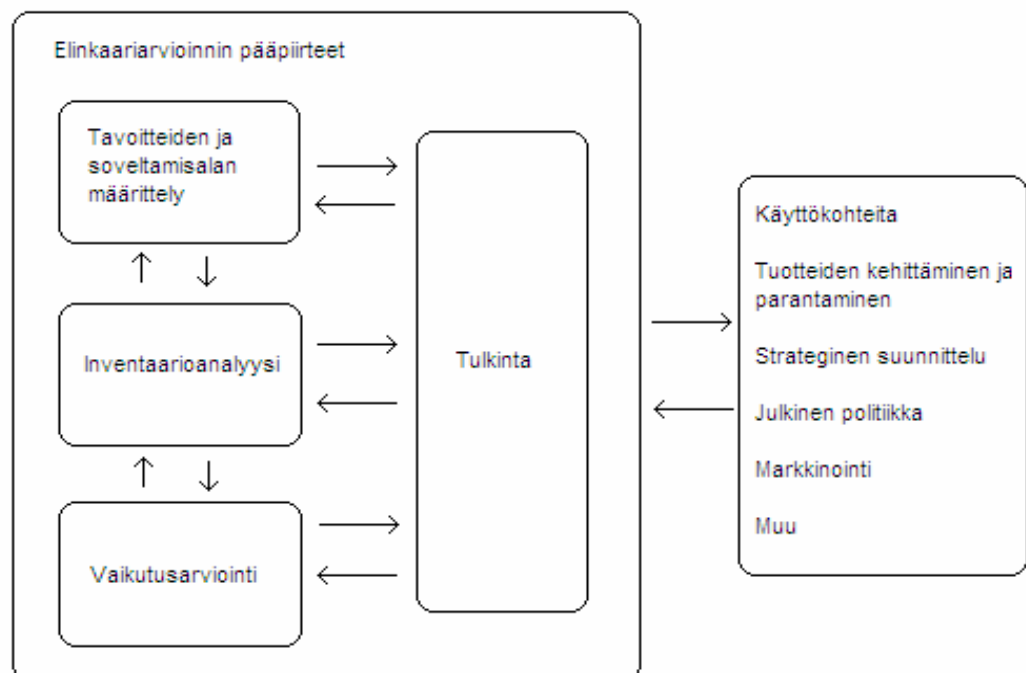
Tässä opinnäytetyössä kasvihuonekurkun elinkaariarviointi on toteutettu vertailemalla kasvihuonekurkun ympärivuotisen viljelyn, perinteisen viljelyn ja kausiviljelyn ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia. Selvitys käsittää kurkun koko elinkaaren lukuun ottamatta joidenkin tuotantopanosten valmistusta ja hankintaa sekä kurkkujen kuljetuksia kauppaan. Kurkkujen kuljetuksista aiheutuvat ympäristökuormitukset ja -vaikutukset sisältyvät syksyllä 2006 MTT:n raporttisarjassa jul-

kaistavaan osahankkeen loppuraporttiin. Loppuraportti käsittää lisäksi kahden ympärivuotisesti kurkkua tuottavan yrityksen tuotantotiedot, jotka eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön. Opinnäytetyön tulokset saattavat siten hieman poiketa loppuraportin tuloksista. Opinnäytetyössä alkuosassa käsitellään kirjallisuuden pohjalta elinkaariarviointia menetelmänä, ulkomailla tehtyjä kasvihuonevihannes-ten elinkaariarviointeja sekä kurkun tuotantoa Suomessa. Työn jälkimmäinen osa, luku 5, on varsinainen tutkimusosio, joka sisältää ISO 14040-standardin mukaisen kasvihuonekurkun elinkaariarvioinnin.

2 ELINKAARIARVIOINTI

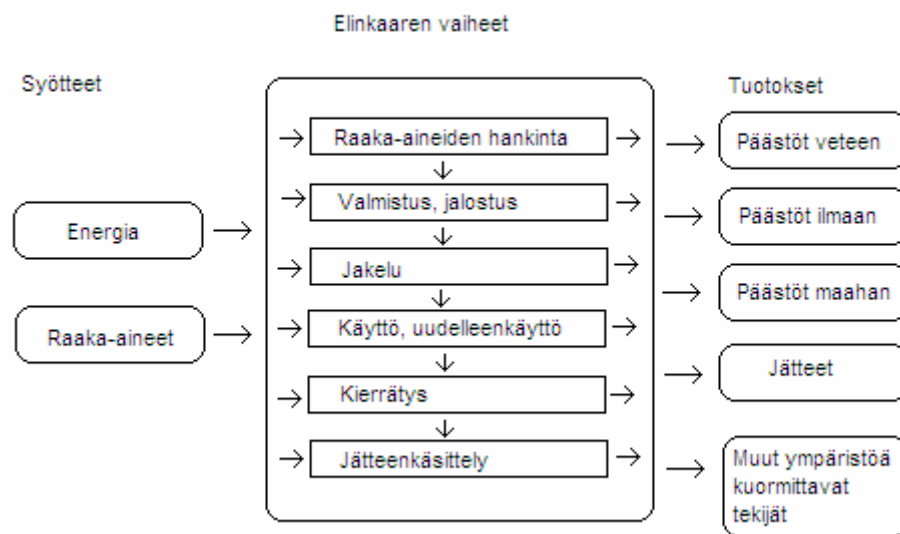
2.1 Menetelmän vaiheet

Elinkaariarvioinnin vaiheet ja perusvaatimukset määritellään tarkasti ISO 14040 -standardissa. Täydentävää lisätietoa löytyy standardeista ISO 14041, ISO 14042 ja ISO 14043. Standardin ohjeellisuuden seurauksena selvitysten uskottavuus ja vertailukelpoisuus paranevat. Menetelmä jakautuu neljään vaiheeseen, joista ensimmäinen on tavoitteiden ja sovellusalan määrittely. (Kuvio 1) Tavoitteiden ja sovellusalan määrittelyssä tehdään työn toteuttamisen kannalta merkittäviä rajauksia ja saadaan käsitys työn laajuudesta. Tarkoituksena on selvittää, mitä ollaan tekemässä, miksi ja kenelle. Työlle asetettujen vaatimusten ja tavoitteiden hahmottaminen on tärkeää, jotta pystytään mahdollisimman hyvin vastaamaan kohderyhmän tarpeisiin. Kohderyhmänä voi olla julkinen taho, organisaatio tai yksityinen yritys. (Loikkanen, Mälkki, Virtanen, Katajajuuri, Seppälä, Leivonen, & Reinikainen 1999, 21.)



Kuvio 1. Elinkaariarvioinnin vaiheet. (SFS_EN ISO 14040 1997, 12.)

Tavoitteiden asettamisen jälkeen selvityksen kohteena oleva tuotejärjestelmä määritellään ja rajataan. Tuotejärjestelmä eli systeemi on määritelty erilaisten materiaali- ja energiavirtojen yhteen liittämien operaatioiden kokoelmaksi, jotka suorittavat jonkin tietyn toiminnon. Tuotejärjestelmän ulkopuolelle rajattu ympäristö toimii systeemiin tulevien ja sieltä poislähtevien tuotteiden varastona. (Kuvio 2.) Systeemille määritellään myös toiminnallinen yksikkö, jota kohden inventaariovaiheen syöte- ja tuotostiedot lasketaan. (SFS_EN ISO 14040 1997, 14.)



Kuvio 2. Tuotejärjestelmän rajausta, syötteen ja tuotokset. (Loikkanen ym. 1999, 18.)

Tavoitteiden ja sovellusalan määrittelyä seuraa inventaarioanalyysi, jossa kerätään työn varsinaista havaintoaineistoa. Inventaariovaihe muodostaa työn perustan, sillä siinä selvitetään systeemin käyttämien syötteiden (raaka-aineet, energia) ja tuotosten (päästöt, jätteet) arvioidut määrät ja lasketaan ne toiminnallista yksikköä kohti. Saatujen tietojen perusteella voidaan jo tehdä tulosten tulkintaa ja johtopäätöksiä. Yksityiskohtaisessa elinkaariarvioinnissa inventaariotulokset toimivat lähtötietoina vaikutusarvioinnille. Tiedonkeruussa havaitaan usein uusia systeemiin liittyviä tieto- ja rajaustarpeita, jolloin tavoitteiden ja sovellusalan määrittelyä on syytä arvioida uudelleen. Prosesseissa, joissa tuotetaan useita tuotteita, materiaali- ja energiavirrat sekä niihin liittyvät ympäristövaikutukset on jaettava eli allokoitava eri tuotteisiin selvästi määriteltyjen menettelytapojen mukaan. (Loikkanen ym. 1999, 21.)

Inventaarioanalyysin tuloksena saadaan syöte- ja tuotostietoja, joiden perusteella ei vielä välttämättä pystytä tekemään riittäviä johtopäätöksiä tutkittavan tuotejärjestelmän ympäristövaikutuksista. Vaikutusarvioinnissa inventaariovaiheen tiedot jaetaan ympäristövaikutusluokkiin ja jokaiselle luokalle lasketaan yleisindikaattori. Vaikutusluokkia ovat mm. happamoituminen, rehevöityminen ja ilmastonmuutos. Inventaariotietojen mallintamista vaikutusluokkiin kutsutaan luonnehdinnaksi. Luonnehdinta- eli karakterisointivaiheessa arvioidaan syötteiden ja tuotosten vaikutukset kuhunkin ympäristövaikutusluokkaan karakterisoimiskertoimien avulla. Luonnehdinnan jälkeen saadut vaikutusluokan indikaattorin numeroarvot jaetaan jonkun maantieteellisen alueen vastaavilla luvuilla, jolloin alueelliset päästötiedot on oltava selvillä. Tällä normalisointimenettelyllä saadaan selvitettyä, missä vaikutusluokissa tarkasteltavat vaihtoehdot/järjestelmänosat aiheuttavat suhteellisesti suurimman vaikutuksen. Normalisointi on välttämätöntä, mikäli vaikutusluokat halutaan yhdistää yhdeksi indeksiluvuksi. Painokertoimien määrittäminen eri vaikutusluokille ja ympäristöongelmien tärkeysjärjestykseen laittaminen on riippuvaista tutkimuksen tekijän arvoista ja tutkimuksen tavoitteista. Suurimmat ongelmat vaikutusarvioinnissa liittyvätkin vaikutusluokkien keskinäiseen painottamiseen eli arvottamiseen. Standardit vaativat, että painotuksia ei saa käyttää vertailevissa selvityksissä. (Loikkanen ym. 1999, 22-24, SFS-EN ISO 14040 1997, 16.)

Vaikutusarvioinnissa huomioon otettavat ympäristövaikutusluokat liittyvät yleensä luonnonvarojen käyttöön, ihmisten terveyteen ja ekologisiin seurauksiin. Suomessa tehdyissä arvioinneissa on usein sivuutettu maankäyttöön, luonnon monimuotoisuuteen ja ekotoksisuuteen liittyvät vaikutukset, joiden huomioiminen elinkaariarvioinneissa ei ole vielä ollut mahdollista yhteisesti hyväksytyjen menetelmien puuttumisen vuoksi. Vaikutusten arvioinnissa käytetyt vaikutusluokat valitaan aina tapauskohtaisesti. Lähtökohtana on, että tutkittavan tuotejärjestelmän kannalta olennaiset ympäristövaikutukset otetaan tarkastelussa huomioon. (Loikkanen ym. 1999, 22.)

Taulukko 1. Esimerkki ympäristövaikutusluokista (Lindfors, Christiansen, Hoffman, Virtanen, Junttila, Hanssen, Roning, Ekvall & Finveden, 1995.)

Resurssien loppuunkäyttö	Energia ja materiaalit
	Vesi
	Maa
Vaikutukset ihmisten terveyteen	Myrkylliset vaikutukset
	Fyysiset vaikutukset
	Psyykkiset vaikutukset
	Biologisten organismien aiheuttamat sairaudet
Ekologiset vaikutukset	Ilmaston lämpeneminen
	Otsonikato
	Happamoituminen (maa, vesi)
	Rehevöityminen
	Valokemiallisten hapettimien muodostuminen
	Ekotoksiset vaikutukset
	Lajien muuntelu ja vaikutukset biodiversiteettiin
Lisäksi syötteet ja tuotokset, joita ei ole seurattu systeemin ympäristöön saakka	

Elinkaariarvioinnin viimeisessä vaiheessa, tulosten tulkinnassa, käydään läpi inventaarion ja vaikutusarvioinnin tärkeimmät tulokset ja raportoidaan ne sovelusalan tavoitteiden mukaisesti. Tulkinnan tavoitteena on tehdä johtopäätöksiä ja antaa suosituksia päätöksenteon tueksi. Tulosten tulkinnan luonne vaihtelee soveluksesta toiseen, joten siihen ei ole olemassa yleispäteviä ratkaisumalleja. Standardin mukaisessa elinkaariarvioinnissa käytetyiltä aineistoilta ja menetelmiltä vaaditaan läpinäkyvyyttä. Edellytyksenä on, että tulokset raportoidaan kohderyhmälle tarkasti kokonaisuudessaan. Mikäli tarkastelun ulkopuolelle jätetään elinkaaren vaiheita, prosesseja tai tarpeellista aineistoja, on siitä kerrottava raportissa.

Nykyisin elinkaariarvioinnilta toivotaan lisäksi kriittistä arviointia, jossa ulkopuolinen asiantuntijaryhmä arvioi työn oikeellisuutta. (Loikkanen ym. 1999, 24-25.) Kriittinen arviointi varmistaa, että elinkaariarvioinnin menetelmät ovat standardin mukaisia sekä tieteellisesti ja teknisesti päteviä. Standardi vaatii kriittisen arvioinnin tekoa, mikäli elinkaariarvioinnin tuloksia käytetään vertailuväitteiden laatimisessa. Kriittisellä arvioinnilla vähennetään väärinymmärrysten todennäköisyyttä ja kielteisiä vaikutuksia ulkoisiin sidosryhmiin. (SFS-EN ISO 14040 1997, 18-20.)

2.2 Elinkaariarvioinnin käyttökohteet

Elinkaariarviointia voidaan käyttää mm. julkisessa politiikassa, markkinoinnissa, strategisessa suunnittelussa sekä tuotekehityksessä tunnistamaan tuotteiden elinkaaren aikaisten ympäristönäkökohtien parantamismahdollisuuksia. Elinkaariarviointia voidaan soveltaa toiminnoille, palveluille ja prosesseille tai tuotteille, pakkauksille ja materiaaleille. Elinkaariarviointia on käytetty mm. ympäristömyönteisessä suunnittelussa vähentämään tuotteiden aiheuttamia haitallisia ympäristövaikutuksia sekä tuotteiden parantamisessa ja puhtaampien tuotantoratkaisujen suunnittelussa. (SFS-EN ISO 14040 1997, 6.)

Julkisessa päätöksenteossa elinkaariarviointia on hyödynnetty vielä suhteellisen vähän. Syynä tähän voivat olla mm. elinkaariarvioinnin edellyttämä aika ja korkeat kustannukset, menetelmän heikko tunteminen sekä se, että elinkaariajattelun tarpeellisuutta ei tunnisteta kyseessä olevassa päätöksenteossa. Elinkaariarviointi on yksi monista ympäristöasioiden hallintatekniikoista, eikä se yleensä huomioi tuotteeseen liittyviä taloudellisia tai sosiaalisia näkökohtia. Elinkaariarviointiin liittykin rajoituksia, joiden vuoksi se ei kaikissa tapauksissa välttämättä ole parhaiten soveltuva menetelmä ympäristönäkökohtien selvittämiseksi. (Loikkanen ym. 1999, 35-36, SFS-EN ISO 14040 1997, 6-8.)

3 KASVIHUONETUOTTEIDEN AIEMMAT ELINKAARITUTKIMUKSET

Kasvihuonetuotannon ympäristövaikutuksia on selvitetty elinkaariarvioinnin avulla aikaisemmin Suomessa ja ulkomailla. Elinkaariselvityksiä löytyy lähinnä Espanjassa, Hollannista ja Ruotsissa tuotetuille tomaateille. Kurkulle tehtyjä ulkomaisia elinkaariselvityksiä ei löytynyt kirjallisuudesta. Suomessa kurkun elinkaaren aikaisia ympäristökuormituksia on selvittänyt Mikkola (2003). Ulkomailla ja Suomessa tehtyjen tutkimusten rajaukset ja käytetyt ympäristövaikutusluokat poikkeavat toisistaan, joten niitä ei voi suoraan verrata keskenään.

Ruotsissa on tutkittu tomaattien elinkaaren aikaisia ilmastonmuutosta voimistavia päästöjä. (Carlsson-Kanyama 1999.) Tutkimuksessa vertailtiin ruotsissa viljelyjen ja sinne Tanskasta, Hollannista ja Espanjasta tuotujen tomaattien ympäristövaikutuksia. Tarkasteluun sisältyivät lannoitteiden valmistus ja kuljetukset sekä tomaattien viljely, varastointi ja jakelu. Ilmastonmuutosta voimistavia päästöjä havaittiin syntyvän tomaatin tuotannossa seuraavasti: Tanska 5600, Hollanti 4100, Espanja 810 ja Ruotsi 4200 grammaa CO₂-ekv/kg tomaattia. Tanskassa, Hollannissa ja Ruotsissa tuotettujen tomaattien kaikista elinkaaren aikaisista CO₂-ekv -päästöistä 94–96 % aiheutui kasvihuoneiden lämmittämisestä. Espanjassa tuotettujen tomaattien vastaava luku oli 28 %. Kuljetusten osuus päästöistä espanjalaisen tomaatin osalta oli 39 %. Lannoitteiden osuus päästöistä Tanskassa, Hollannissa ja Ruotsissa oli alle 1 % ja Espanjassa 16-24 %. Tanskan suuren CO₂-päästö määrän syynä oli, että Tanskassa energialähteenä käytettiin pääasiassa kivihiiltä ja kuljetusmatka Ruotsiin oli pitempi kuin Ruotsista. Hollannin pitkää kuljetusmatkaa Ruotsiin kompensoi se, että Hollanissa kasvihuoneiden lämmitykseen käytettiin lähinnä maakaasua ja lämmityksen tarve oli siellä muutenkin pienempi. (Carlsson-Kanyama 1999, 528-534.)

Ruotsissa elinkaariselvityksiä on tehty myös mm. jäävuorisalaatille. (Ingvarsson 2002.) Tutkimuksen kohteena olevan jäävuorisalaatin taimet kasvatettiin kasvihuoneessa, jonka jälkeen ne istutettiin ulos peltomaahan. Tarkasteluun sisältyi

salaattien viljely (lannoitteiden ja energian käyttö), kylmävarastointi, pakkaaminen, jakelu kaappoihin, kauppa ja kuluttaja. Tutkimuksessa ilmastonmuutosta lisääviä päästöjä syntyi 508,4 g CO₂-ekv/kg salaattia, happamoittavia päästöjä 0,063 mol H⁺/kg salaattia ja rehevöittäviä päästöjä 135,8 g O₂-ekv/kg salaattia. Energiaa jäävuorisalaatin elinkaaren aikana kului yhteensä 8,02 MJ/kg salaattia. Tutkimuksessa havaittiin salaattien suuren hävikin (33 %) lisäävän merkittävästi salaatin elinkaaren ympäristökuormitusta tuotettua salaattikilogrammaa kohti. Jäävuorisalaatin elinkaaren aikaisesta energiasta suurin osa kului salaattien pakkausten valmistamiseen (41 %) ja salaatin viljelyyn (30 %). Ilmastonmuutoksen ja happamoitumisen suurin aiheuttaja oli salaatin viljely (46 % ilmastonmuutoksesta ja 54 % happamoitumisesta), sillä viljelyvaiheessa käytettiin enemmän fossiilisia polttoaineita kuin pakkaamisessa. (Ingvarsson 2002.)

Hollannissa vuonna 2001 tehdyssä tutkimuksessa ennustettiin ympäristövaikutusten kehittymistä vuosina 1997, 2000 ja 2010 tomaatin kasvihuonetuotannossa. (van Woerden 2001.) Tarkastelu sisälsi kasvualustojen (kivivilla, luomutuotannossa istutus suoraan maahan) ja lannoitteiden valmistuksen, lannoitteiden kuljetukset, maakaasun, sähkön ja lämmön tuotannon sekä kasvihuoneiden ja laitteistojen rakentamisen. Tarkasteluun ei sisällynyt tuotteiden kylmävarastointia ja kuljetuksia. Tutkimuksessa energia (kasvihuoneiden lämmitys) aiheutti 75 % kaikista tomaatin elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista, kun vaikutukset oli laskettu yhdeksi indeksiksi. Lasihuoneen rakentamisen osuus yhteenlasketuista ympäristövaikutuksista oli 10 %. Kasvihuoneiden lämmittäminen lisäsi ympäristövaikutuksista eniten kasvihuoneilmiötä ja happamoitumista. Tutkimuksessa energian käytön arvioitiin kasvavan tekovalon lisääntyvän käytön johdosta. Energian käytön ennustettiin lisääntyvän vuoteen 2010 mennessä 100 %, mutta samalla satojen määrän pinta-alaa kohti uskottiin kasvavan 175 %. Näin ollen ympäristövaikutusten osuus tomaattikiloa kohti laskisi vuoden 2000 tilanteesta. Tutkimuksessa vertailtiin lisäksi tomaatin tavanomaisen- ja luomutuotannon ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia. Tavanomaisesti tuotetuilla tomaateilla oli suurempi ympäristökuormittava vaikutus viljeltyä alaa (m²) kohti kuin luomutuotetuilla tomaateilla, mikä johtui suurimmaksi osaksi energiankulutuksesta. Tuotettua tomaattikilogrammaa kohti vaikutukset ympäristöön olivat talviaikana luomutuotannossa suu-

remmat, sillä luomutuotannon sadot olivat pienemmät tavanomaiseen viljelyyn verrattuna. (van Woerden 2001, 136-140.)

Antón ym. (2003) selvittivät, mitkä kasvihuonetuotannon prosessit kuormittavat ympäristöä eniten Välimeren alueella. Aikaisemmin tehdyt tutkimukset (Hollanti, Ruotsi) osoittivat kasvihuoneiden lämmityksen olevan suurin ympäristökuormituksen aiheuttaja Pohjois-Euroopassa. Etelä-Euroopassa lämmityksen tarve on vähäinen, joten kasvihuonetuotannon ympäristövaikutukset poikkeavat huomattavasti pohjoisen tilanteesta. Espanjassa tuotetun tomaatin elinkaariarviointia varten oli kerätty tietoja useilta tomaatin viljelijöiltä Maresmesta, Barcelonan lähistöltä. Elinkaariarviointi sisälsi tomaatin tuotantoprosessit kasvihuoneessa sadonkorjuuseen asti. Tomaattien kuljetukset kauppoihin ja kuluttajille oli rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. Tomaatit viljeltiin muovikatteisissa kasvihuoneissa, joissa taimet istutettiin suoraan maahan. Tutkimus sisälsi torjunta-aineiden ja lannoitteiden valmistamisen ja käytön, jätteiden käsittelyn sekä kasvihuoneiden ja kasvihuoneissa käytettyjen laitteiden rakentamisen. Ilmastonmuutosta voimistavia päästöjä syntyi tomaatin elinkaaren aikana 120 g CO₂-ekv/kg tomaattia, happamoittavia päästöjä 0,03 g H⁺/kg tomaattia ja rehevöitymistä lisääviä päästöjä 0,27g PO₄-ekv/kg tomaattia. Tutkimuksessa havaittiin lannoitteiden valmistuksen aiheuttavan suurimmat vaikutukset ilmastonmuutokseen (83 %) ja uusiutumattomien luonnonvarojen vähenemiseen (65 %). Tomaatin elinkaaritarkastelu sisälsi myös ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvat toksiset vaikutukset. Toksisuusvaikutuksista pääosa aiheutui torjunta-aineiden käytöstä. Lannoitteiden käytöllä puolestaan havaittiin olevan suurimmat vaikutukset vesistöjen rehevöitymiselle (60 %). Kasvihuoneiden katemateriaalin ja teräsrungon valmistaminen vaikutti valokemiallisten hapettimien muodostumiseen (45 %), ilmastonmuutokseen (34 %) ja happamoitumiseen (28 %). (Antón, Castells, Montero & Muñoz 2003, 199-204.)

Elinkaariarviointia on käytetty myös kasvihuonetuotannosta aiheutuvien jätteiden hyödyntämistapojen ympäristövaikutusten vertailussa. Espanjassa tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin biologisesti hajoavien jätteiden ja muovijätteiden käsittelyvaihtoehtoja tomaatin viljelyssä. Tomaatit kasvatettiin suljetussa systeemissä perliittialustoilla. Tutkimuksessa vertailtiin seuraavia käsittelymenetelmiä: A) Elope-

räisen jätteen kompostointi ja muovien vienti kaatopaikalle B) eloperäisten ja muovijätteiden vienti kaatopaikalle C) Eloperäisten ja muovijätteiden poltto. Verrattaessa vaihtoehtoja A ja B havaittiin, että eloperäisten jätteiden vienti kaatopaikalle aiheutti 60 kertaa suuremman vaikutuksen ilmastonmuutokseen ja valokemiallisten hapettamien muodostumiseen kuin kompostointi. Syynä tähän oli kaatopaikalla kasvijätteiden mädäntyessä vapautuva metaani. Vaihtoehto B aiheutti myös 6 kertaa suuremmat vaikutukset happamoitumiseen ja 4 kertaa suuremmat vaikutukset rehevöitymiseen kuin vaihtoehto A. Lisäksi vaihtoehdossa A uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö jäi pienemmäksi, koska valmista kompostia voitiin käyttää lannoitteena kemiallisten lannoitteiden sijasta. Jätteiden poltto (vaihtoehto C) aiheutti seitsemän kertaa suuremmat vaikutukset ilmastonmuutokseen ja happamoitumiseen kuin kasvijätteiden kompostointi ja muovien vienti kaatopaikalle (vaihtoehto A). C:n vaikutus otsonikatoon ja valokemiallisten hapettimien muodostumiseen oli 1,3 kertaa suurempi vaihtoehtoon A verrattuna. Polton toksisuusvaikutukset olivat myös suuremmat kuin kompostoinnin. Vesistöjä rehevöittäviä päästöjä syntyi poltossa kuitenkin vähemmän kuin kasvijätteen kompostoinnissa ja muovien viennissä kaatopaikalle. Tutkimuksessa havaittiin kasvihuoneissa syntyvien jätteiden käsittelyn olevan erittäin merkittävä päästöjen aiheuttaja tomaatin koko elinkaaren aikana. Valittu käsittelymenetelmä vaikutti erityisesti ilmastonmuutokseen, rehevöitymiseen ja valokemiallisten hapettimien muodostumiseen. Paras keino haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi olikin biologisesti hajoavien jätteiden kompostointi. (Muñoz, Antón, Montero & Castells 2003, 205-209.)

Espanjassa on tutkittu lisäksi kasvihuonetyypin vaikutuksia kirsikkatomaatin tuotannosta aiheutuviin ympäristövaikutuksiin. Tutkimuksessa vertailtiin keskenään kahta erilaista kasvihuonetyyppiä; parral, jonka energian ja tuotantopanosten kulu- tus sekä sadot ovat pienet ja multispán (teollinen), jossa on suurempi energian ja materiaalien käyttö sekä suuremmat sadot (koneellinen ilmanvaihto ja kosteuden säätely). Tutkimuksessa haluttiin selvittää kirsikkatomaatin tuotannon ympäristö- vaikutukset sekä arvioida, kuinka paljon multispán-tyypin kasvihuoneessa pitäisi tuottaa tomaatteja enemmän parral-tyypin huoneeseen verrattuna, jotta vaikutukset ympäristöön olisivat samansuuruiset tuotettua tomaattikilogrammaa kohti. Tutki-

muksessa huomioitiin kasvihuoneiden ja muiden laitteiden rakentaminen (teräshikko, muovikalvot, perustukset, kastelu-, lannoitus- ja kosteuden säätelyjärjestelmät), tuotanto (lämmitys, lannoitus, torjunta, ilmanvaihto) sekä lannoitteiden valmistus. Tarkastelu ei sisältänyt tomaattien kuljetuksia kauppoihin, jätteiden käsittelyä eikä torjunta-aineita. Parral-tyyppisessä kasvihuoneessa kirsikkatomaattisato oli keskimäärin $11,5 \text{ kg/m}^2$. Jotta multispän-kasvihuoneessa tuotettujen tomaattien ympäristövaikutukset tuotettua yksikköä kohti olisivat samansuuruiset, pitäisi tomaattisadon olla multispän:ssä $21\text{--}60 \text{ kg/m}^2$. Tutkimuksessa havaittiin, että multispän-tyypin kasvihuoneessa koneellinen ilmanvaihto kulutti noin 90 % kasvihuoneessa käytetystä energiasta. Kokonaisenergiankulutusta ei tarkastelussa oltu mainittu. Rehevöittävät vaikutukset olivat molemmissa kasvihuonetyypeissä yhtä suuret neliometriä kohti laskettuna. Merkittävimmät erot syntyivät toksisuusvaikutuksista, kasvihuoneilmiön voimistumisesta ja uusiutumattomien luonnonvarojen vähenemisestä. Erot johtuivat pääasiassa multispän:in koneelliseen ilmastointiin käytetystä energiasta. Kasvihuoneen rakenteella ei havaittu olevan suurta merkitystä aiheutuviin ympäristövaikutuksiin, sillä Parral ei ollut parempi rakennusmateriaaliensa suhteen multispäniin verrattuna. Parral-tyypin huoneissa käytettiin rakennusmateriaalina betonia, jonka määrää pitäisi nykyisestä vähentää ympäristövaikutuksien pienentämiseksi. (Soriano, Montero, Escobar, Anton, Muñoz, Romacho, Hita, Morales, Hernández & Castilla 2005, 372-375.) Kasvihuonetyypit erosivat eri ympäristövaikutusluokissa taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Ympäristövaikutukset kasvihuonetyypeittäin. (Soriano ym. 2005, 375.)

	Multispan	Parral
Happamoituminen (kg SO ₂ -ekv/m ²)	34	11
Otsonikato (kg CFC-11-ekv/m ²)	46	11
Ilmastonmuutos (kg CO ₂ -ekv/m ²)	20	11
Rehevöityminen (PO ₄ -ekv/m ²)	11	11

Maatalous- ja puutarhatuotannon elinkaaritarkasteluissa on toiminnallisena yksikönä käytetty sadon (per kg) lisäksi myös toisinaan tuotantoon käytettyä pinta-alaa (per m²). Toiminnallisen yksikön valinta vaikuttaa paljolti siihen, minkälaiseen tulokseen tarkastelussa päädytään. Vastakkain asetetaan perinteinen tuotanto, jonka sadot ovat pienet ja intensiivinen (voimaperäinen) tuotanto, joka vaatii pienemmän maa-alan. Jos toiminnalliseksi yksiköksi valitaan maa-ala, tuotanto, joka vaatii suuremman pinta-alan (ja saattaa siten lisätä ympäristövaikutuksia) olisi suositeltavampi. Jos taas toiminnalliseksi yksiköksi valitaan sadon määrä, tuotanto, joka vaatii pienemmän maa-alan (ja siten saattaa aiheuttaa pienemmät ympäristövaikutukset) on suositeltavampi. Toiminnallisen yksikön merkitystä on tarkastellut Hayashi (2005) tomaatinviljelykokeiden avulla Japanissa. Tutkimuksessa huomioitiin tomaatin viljelyn lisäksi lannoitteiden valmistus. Tutkimuksessa havaittiin, että lisättäessä lannoitusta hehtaaria kohti, ympäristövaikutukset (CO₂) pinta-alaa (ha) kohti laskettuna kasvoivat, mutta tuotettua tomaattikilogrammaa kohti laskivat. Ongelmana on se, kuinka intensiivisessä tuotannossa säästetty maa-ala käytetään, onko maa luonnontilassa vai viljelläänkö siinäkin jotakin. Tämä seikka olisi myös huomioitava. (Hayashi 2005, 368-371.)

Kasvihuonetuotannon energiankulutusta on selvittänyt mm. Gysi 1993. Tutkimuksessa vertailtiin perinteisen tuotannon, IP-tuotannon (perinteisen ja luomutuotannon välimuoto) ja luomutuotannon energian käytön eroja Sveitsissä. Tutkimuksessa havaittiin, että perinteisessä tuotannossa energiaa kuluu 3,1 MJ/kg vihanneksia, IP-tuotannossa 0,7 MJ/kg ja luomutuotannossa 1,5 MJ/kg. Perinteisen tuotannon energiasta 66 % kului kasvihuoneiden lämmitykseen ja 17 % typpilannoitukseen. IP-tuotannossa typpilannoitteiden osuus oli 44 % ja laitteiden energiankulutuksen 31 %. Luomutuotannossa laitteiden energiankulutuksen osuus oli 60 % ja typpilannoitteiden 30 % vihannesten viljelyn aikaisesta kokonaisenergian kulutuksesta. (Gysi 1993, 61-68.)

Uudessa-Seelannissa kasvihuonetuotannon energiankulutusta selvitettiin yhdessä kahdentoista vihanneksia tuottavan yrityksen kanssa. Keskimääräinen tomaattisato puutarhoilla oli 43 kg/m². Tarkasteluun sisältyivät kasvihuoneiden lämmitykseen käytetyt polttoaineet ja sähkönkulutus. Vihannesten kuljetukset, pakkaaminen ja tuotantopanosten valmistuksen energiankulutus eivät sisällyneet tarkasteluun. Tutkimuksessa kasvihuonetuotannon keskimääräiseksi energiankulutukseksi saatiin 1600 MJ/m² ja tuotettua tomaattikilogrammaa kohti 38 MJ. (Barber 2003.) Iso-Britanniassa havaittiin tavanomaisen tomaatintuotannon kuluttavan energiaa noin 2160 MJ/m². Energiankulutuksesta 1260 MJ käytettiin lämmitykseen, 450 MJ kosteuden säätelyyn ja 450 MJ hiilidioksidin tuotantoon. Tomaattikilogrammaa kohti energiaa kului noin 43 MJ. (Plackett 2005.)

Tanskan vuoden 2004 puutarhatilaston mukaan energiaa vihannesten kasvihuonetuotannossa kului keskimäärin 2500 MJ/m². Suurin osa energiasta (71 %) kului kasvihuoneiden lämmittämiseen. Sähkön osuus kokonaisenergian kulutuksesta oli noin 30 %. Energian lähteenä lämmön ja sähkön tuotannossa käytettiin pääasiassa maakaasua. (Gartneri-regnskabsstatistik 2004, 30.) Hollannissa kasvihuonetuotannossa tilastoitiin kuluneen energiaa vuonna 2001 yhteensä 125,4 PJ. Kokonaisala kasvihuonetuotannossa kyseisenä vuonna oli 11000 ha. Keskimääräiseksi energiankulutukseksi muodostui näin ollen 1140 MJ/m². Suurin osa energiasta (85 %) kului kasvihuoneiden lämmittämiseen maakaasulla. Tilastossa ei oltu laskettu

erikseen vihannesten, ruukkukukkien ja muiden kasvihuonetuotteiden osuuksia energian käytöstä. (CBS.)

Belgiassa kasvihuoneiden lämmittämisen vaatima energiankulutus oli vuonna 1997 n. 1123 MJ/m². Tutkimuksessa havaittiin, että vuodesta 1980 vuoteen 1997 kasvihuonetuotannon energiankulutus oli noussut 57 %, samaan aikaan kun tuotantoon käytetty pinta-ala oli kasvanut vain 22 %. Eniten energiaa Belgian kasvihuonetuotannossa kulutti vihannesten viljely, jonka osuus kokonaisenergiankulutuksesta oli 70 %. (De Cock & Van Lierde 1999.)

4 KASVIHUONEKURKUN VILJELY SUOMESSA

Suomessa tuotettiin vuonna 2004 noin 31 miljoonaa kiloa kurkkua 75,6 hehtaarin alalla. Viljelyalasta noin 20 hehtaaria oli ympärivuotisessa viljelyssä. Keskimääräinen sato kurkuntuotannossa vuonna 2004 oli 41 kg/m². (Puutarhayritysrekisteri 2005.)

Kasvihuonekurkun kasvatus etenee eri puutarhoissa hyvin samankaltaisesti. Käytössä on kaksi eri viljelymenetelmää: sateenvarjoleikkaus ja alaslasku. Vuodenajan mukaan kurkun tuotantotavat voidaan jakaa ympärivuotiseen viljelyyn, perinteiseen viljelyyn ja kausiviljelyyn. Eroja puutarhojen välillä löytyy käytetyissä tuotantopanosten määrissä, tekovalotuksessa ja kasvihuoneiden lämmityksessä. Suurin osa puutarhoista ostaa kurkuntaimet taimikasvatukseen erikoistuneilta viljelmiltä. Osa tarhoista kasvattaa taimensa itse.

4.1 Taimikasvatus

Kurkun siemenet idätetään yleensä kivivillassa tai turpeessa. Ennen kylvöä kasvu-alusta kastellaan ravinneliuksella. Kylvö tapahtuu siten, että yhteen taimikuutioon laitetaan yksi kurkun siemen. Taimikuutiot ovat kooltaan noin 1 dm³. Siemeniä kylvetään 5 % enemmän kuin mikä osaston tarve on, sillä kurkunsiemementen itävyys on maksimissaan 95–98 %. Kun koko pöydällinen on kylvetty, levitetään kuutioiden päälle valoa läpäisemätön muovi. Itäminen kestää normaalisti 3-4 vuorokautta.

Kasvihuoneiden lämpötilaa joudutaan säätämään vuodenajan ja sääolojen mukaan. Idätyksen aikana lämpötilan on oltava muutama aste korkeampi kuin taimikasvatuksen loppuvaiheessa. Lämpötila vaihtelee eri vaiheissa 20–25 °C:en välillä. Kylvöstä taimien valmistumiseen kuluu 21–24 vuorokautta. Ympärivuotisessa kurkuntuotannossa on vuoden pimeimpänä aikana välttämätöntä käyttää tekovalotusta

taimikasvatusvaiheessa. Valotusta säädetään automatiikalla. Valotusteho ja -määrä vaihtelevat puutarhoissa.

Taimia lannoitetaan kulloistenkin lannoitussuositusten mukaisesti. Taimikasvatuksen loppuvaiheessa kasteluväkevyiksiä yleensä nostetaan. Taimien kokoa on mahdollista säädellä kasvualustan väkevyydellä. Kasvinsuojelussa käytetään yleisimmin biologista torjuntaa. Kemiallinen torjunta on nykyisin vähäistä, sillä käytökelpoisia aineita ei ole tarjolla kovin paljon. Kemiallinen torjunta ei myöskään aina sovellu käytettäväksi yhtä aikaa biologisten torjujien kanssa. Vuosittainen torjunnan tarve vaihtelee paljon ja siten myös torjunnan käyttömäärät vaihtelevat. Taimikasvatuksen loppuvaiheessa taimet tuetaan 40 cm:n tukikepeillä, jotka estävät tyvien taittumisen. (Äystö 2001.)

4.2 Kurkun viljely

Istutus tehdään siten, että turve- tai kivivillakuutiossa oleva taimi istutetaan kasvualustalle, joka on turvetta, kivivillaa tai perliittiä. Kasvualusta voi olla astiassa tai muoviin käärittynä levynä. Taimien ympärille kierretään juutista tai muovista valmistettu tukinaru. Kasvualusta lannoitetaan kulloistenkin suositusten mukaisesti. Istutuksen yhteydessä taimikuutioon asetetaan tippuletku, jonka kautta taimi saa tarvitsemansa veden ja ravinteet. Tippukastelu on tällä hetkellä yleisin kastelumenetelmä Suomessa.

Kurkun valoviljelyssä käytetään yleisimmin ns. alaslaskumenetelmää, jossa hoitotöihin kuuluvat latvojen kierto sekä versojen ja ylimääräisten kurkunalkujen poisto. Taimen kasvaessa runkoa lasketaan kiepille kasvihuoneen pohjalle tai alaslaskutelineille. Satona korjataan ainoastaan runkokurkkua. Perinteisessä ja kausiviljelyssä lähes yksinomaan käytetyssä sateenvarjotuennassa tukilangat, jotka tukevat taimea ovat matalammalla kuin alaslaskumenetelmässä. Sivoversot poistetaan usein kokonaan kahta tai kolmea tukilangan tasolla olevaa sivuversoa lukuun ottamatta. Kasvustoa uusitaan antamalla latvaversoihin kehittyä uusia versoja, jotka taas latvotaan 50–100 cm:n korkeudelta. Sateenvarjoleikkausmenetelmässä korja-

taan runko- ja sivuversokurkkuja. Alaslaskussa työmenekki ja sato ovat suuremmat kuin sateenvarjoleikkauksessa. Alaslaskumenetelmä on yleisimmin käytetty kurkun ympärivuotisessa tuotannossa, mutta sen käyttö kurkun luonnonvalotuo- tannossa (kausi- ja perinteisessä viljelyssä) on hyvin harvinaista. Alaslaskumene- telmässä latvan hoitotyöt tehdään hoitovaunusta käsin, mutta sateenvarjoleik- kausmenetelmässä kaikki työt tehdään käytävältä seisten, eikä hoitovaunuja yleen- sä tarvita. Alaslaskumenetelmässä sadon ulkoinen laatu on parempi kuin sateen- varjoleikkkausmenetelmässä. Alaslaskumenetelmässä taimitiheys on suurempi kuin sateenvarjoleikkauksessa, mikä lisää taimikustannuksia. (Näkkilä 2006c, Mur- mann 2006.)

Lämpötila pidetään viljelyvaiheessa +21-24 °C:n välillä. Valoisuus ja kasvuston kehitysvaihe vaikuttavat siihen, mikä optimaalinen lämpötila kulloinkin on. Satoa tuottavat kasvit tarvitsevat huomattavasti enemmän energiaa kasvun ylläpitämi- seen kuin taimet, joissa hedelmiä ei vielä ole. Tekovalotusta käytettäessä lämpöti- la saa olla normaalilämpötiloja hiukan alhaisempi. Kasvihuoneiden lämmitykseen käytetään yleisimmin raskasta ja kevyttä polttoöljyä. Muita kurkun tuotannossa käytettyjä polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili ja turve. Lämmitystarpeeseen vai- kuttavat mm. kasvihuoneen sijainti, ikä, katemateriaali ja lämpöverhojen käyttö. Katemateriaaleina käytetään kennolevyä, lasia ja muovia. (Äystö 2001.)

Kasvustoa tarkkaillaan jatkuvasti kasvintuhoajien varalta ja torjuntaan ryhdytään tarpeen mukaan. Yleisimmin puutarhoilla käytetään biologista tuholaisten torjun- taa, joka toteutetaan torjuntaeliöiden toimittajien ohjeiden mukaisesti. Kemiallis- ten torjunta-aineiden käyttö ei ole yleistä, sillä sopivia valmisteita on hyvin vähän markkinoilla. Kasvuston vaihdon yhteydessä viljelyosastot puhdistetaan kasvijät- teistä. Ympärivuotisessa viljelyssä kasvijätettä syntyy vuodessa noin 27 kg/m² (Näkkilä 2006b). Kasvualustat vaihdetaan kasvitautilanteen mukaan. Kasvualus- tojen vaihtotarpeeseen vaikuttaa kasvitautilien lisäksi myös tuhohyönteisten ja punkkien määrä. Kasvitaudit, tuhohyönteiset ja punkit voivat siirtyä uuteen kas- vustoon käytetyn alustan avulla. (Näkkilä 2006c.) Osa puutarhoista vaihtaa alustat joka kasvuston välissä, osa kerran vuodessa tilanteesta riippumatta. Kasvihuonei-

den alusmuovit vaihdetaan yleensä kerran vuodessa. Kasvustojen vaihdon välissä alusmuovit voidaan desinfioida tai puhdistaa.

Hoitolannoituksena käytetään kulloisenkin lannoitetoimittajan lannoitusohjelmaa. Lannoitus perustuu puutarhakohtaiseen raakavesianalyysiin, kasvualustatyyppiin ja viljelyajankohtaan. Perliitti- ja kivivilla-alustoilla lannoitteiden käyttömäärät ovat 5-10 % suuremmat kuin turvealustoilla viljeltäessä. Ympärivuotisessa viljelyssä tyyppiä käytetään kivivillassa viljeltäessä noin 9000 kg/ha, fosforia 1500 kg/ha ja kaliumia 12000 kg/ha. (Markkanen 2005.) Rajoitetulla kasvualustalla viljeltäessä vaaditaan ylikastelua tasaisen kastelutuloksen aikaansaamiseksi. Kivivilla- ja perliittialustoilla ylikastelun määrä on yleensä suurempi kuin turvealustoilla. Kurkkukasvustoja lannoitetaan myös hiilidioksidilla yhteyttämisen edistämiseksi. Hiilidioksidina käytetään teollisuuden jätehiilidioksidia tai se tuotetaan itse nestekaasua tai maakaasua polttamalla.

Valotusta ohjataan kasvihuoneissa automatiikalla. Valotus kytkeytyy päälle, kun auringon säteilyä on asetettua säteilyrajaa vähemmän valotusjakson aikana. Valotus on välttämätöntä kurkun ympärivuotisessa tuotannossa kasvien yhteyttämisen mahdollistamiseksi. Valotusteho ja -määrä vaihtelevat puutarhoissa. (Näkkilä 2006c.)

Ympärivuotisessa viljelyssä kasvustoja on vuoden aikana keskimäärin neljä yhdessä osastossa. Eri osastot istutetaan eri aikoina, jolloin satoa korjataan tasaisesti ympäri vuoden. Istutuksesta ensimmäiseen sadonkorjuuseen kestää noin kolme viikkoa. Satoa kerätään yhdeltä kasvustolta 10–13 viikkoa, jonka jälkeen on rai-vaus ja uusien taimien vuoro. Kurkut kelmutetaan kutistemuovilla, jonka jälkeen ne pakataan yleensä 10 kg:n pahvilaatikoihin. Osa puutarhoista käyttää myös kierätettäviä muovilaatikoita. Ennen pakkaamista kurkut lajitellaan I- ja II-luokkaan lähinnä muodon ja koon perustella. II-luokka toimitetaan yleensä suurkeittiöille. Kurkkulaatikot pakataan lavoille, joihin mahtuu 500 kg kurkkua. Osa puutarhoista muovittaa lavat kiristemuovilla kuljetuksen ajaksi. Kurkut kuljetetaan puutarhoilta tukun kautta tai suoraan kauppaan. (Äystö 2001.)

5 KASVIHUONEKURKUN ELINKAARIARVIOINTI

5.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli kurkun tuotantoketjun ja sen eri osien ympäristövaikutuksiin liittyvän tietämyksen lisääminen, ketjun kuormittavimpien kohtien tunnistaminen sekä parannuskohteiden etsintä. Tutkimus toteutettiin keräämällä viideltä kurkkua tuottavalta puutarhalta yksityiskohtaiset nykytilatiedot kurkun kasvatuksesta sekä arvioimalla niihin liittyviä parannusmahdollisuuksia. Lisäksi haluttiin verrata keskenään kurkun ympärivuotisen viljelyn, perinteisen viljelyn ja kausiviljelyn ympäristövaikutuksia, mitä varten hankittiin lisäaineistoa Puutarhayritysrekisteristä ja Kauppapuutarhaliitosta.

5.2 Tutkimuksen soveltamisala

Tutkimuksessa tarkasteltiin suomalaisen kasvihuonekurkun tuotannon koko elinkaaren aikaisia ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia. Selvityksessä pyrittiin keräämään kaikki ympäristökuormitustiedot raaka-aineiden, polttoaineiden ja luonnonvarojen käytöstä sekä aiheutuneet päästöt ilmaan, veteen ja maahan.

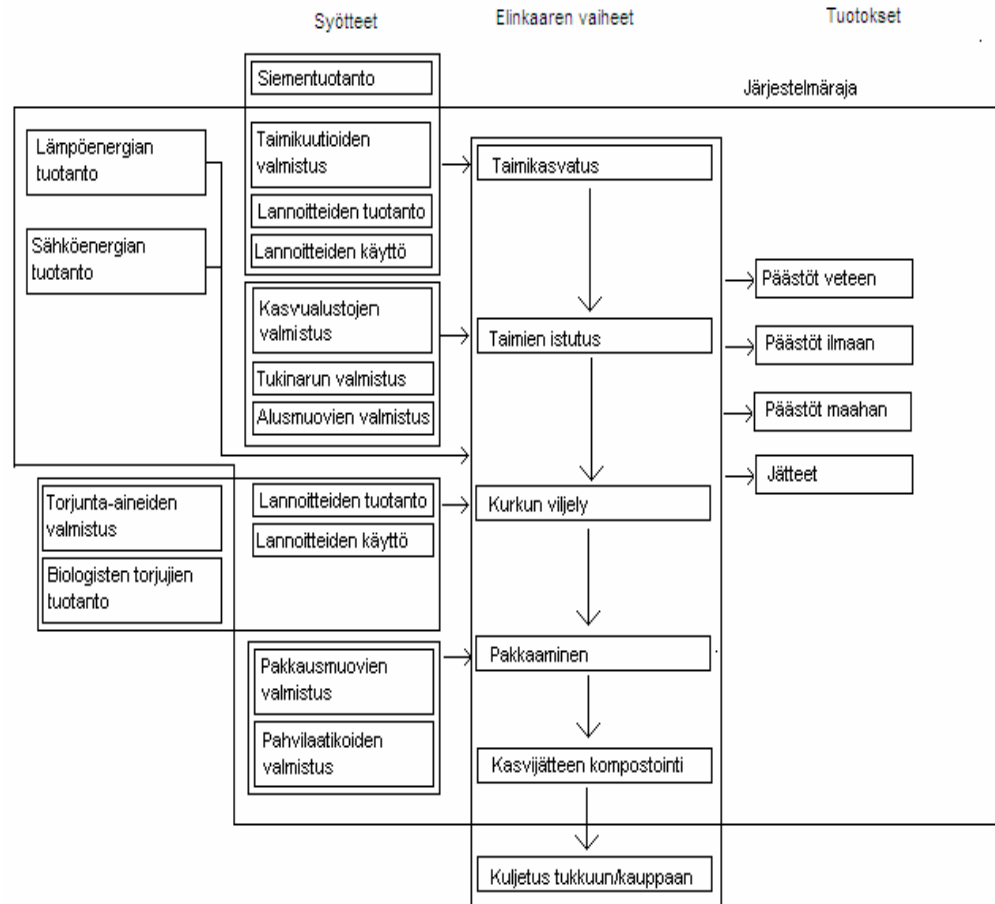
5.2.1 Toiminnallinen yksikkö

Toiminnalliseksi yksiköksi, jota kohden lopputulokset on laskettu, valittiin 1000 kg kurkkua. Ympäristövaikutuksia haluttiin selvittää nimenomaan tuotemäärä kohti, minkä vuoksi toiminnalliseksi yksiköksi ei valittu tuotantoalaa. Tulokset kohdennettiin puutarhoilla pakatun kurkun kokonaissadolle, joka sisälsi sekä kurkun I- ja II-laadut.

5.2.2 Tuotejärjestelmän rajaukset

Kurkun elinkaaren tarkasteluun sisällytettiin kasvihuoneessa tapahtuvat prosessit ja kasvihuoneesta aiheutuvat kuormitukset. Tärkeimpien tuotantopanosten valmistus, pakkausten valmistus, sekä energian hankinta ja tuotanto sisältyivät myös tarkasteluun. Kurkkujen kuljetukset tukkuun ja sieltä edelleen kauppaan, rajattiin tämän selvityksen ulkopuolelle. Kuljetukset tullaan kuitenkin selvittämään ja ne sisältyvät myöhemmin vuonna 2006 MTT:n raporttisarjassa julkaistavaan osahankkeen loppuraporttiin. Tutkimukseen eivät sisältyneet siementuotanto, puhdistus- ja desinfiointiaineiden sekä kemiallisten torjunta-aineiden ja biologisten torjuntajien valmistus ja käyttö, sillä luotettavaa tietoa niistä ei ollut saatavilla.

Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin myös ihmistyö, koneiden, laitteiden ja rakennusten valmistus. Kasvihuonetuotannosta aiheutuu maisema- ja meluhaittoja sekä tekovalotuksen aiheuttamaa häiriötä lähiasetukselle. Näitä vaikutuksia ei myöskään huomioitu tässä tarkastelussa. Työn rajaukset on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Tuotejärjestelmän rajat.

5.2.3 Rajoitukset ja sovellettavuus

Kauppapuutarhaliitto valitsi tutkimuksessa mukana olleet puutarhayritykset. Puutarhat pyrittiin valitsemaan siten, että ne mahdollisimman hyvin edustaisivat kurkuntuotantoa maassamme nykypäivänä. Valintaan vaikutti puutarhojen oma innostus ja kiinnostus kehittää toimintaansa ympäristön kannalta myönteisempään suuntaan. Kaikki yritykset, joilta kysyttiin halukkuutta antaa tuotantotietoja tutkimusta varten, olivat Kauppapuutarhaliiton jäseniä. Työn helpottamiseksi tutkimukseen haluttiin saada tietoja puutarhoilta, jotka tuottivat vuonna 2004 ainoastaan tai lähes kokonaan kurkkua. Mukaan pyydettiin 12 puutarhaa, joista 5 kieltäytyi. Yksi puutarha jouduttiin jättämään tarkastelusta pois, koska tuotanto siellä oli aloitettu vasta vuoden 2004 puolella välissä. Yksi puutarha jätettiin ulkopuolelle, sillä tarhalla tuotettiin kurkun lisäksi myös tomaattia. Mukaan haluttiin sekä valo-

viljelyssä olevia, että ilman tekovaloja viljeleviä kasvihuoneyrityksiä. Neljässä puutarhayrityksessä kurkkua tuotettiin ympärivuotisesti, tekovalotusta käyttäen (12 kk) ja yhdessä perinteisenä viljelynä, vähäistä tekovalotusta käyttäen 9 kk vuodesta. Neljä hankkeeseen osallistunutta puutarhaa viljeli ainoastaan kurkkua, yhdellä puutarhalla viljelyksessä oli lisäksi hieman paprikkaa. Mukana olleet puutarhat tuottivat yhteensä vuonna 2004 noin 13 % kaikista Suomessa tuotetuista kurkuista. Hankkeen loppuvaiheessa mukaan tuli vielä kaksi ympärivuotista puutarhaa, joita on käytetty päivitetyn arvioinnin osatietoina (julkaistaan MTT:n sarjassa 2006).

Tutkimuksessa käytetyt tiedot olivat yksittäisten yritysten todelliseen toimintaan perustuvia, ja ne kuvasivat kyseisten tuotantoketjujen ympäristövaikutuksia vuonna 2004. Tutkimuksessa mukana olleiden puutarhojen sadot olivat keskimääräistä suurempia, mikä vaikutti tutkimuksen tuloksiin. Tuloksista ei siten voi tehdä koko maata kattavia yleistyksiä, sillä ne eivät välttämättä kuvaa keskimääräistä kurkun tuotantoa Suomessa.

5.2.4 Allokoinnit

Järjestelmät, joissa syntyy samalla useampia tuotteita, vaativat allokointimenettelyä. Allokoinnissa materiaali- ja energiavirrat allokoidaan eli jyvitetään eri tuotteille selvästi määriteltyjen menettelytapojen mukaan. Kasvihuonetuotannossa jyvityksen tarve ei ole yhtä suuri kuin esimerkiksi maanviljelyprosesseissa. Tarkasteluun osallistuneet puutarhat tuottivat lähes ainoastaan kurkkua, mikä helpotti huomattavasti laskennan tekoa. Kurkku jaetaan laadun puolesta I- ja II-luokkaan. Kuormitukset kohdennettiin kurkun kokonaissadolle (I+II), sillä molemmat laadut hyödynnetään elintarvikkeina.

5.3 Tiedon keruu

5.3.1 Puutarhat

Kurkun tuotannon ympäristövaikutuksia kartoitettiin ensin postissa lähetetyllä yksityiskohtaisella kyselylomakkeella ja sen jälkeen haastattelemalla vastanneita viittä puutarhayritystä. Tarkoituksena oli kerätä tuotantotiedot vuoden 2004 kurkun viljelystä. MTT:n tutkijoiden tekemä kyselylomake sisälsi kysymyksiä lähinnä energian ja raaka-aineiden käytöstä sekä syntyvistä jätteistä. Kyselyyn vastanneissa yrityksissä vierailtiin kesällä 2005. Haastattelussa kyselylomakkeessa annettuja tietoja tarkennettiin ja esitettiin tarvittavia lisäkysymyksiä. Haastattelussa selvitettiin mm. yritysten kuukausikohtaisia energiankäyttö- ja satomääriä.

5.3.2 Puutarhayritysrekisteri, Tike

Tutkimuksessa haluttiin keskimääräisen kurkuntuotantoketjun ja tilakohtaisten ympäristövaikutusten lisäksi selvittää eri tuotantotapojen välisiä eroja. Tarvittavat tiedot selvitystä varten saatiin vuoden 2004 Puutarhayritysrekisteristä (Tike). Puutarhayritysrekisteriin oli kerätty tiedot kaikkien Suomessa kurkkua tuottavien puutarhayritysten sadoista ja viljelypinta-aloista. Lisäksi rekisteriin oli kirjattu puutarhojen sähkön ja lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden käyttömäärät. Vuonna 2004 Suomessa oli 484 kasvihuonekurkkua tuottavaa yritystä, jotka tuottivat kurkkua yhteensä noin 31 miljoonaa tonnia. Keskisato puutarhoilla oli 41 kg/m². (Puutarhayritysrekisteri 2005.)

Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella puutarhat jaettiin kolmeen ryhmään.

1. Kausiviljely, ilman tekovalotusta alle 7 kk vuodesta, tyypillisesti 4 kk
2. Perinteinen viljely, ilman tekovalotusta yli 7 kk vuodesta, tyypillisesti 8 kk

3. Ympärivuotinen viljely, tekovalotusta käyttäen.

Keskimääräinen lämmön ja sähkön kulutus ympärivuotiselle viljelylle, perinteiselle viljelylle ja kausiviljelylle laskettiin Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella. Laskelmissa käytettiin vain niiden yritysten antamia tietoja, jotka tuottivat vuonna 2004 ainoastaan kurkkua. Ympärivuotisen viljelyn vaatimuksena oli lisäksi, että koko viljelty ala piti olla valotettua. Perinteisesti viljelevillä puutarhoilla valotettua viljelyalaa ei saanut olla lainkaan. Lisäksi puutarhojen ilmoittaman sadon piti kausiviljelyssä olla yli 10 kg/m² ja perinteisessä viljelyssä yli 25 kg/m². Näillä kriteereillä löytyi rekisteristä 20 kausiviljely, 26 perinteisesti viljelevää ja 5 ympärivuotisesti viljelevää yritystä. Kausiviljelyssä keskimääräinen kokonaissato oli 23 kg, perinteisessä viljelyssä 34 kg ja ympärivuotisessa viljelyssä 84 kg neliömetriltä. Kaikki kausi- ja perinteisesti viljelevät yritykset eivät olleet ilmoittaneet rekisteriin sähkön käyttöä. Näiden yritysten sähkön kulutuksena käytettiin ilmoitettujen tietojen keskiarvoa. Puutarhayritysrekisteristä poimitut kausiviljelyssä olevat puutarhat tuottivat vuonna 2004 2,4 % kaikista Suomessa tuotetuista kurkuista, perinteisesti viljelevät puutarhat 7,1 % ja ympärivuotiset 13,1 % (Taulukko 3).

Taulukko 3. Puutarhayritysrekisteristä poimitujen yritysten osuus koko maan tuotannosta vuonna 2004.

	Osuus Suomen kurkkutuotannosta (kg) %	Osuus kurkun viljelyalasta (m ²) %	Osuus kurkkua tuottavista yrityksistä (kpl) %
Kausiviljely	2,4	4,3	4,1
Perinteinen viljely	7,1	8,6	5,4
Ympärivuotinen viljely	13,1	6,4	1,0
Yhteensä	22,6	19,3	10,5

5.3.3 Kauppapuutarhaliitto

Kauppapuutarhaliitto teki tutkimusta varten mallilaskelmat kasvihuoneiden sähkö- ja lämpöenergian käytöstä eri tuotantotavoille. Mallit tehtiin 4 kk kausiviljelylle, 8 kk perinteiselle viljelylle ja ympärivuotiselle viljelylle. Kausiviljelyssä ja perinteisessä viljelyssä viljelymenetelmän oletettiin olevan sateenvarjoleikkaus ja ympärivuotisessa viljelyssä alaslasku. Kausiviljelyssä sato oli 25 kg/m^2 , pinta-ala 2000 m^2 , perinteisessä viljelyssä sato 50 kg/m^2 , pinta-ala 7500 m^2 ja ympärivuotisessa sato 106 kg/m^2 , pinta-ala 10000 m^2 . Mallilaskelmien satojen arvioitiin edustavan keskimääräisiä tavoiteltavia satotasoja kullakin tuotantotavalla. Lähtöoletuksena oli, että puutarhayritykset sijaitsivat Varsinais-Suomessa. Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella kausiviljelyssä lämmitykseen käytettiin vuonna 2004 pääasiassa kevyttä polttoöljyä. Perinteisessä ja ympärivuotisessa viljelyssä kasvihuoneet lämmitettiin yleisimmin raskaalla polttoöljyllä. Tämän vuoksi kausiviljelyn tuotantomallissa lämpöenergian lähteen oletettiin olevan kevyt polttoöljy, perinteisessä ja ympärivuotisessa viljelyssä raskas polttoöljy.

5.3.4 Tuotantopanosten ja pakkausten valmistus

Tutkimuksessa mukana olleiden puutarhayritysten ilmoittamien todellisten tuotantopanosten käyttömäärien avulla laskettiin keskimääräiset panosten kulutukset eri tuotantotapojen ympäristövaikutusten selvittämistä varten. Tuotantopanosten, kuten muovien ja lannoitteiden käyttömäärien, oletettiin olevan samansuuruisia 1000 kg kurkkua kohti laskettuna kausi-, perinteisessä ja ympärivuotisessa viljelyssä sekä eri tuotantomalleissa.

Kasvualustoista turpeen valmistuksen tietolähteenä käytettiin VTT:llä tehtyä Kasvuturpeen elinkaari-inventaariota (Mälkki 2002). Kivivillan valmistuksen tietolähteenä oli Schmidt ym. 2004. Perliitin valmistuksen tietoja yritettiin selvittää ulkomaiselta tuottajalta, mutta niitä ei onnistuttu saamaan. Kivivilla ja turve ovat yleisimmät kasvualustatyypit kasvihuonekurkun viljelyssä. (Grönroos & Nikander

2002). Tämän perusteella kurkun eri tuotantotapoja verrattaessa oletettiin kasvu-
alustojen olevan 50 % kivivillaa ja 50 % turvetta. Lannoitteiden valmistuksen tie-
dot saatiin kotimaiselta lannoitevalmistajalta. (Kemira GrowHow Oy). Kurkun
viljelyssä käytetään useita eri lannoitevalmisteita, joiden valmistuksen tiedot koos-
tettiin Kemiran tekemien selvitysten perusteella. Muovien valmistuksen (PP ja
PELD) tietolähteenä käytettiin APME 1999. Pahvien valmistuksen tiedot saatiin
Suomen aaltopahviyhdistys ry:ltä (Hohenthal & Wessman 2003).

5.3.5 Energian tuotanto

Energian tuotantoketjut sisällytettiin laskelmiin. Energian tuotannon tietolähteinä
käytettiin nestekaasun sekä kevyen ja raskaan polttoöljyn osalta Fortumilta saatuja
tietoja (Fortum Oil & Gas 2002). Kevyen ja raskaan polttoöljyn polton päästöjä
arvioitiin lisäksi SYKE:n Ilmapäästötietojärjestelmän päästökertoimien perusteel-
la. Maakaasun hankintaketjusta käytettiin Suomen energiantuotannon elinkaaritie-
tokanta -hankkeessa (SEEP) kerättyjä tietoja (Virtanen, Askola & Junttila 1996).
Sähkön tuotannon tietolähteenä käytettiin ns. Mittatikku-hanketta varten koostet-
tuja tietoja (Virtanen & Usva 2005).

5.3.6 Lannoitteiden käytön ja kasvijätteen kompostoinnin aiheuttamat päästöt

Lannoitteiden käytöstä aiheutuvan ravinnekuormituksen ja kasvijätteen kompos-
toinnista aiheutuvien kaasumaisten päästöjen määrää arvioi Suomen ympäristö-
keskuksen tutkija Juha Grönroos. Ravinnekuormituksen määrää kurkun viljelyssä
arvioitiin ylikasteluosuuden perusteella. Ylikastelun osuudesta on kuitenkin melko
vähän tietoa ja olemassa olevassa tiedossa on paljon hajontaa. Ylikasteluosuuden
lisäksi ravinnekuormitukseen vaikuttaa ylikasteluvesien mahdollinen talteenotto ja
käsittely.

Grönroos ja Nikander (2002) raportoivat turvealustalla noin 10 % ja kivivilla-
alustalla noin 15 % ylikastelusta. Tieto perustuu viljelijöiden omaan arvioon yli-

kastelun määrästä. Uronen (1995) raportoi 10 % ylikasteluosuudesta turvedille, 19-33 % avoimille kivivilla-alustoille ja lähes 50 % suljetuille kivivilla alustoille. Grimstad and Baevre (1989) arvioivat, että ylikasteluprosentti kivivilla-alustalla tomaatilla olisi 42-61 %. Benoit ja Ceustermans (1995) viittaavat 20 %:n ylikastelumäärään kivivilla-alustaisessa kurkkukasvatuksessa. Piikkiön alavalokurkku 2003-2004 -kokeen aineiston mukaan (Näkkilä 2006a) ylikastelun osuus on ollut ympärivuotisessa tuotannossa keskimäärin noin 23 % (18-27 %). Talvella ylikastelu on pienempää kuin kesällä. Kasvualustana Piikkiön kokeissa on turve.

Piikkiön aineistoon perustuva ylikasteluosuus edustaa tuoretta kotimaista mitattua tietoa. Viljelijäaineiston (Grönroos & Nikander 2002) ja Kekkilä Oy:n Jorma Seppälän mukaan turvepohjaisessa kasvatuksessa ylikastelu olisi tätä pienempää. Sen vuoksi turvealustakasvatukselle on valittu ylikasteluosuudeksi 15 %. Kivivillalla ylikastelun katsotaan olevan noin puolitoistakertainen turvealustaan verrattuna, mikä perustuu Grönroosin ja Nikanderin (2002) keräämään aineistoon. Saman tutkimuksen mukaan osa ylikasteluvesistä otetaan talteen. Näillä yrityksillä tyypillisin tapa on kerätä vedet altaaseen, josta ne kuitenkin edelleen johdetaan käsittelemättöminä vesistöön. Karkeasti ottaen noin 70 % ylikasteluvesistä johdetaan suoraan tai lähes suoraan vesistöön ilman käsittelyä. Loput 30 % joko kierrätetään uudelleen kasvihuonekäyttöön, johdetaan kunnalliseen puhdistamoon tai jätetään kasvihuoneen pohjalle muovin tai kankaan päälle. Tämän pohjalta arvioidaan, että ylikastellun kasteluliuoksen ravinteista 70 % päätyy luontoon.

Kasvihuoneesta poistettu kurkkukasvusto tyypillisesti kompostoidaan, minkä jälkeen se levitetään pellolle. Kompostoinnista aiheutuvia kaasumaisia päästöjä arviointiin biojätteen kompostointia käsittelevän kirjallisuuden pohjalta. Tarvittava tieto kasvuston määrästä ja kuiva-ainepitoisuudesta saatiin MTT/Piikkiöstä (Näkkilä 2006b). Kasvuston tyypipitoisuutena käytettiin Seppälän (2006) toimittamia tietoja ja hiilipitoisuutena Gary ym:n (1998) tietoa. Kasvusto-ominaisuuksista on tiedot koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Kurkkukasvuston lehtien ja varsien määrät ympärivuotisessa tuotannossa neliötä kohti (2,44 kasvia neliöllä) ja kasvuston kuiva-aine- ja typpipitoisuus.

	Tuorepaino ¹ (kg/m ² /vuosi)	Kuiva- ainepitoi- suus ¹ (%)	Kuivapaino ¹ (kg/m ² /vuosi)	Typpipitoi- suus ² (g N/kg ka)	Typeä kasvustos- sa (g N/m ² /vuosi i)	Hiilipitoi- suus ³ (% kuiva- aineesta)
Leh- det	20,3	8,6	1,75	50	88	40
Var- ret	7,3	7,5	0,55	30	17	40

¹ Näkkilä 2006b

² Seppälä 2006

³ Gary ym. 1998

Wihersaaren (2005) mukaan kasvuston tyypestä 1-2 % haihtuu kompostoinnin aikana dityppioksidina (N₂O). Kirchmann ja Widén (1994) toteavat kompostoinnin aikaisen typpitappion olevan 25–50 % materiaalin alkuperäisestä typpimäärästä. Martins ja Dewes (1992) ilmoittavat, että haihtuneesta tyypestä 5 % on N₂O-tyypeä ja 95 % NH₃-tyypeä. Tämän pohjalta on arvioitu, että kasvuston tyypestä 1,5 % haihtuu N₂O-typpenä. Lisäksi edellä esitetyn pohjalta on arvioitu, että 35 % kasvuston tyypestä haihtuu NH₃-typpenä. Wihersaaren (2005) arvion mukaan 4-5 % jätteen hiilestä muuttuu kompostoinnissa CH₄-C:ksi, jota arvoa on tässä tutkimuksessa käytetty.

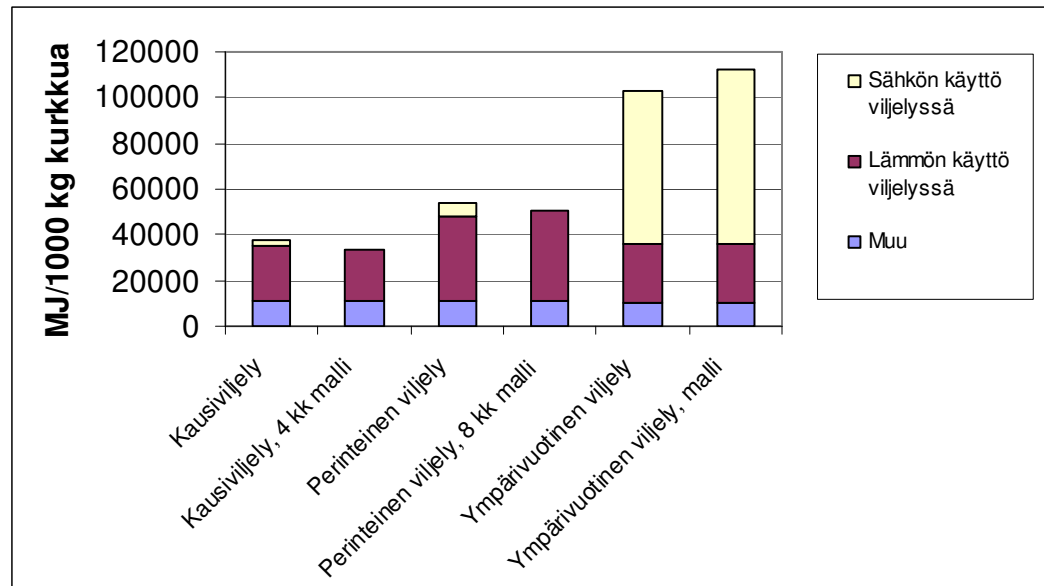
5.4 Inventaarioanalyysin tulokset

Inventaariovaiheessa kerättiin kurkun elinkaaren aikaiset ympäristökuormitustiedot. Kasvihuonekurkun ympäristökuormituksia arvioitiin erikseen ympärivuotiselle viljelylle, perinteiselle viljelylle ja kausiviljelylle sekä jokaiselle tutkimuksessa mukana olleelle puutarhalle ja niiden tuotantoketjulle erikseen. Kausiviljelyn, perinteisen viljelyn ja ympärivuotisen viljelyn kuormitustiedot laskettiin vertailun

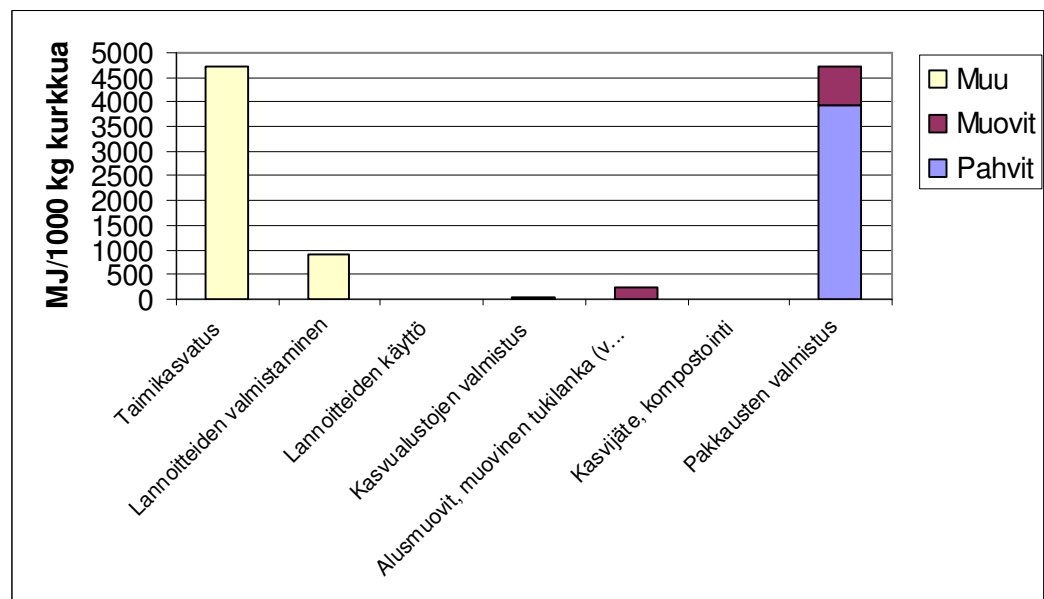
vuoksi sekä Puutarhayritysrekisteristä saatujen tietojen että Kauppapuutarhaliiton mallien perusteella. Tutkimuksessa mukana olleet puutarhat antoivat tietoja tuotannostaan luottamuksellisesti, joten niitä ei yksityiskohtaisesti ole tässä raportissa esitetty. Tuloksissa onkin keskitytty eri tuotantotapojen välisten erojen selvittämiseen. Puutarhayrityksille lähetettiin kuitenkin postissa yrityskohtaiset palautteet tuloksista. Inventaarioanalyysin tulokset on esitetty liitteissä 1-3. Inventaarioanalyysin apuna on käytetty KCL-ECO-ohjelmaa.

5.4.1 Primäärienergia

Primäärienergiankulutuksella tarkoitetaan energian tuottamiseen käytettyjen polttoaineiden ja muiden energialähteiden sisältämää ja niiden hankintaan kuluva energiaa. Kuvioissa 4 ja 5 on esitetty kausiviljelyn, perinteisen viljelyn ja ympärivuotisen viljelyn primäärienergian kulutus kurkun elinkaaren aikana. Rinnalle on lisätty Kauppapuutarhaliitosta saatujen tietojen perusteella tehdyt primäärienergian käytön mallilaskelmat vastaaville tuotantotavoille. Primäärienergiaa kului ympärivuotisessa viljelyssä kolme kertaa enemmän kuin kausiviljelyssä ja kaksi kertaa enemmän kuin perinteisessä viljelyssä. Syynä tähän oli ympärivuotisen viljelyn suurempi kokonaisenergian käyttö viljelyssä tuotettua yksikköä kohti. Tuotantopanoksista pakkausten valmistuksessa kului primäärienergiaa eniten, mikä johtui pahvien valmistusprosesseissa käytetyistä suurista energiamääristä.



Kuvio 4. Primäärienergian kulutus (MJ) 1000 kg kurkkua kohti eri tuotantotavoissa.



Kuvio 5. Primäärienergian kulutus (MJ) ympärivuotisessa viljelyssä ilman sähkön ja lämmön tuotantoa viljelyssä.

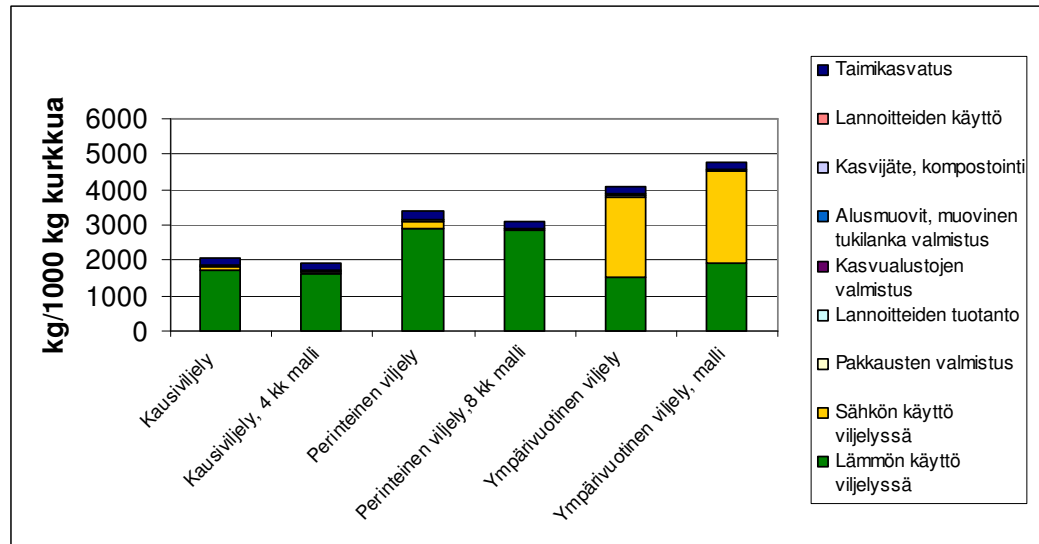
5.4.2 Päästöt ilmaan

Kasvihuonekurkun koko elinkaaren kattavan tuotannon fossiiliset hiilidioksidipäästöt aiheutuivat pääosin kasvihuoneiden lämmön ja sähkön tuotannosta. Päästöjen määrää arvioitiin Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella lasketuille

keskimääräiselle kausiviljelylle, perinteiselle viljelylle sekä ympärivuotiselle viljelylle. Rinnalle laskettiin lisäksi Kauppapuutarhaliitosta saatujen tietojen perusteella tehdyt mallit eri tuotantotavoille. Malleissa energian lähteenä oletettiin kausiviljelyssä olevan kevyt polttoöljy ja perinteisessä viljelyssä sekä ympärivuotisessa viljelyssä raskas polttoöljy. Tämä siksi, että Puutarhayritysrekisterin perusteella kausiviljelyssä käytettiin vuonna 2004 pääasiassa kevyttä polttoöljyä, perinteisessä ja ympärivuotisessa viljelyssä raskasta polttoöljyä. Muiden polttoaineiden, kuten puun, käyttö kasvihuoneiden lämmittämisessä oli Puutarhayritysrekisterin perusteella hyvin vähäistä.

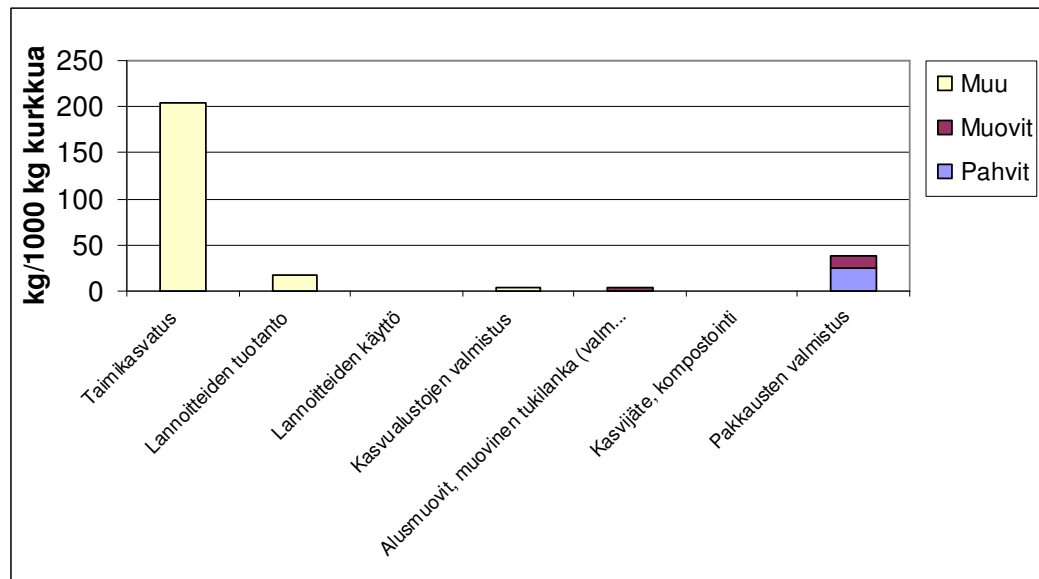
Kokonaishiilidioksidipäästöt olivat ympärivuotisessa viljelyssä noin kaksi kertaa suuremmat kuin kausiviljelyssä ja 1,2 kertaa suuremmat kuin perinteisessä viljelyssä. Kausiviljelyssä CO₂-päästöistä 82 % vapautui lämmön tuotannosta viljelyssä ja 10 % taimikasvatuksesta. Perinteisesti, ilman tekovalotusta viljelevillä puutarhoilla lämmön tuotannon osuus oli 86 % ja taimikasvatuksen 6 % CO₂-päästöistä. Ympärivuotisesti viljeltäessä hiilidioksidista 37 % vapautui lämmön tuotantoprosesseissa, 56 % sähkön tuotannosta ja 5 % taimikasvatuksesta. Kokonaishiilidioksidipäästöt 1000 kg kurkkua kohti olivat kausiviljelyssä 2088 kg, perinteisessä viljelyssä 3378 kg ja ympärivuotisessa viljelyssä 4082 kg. (Kuvio 6)

Kausiviljelyn ja perinteisen 8 kk:n viljelyn mallilaskelmissa CO₂-päästöt olivat pienemmät kuin puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella lasketuilla vastaavilla tuotantotavoilla. Ympärivuotisessa viljelymallissa CO₂-päästöt taas olivat 17 % suuremmat kuin puutarhayritysrekisterin perusteella lasketussa ympärivuotisessa viljelyssä. Tämä johtui mallilaskelman suuremmasta energian käytöstä 1000 kg kurkkua kohti puutarhayritysrekisterin tietoihin verrattuna. (Kuvio 6)



Kuvio 6. Kasvihuonekurkun CO₂-päästöt 1000 kg kurkkua kohti.

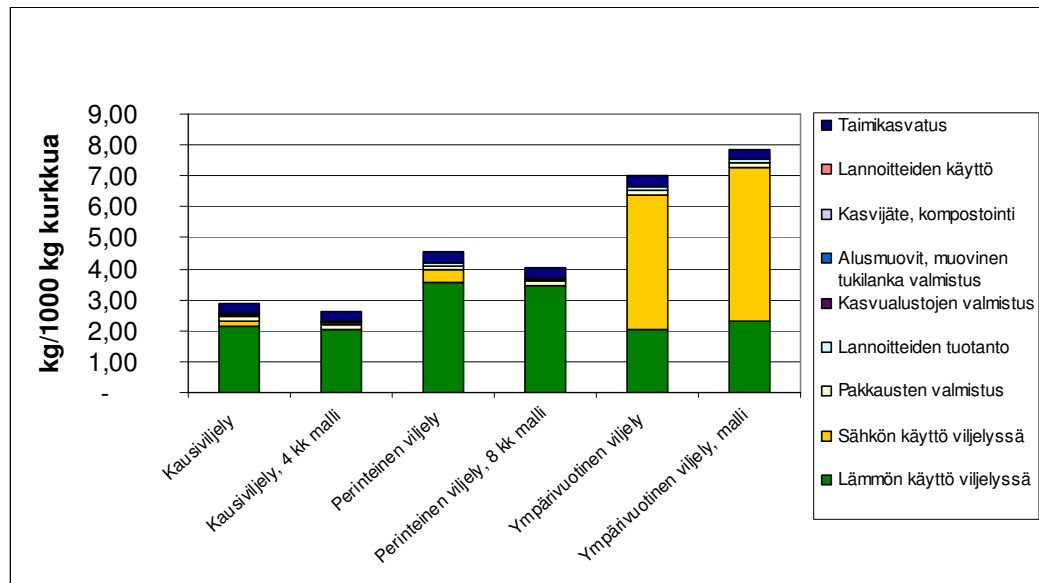
Kuviossa 7 on esitetty ympärivuotisen viljelyn taimikasvatuksen, tuotantopanosten valmistuksen, lannoitteiden käytön ja kasvijätteen kompostoinnin CO₂-päästöt ilman viljelyn lämmön ja sähkön tuotannon aiheuttamia päästöjä, yhteensä 267 kg 1000 kg kurkkua kohti, joka on 6-13 % kokonaispäästöistä. Näistä päästöistä 77 % aiheutui taimikasvatuksesta ja 14 % pakkausten valmistuksesta. Taimikasvatuksen päästöistä suurin osa aiheutui lämmön ja sähkön tuotannosta. Kausi- ja perinteisessä ja ympärivuotisessa viljelyssä tuotantopanosten valmistuksesta syntyvien päästöjen oletettiin olevan suunnilleen samansuuruisia tuotettua 1000 kg kurkkua kohti.



Kuvio 7. CO₂-päästöt (ilman lämmön ja sähkön tuotantoa) keskimäärin ympärivuotisessa viljelyssä.

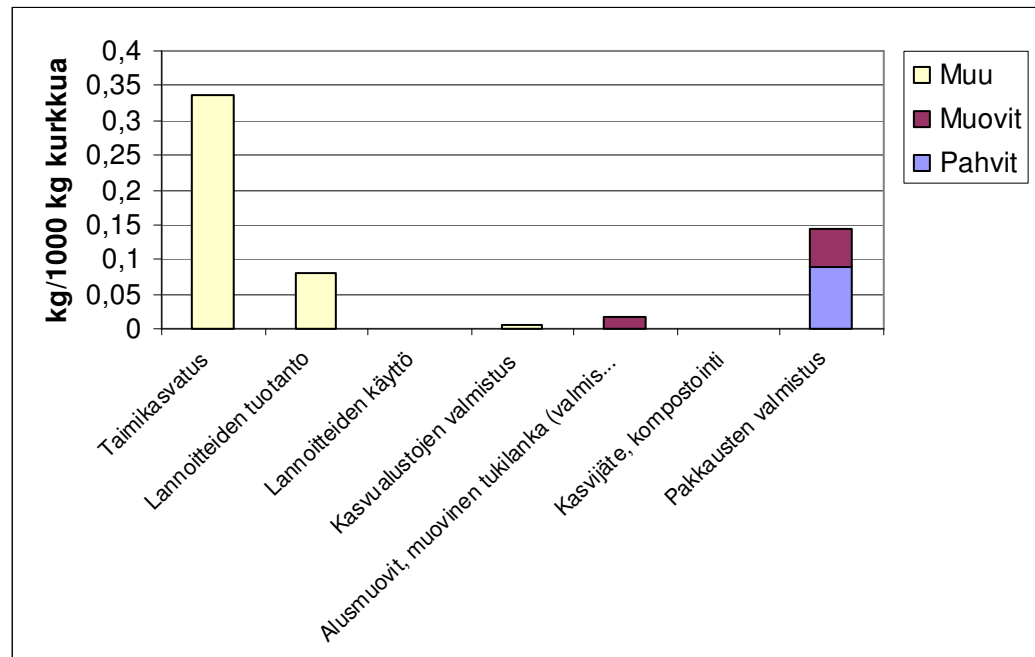
Kasvihuonekurkun elinkaaren aikaisista NO_x-päästöjä aiheutui keskimääräisessä ympärivuotisessa viljelyssä 2,4 kertaa enemmän kuin kausiviljelyssä ja 1,5 kertaa enemmän kuin perinteisessä viljelyssä. Kausiviljelyssä NO_x-päästöistä 74 % aiheutui viljelyn lämmön tuotannosta. Vastaava luku perinteisessä viljelyssä oli 78 % ja ympärivuotisessa viljelyssä oli 29 %. Sähkön tuotannon osuus NO_x -kuormituksesta oli kausiviljelyssä 6 %, perinteisessä viljelyssä 9 % ja ympärivuotisessa viljelyssä 62 %. Kausi- ja perinteisessä viljelyssä sähköä kuluttivat käytävälampot ja kurkun muovituskone. Taimikasvatuksen osuus typen oksideista oli 5-12 % tuotantotavasta riippuen (kokonaispäästömäärästä riippuen). Kurkun elinkaaren NO_x-päästöt 1000 kg kurkkua kohden olivat kausiviljelyssä 2,9 kg, perinteisessä viljelyssä 4,6 kg ja ympärivuotisessa viljelyssä 7,0 kg. (Kuvio 8)

Kausiviljelyn 4 kk ja perinteisen viljelyn 8 kk mallilaskelmassa NO_x -päästöt olivat pienemmät kuin puutarhayritysrekisterin perusteella lasketussa keskimääräisessä kausiviljelyssä ja perinteisessä viljelyssä. Ympärivuotisessa viljelyssä ero mallilaskelman ja rekisterin perusteella lasketun keskimääräisen viljelyn välillä oli suurempi. Ympärivuotisen viljelyn mallilaskelmassa NO_x-päästöt olivat 12 % suuremmat kuin keskimääräisessä ympärivuotisessa viljelyssä, mikä johtui mallilaskelman suuremmasta energian käytöstä viljelyssä (Kuvio 8)



Kuvio 8. NO_x-päästöt 1000 kg kurkkua kohti.

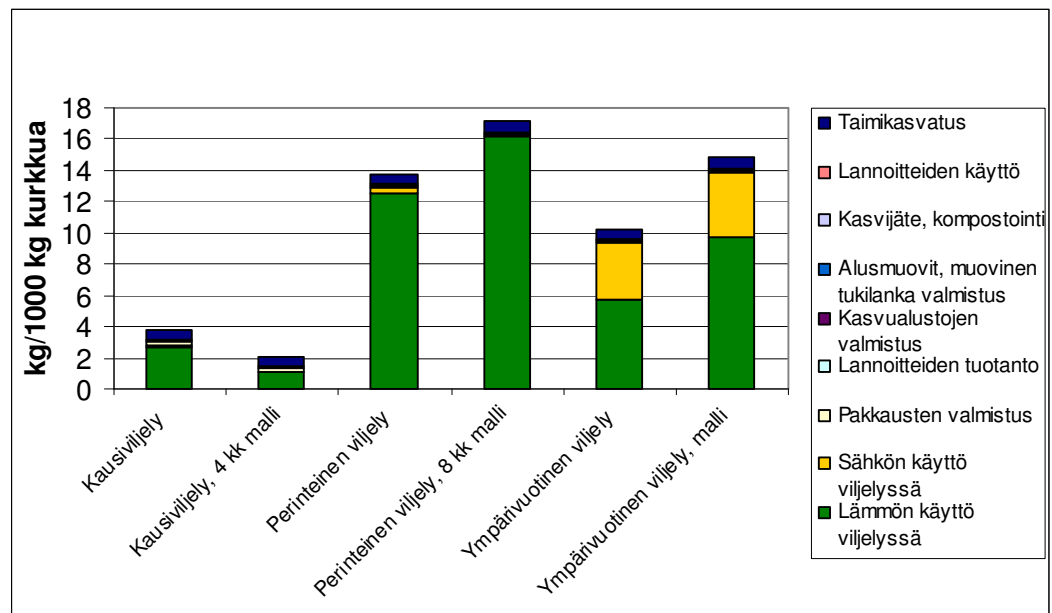
Kuviossa 9 on esitetty ympärivuotisen viljelyn taimikasvatuksen, eri tuotantopanosten valmistuksen, lannoitteiden käytön ja kasvijätteen kompostoinnin NO_x-päästöt ilman lämmön ja sähkön tuotannon aiheuttamia päästöjä. Näistä päästöistä eniten aiheutui taimikasvatuksesta (57 %), pakkausten valmistuksesta (25 %) ja lannoitteiden tuotannosta (14 %). Yhteensä NO_x-päästöjä syntyi tuotantopanosten valmistuksessa 0,6 kg 1000 kg kurkkua kohti.



Kuvio 9. NO_x-päästöt 1000 kg kurkkua kohti (ilman lämmön ja sähkön tuotantoa) keskimäärin ympärivuotisessa viljelyssä.

Suurin osuus, 72 %, kurkun elinkaaren aikaisista rikkidioksidipäästöistä aiheutui kausiviljelyssä lämmön tuotannosta puutarhalla. Vastaava luku perinteisessä viljelyssä oli 91 % ja ympärivuotisessa viljelyssä 55 %. Puutarhan tarvitseman sähkön tuotannossa rikin oksideja vapautui kausiviljelyssä 4 %, perinteisessä viljelyssä 2 % ja ympärivuotisesti viljeltäessä 36 % kokonaisrikkidioksidipäästöistä. Rikkidioksidipäästöt 1000 kg kurkkua kohti olivat kausiviljelyssä 3,8 kg, perinteisessä viljelyssä 13,8 kg ja ympärivuotisessa viljelyssä 10,2 kg. Perinteisessä viljelyssä käytettiin tuotettua tuhatta kurkkukilogrammaa kohti lämmitykseen enemmän raskasta polttoöljyä kuin ympärivuotisessa viljelyssä. Puutarhayrityksrekisterin tietojen perusteella ympärivuotisessa viljelyssä energian lähteenä käytettiin raskaan polttoöljyn lisäksi maakaasua. Maakaasun poltosta rikkipäästöjä ei muodostu lainkaan, koska ainakaan Suomessa käytettävä maakaasu ei sisällä rikkiä. Ympärivuotisessa viljelyssä kasvihuoneita lämmitetään osittain myös sähköenergialla. Sähkön tuotannosta ei aiheudu rikkipäästöjä yhtä paljon kuin raskaan polttoöljyn käytöstä. Näistä syistä ympärivuotisessa viljelyssä energiantuotannosta aiheutuviin rikkipäästöjen määrä jäi vähäisemmäksi kuin perinteisessä viljelyssä. (Kuvio 10)

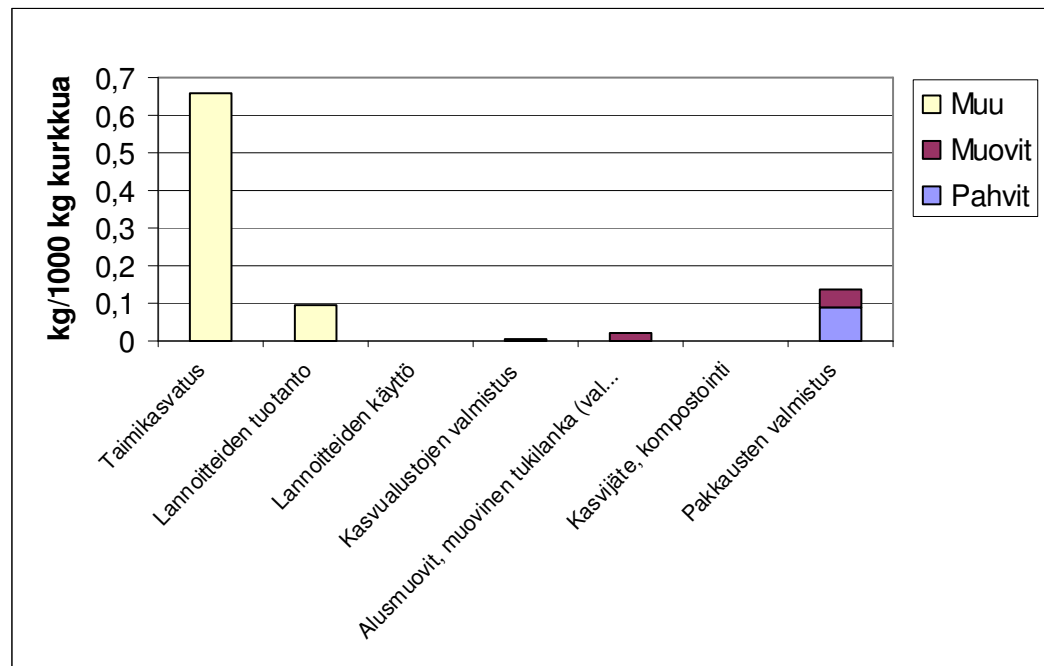
Kausiviljelyn mallilaskelmassa rikkidioksidipäästöt olivat 45 % pienemmät kuin keskimääräisessä Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella lasketussa kausiviljelyssä. Kausiviljelyn mallilaskelmassa oletettiin, että kasvihuoneissa polttoaineena käytettiin kevyttä polttoöljyä. Keskimääräisessä kausiviljelyssä käytettiin kevyen polttoöljyn lisäksi myös raskasta polttoöljyä. Raskas polttoöljy sisältää enemmän rikkiä kuin kevyt polttoöljy. Raskaan polttoöljyn poltosta muodostuu siten enemmän rikkidioksidipäästöjä kuin kevyen polttoöljyn poltosta, mikä selittää eroa laskelmien välillä. Perinteisen viljelyn mallilaskelmassa SO₂-päästöjä syntyi 1,2 kertaa enemmän kuin keskimääräisessä perinteisessä viljelyssä. Ero selittyy sillä, että mallilaskelmassa kasvihuoneiden lämmitykseen käytetyn polttoaineen oletettiin olevan raskasta polttoöljyä. Keskimääräisessä perinteisessä viljelyssä käytettiin Puutarhayritysrekisterin tietojen mukaan sekä raskasta että kevyttä polttoöljyä. Ympärivuotisen viljelyn mallilaskelmassa SO₂-päästöt olivat 1,4 kertaa suuremmat kuin keskimääräisessä ympärivuotisessa viljelyssä. Myös tämä ero selittyy polttoainevalinnoilla sekä mallilaskelman suuremmalla energiankäytöllä. (Kuvio 10)



Kuvio 10. SO₂-päästöt 1000 kg kurkkua kohti.

Tuotantopanosten valmistuksesta rikkipäästöjä syntyi ympärivuotisessa viljelyssä yhteensä 0,91 kg 1000 kg kurkkua kohti. Tästä päästömäärästä taimikasvatuksen osuus oli suurin (72 %), pakkausten valmistamisen osuus oli 15 % ja lannoitteiden

tuotannon 10 %. Kausiviljelyssä ja perinteisessä viljelyssä kyseisten päästöjen oletettiin olevaan suunnilleen samansuuruisia. (Kuvio 11)



Kuvio 11. SO₂-päästöt 1000 kg kurkkua kohti (ilman sähkön ja lämmön tuotantoa) keskimäärin ympärivuotisessa viljelyssä.

5.4.3 Päästöt veteen

Kasvihuonekurkun tuotannon aikaisen vesistökuormituksen osalta keskityttiin typpi- ja fosforihuuhtoutumiin. Valtaosa kurkun elinkaaren aikaisesta typpi- ja fosforikuormituksesta aiheutui kurkun ylikasteluvesien lannoiteravinteiden päätyemisestä pintavesistöihin. Annetusta lannoituksesta arvioitiin huuhtoutuvan kasvualustasta riippuen 11-16 %. Viljelyn aikana ympäristöön joutuvan ravinnekuormituksen määrä oli kivivillassa viljeltäessä keskimäärin 0,78 kg typpeä ja 0,15 kg fosforia 1000 kg kurkkua kohti laskettuna. Vastaava kuormitus turvealustalla viljeltäessä oli keskimäärin 0,48 kg typpeä ja 0,10 kg fosforia 1000 kg kurkkua kohti laskettuna. Ravinnekuormituksen oletettiin olevan suunnilleen samansuuruisia tuotantotavasta riippumatta. Tuotantopanosten valmistuksesta ja energian tuotannosta typpi- ja fosforikuormitusta ei aiheutunut merkittäviä määriä kurkun elinkaaren aikana.

5.4.4 Jätteet

Kasvihuoneiden jätteistä määrällisesti eniten syntyi kasvijätettä. Kasvijätteiden määrän arviointi osoittautui tutkimuksessa mukana olleilla puutarhoilla vaikeaksi. Kasvijätteen määrää arvioitiin siten Piikkiön viljelykokeiden tietojen perusteella (283 kg tuhatta kurkkukilogrammaa kohti). Suurin osa puutarhoista kompostoi kasvijätteensä ja levittää ne pellolle. Kasvijätteiden ajateltiin olevan ympäristökuormituksiltaan ”ilmaisia” niitä hyödyntäville muille tuotejärjestelmille (peltoviljelylle). Kompostoinnissa syntyvät kaasumaiset päästöt kohdennettiin siten tutkitavalle tuotejärjestelmälle. Kasvijätteen kompostoinnin päästöjen arvioinnista on kerrottu tarkemmin kappaleessa 5.3.6.

Muita merkittäviä kasvihuoneissa syntyviä jättejakeita olivat kasvualustat ja muovit. Turvealustat kompostoidaan yleensä kasvijätteen mukana, kivivilla-alustat ja muovit toimitetaan kaatopaikalle. Muovijäte koostui pääasiassa kasvihuoneiden pohjalla olevista alusmuoveista (PE-LD). Kasvihuoneissa syntyviä muovijätteitä voidaan hyödyntää energiantuotannossa.

5.5 Vaikutusarvioinnin tulokset

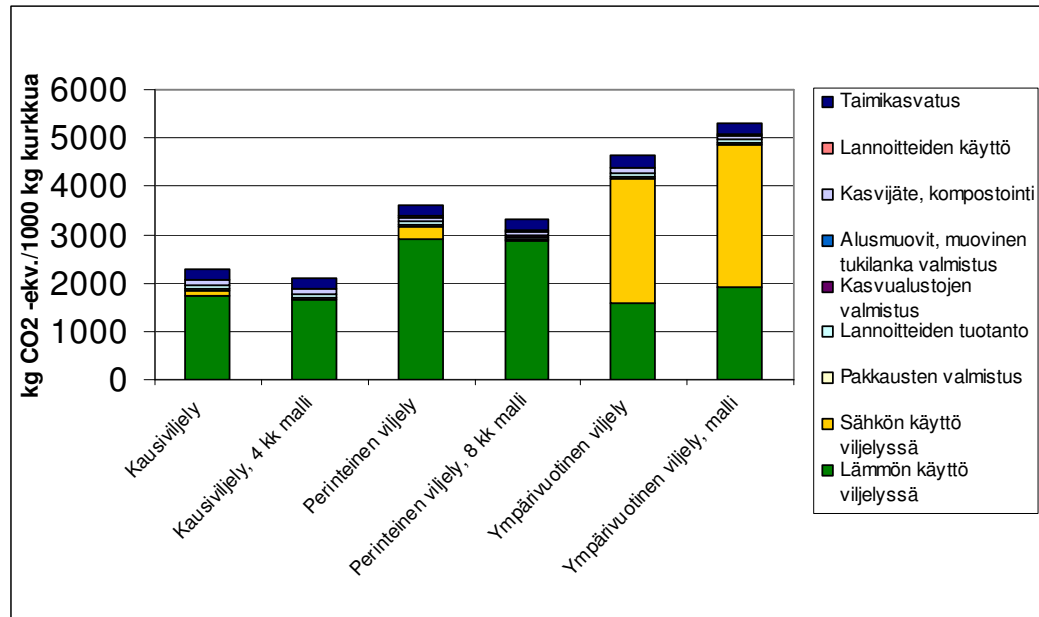
Vaikutusten arvioinnissa keskityttiin kolmeen ympäristövaikutusluokkaan, jotka olivat ilmastonmuutos, rehevöityminen ja happamoituminen. Kyseisiin vaikutusluokkiin päädyttiin, sillä niiden arviointiperusteet ovat parhaiten tieteellisesti perusteltavissa. Vaikutusarvioinnissa kuormitustekijöiden arvot muutettiin karakterisointiskertoimien avulla yhteismitalliseksi kussakin vaikutusluokassa. Vaikutusarvioinnissa käytetyt karakterisointiskertoimet on esitetty liitteessä 4. Esimerkiksi ilmastonmuutosta aiheuttavat päästöt pystyttiin näin ilmaisemaan ilmaston lämpenemispotentiaalia kuvaavina CO₂-ekvivalentteina.

5.5.1 Ilmastonmuutos

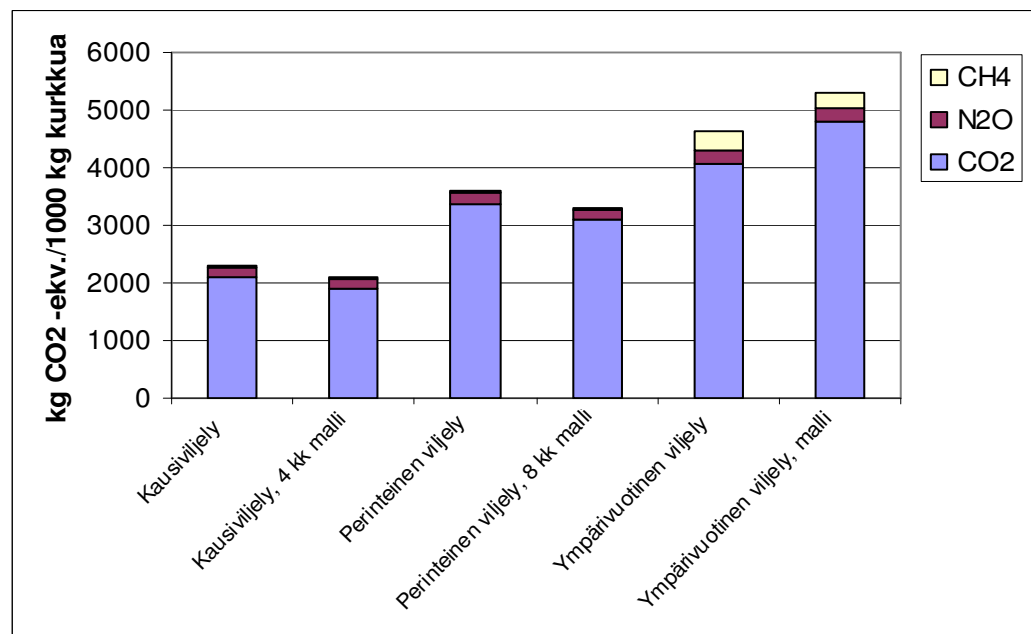
Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttamaa ilmaston lämpenemistä. Kasvihuonekurkun ilmastonmuutoksen arvioinnissa huomioitiin ns. suorat kasvihuonekaasupäästöt eli hiilidioksidi (CO₂), typpioksiduuli (N₂O) ja metaani (CH₄). Kuviossa 12 on esitetty ilmaston lämpenemispotentiaali 1000 kg kurkkua kohti. Kausiviljelyssä kasvihuoneiden lämmön tuotannon osuus ilmaston lämpenemisestä oli 76 % ja perinteisessä viljelyssä 81 %. Vastaava luku ympärivuotisessa viljelyssä oli 35 %. Sähkön tuotannon osuus ilmaston lämpenemisessä oli kausiviljelyssä 4 %, perinteisessä viljelyssä 7 % ja ympärivuotisessa viljelyssä 56 %. Taimikasvatus aiheutti ilmaston lämpenemistä voimistavista päästöistä 5-10 % tuotantotavasta riippuen. Taimikasvatuksen päästöistä suurin osa aiheutui lämmön ja sähkön tuotannosta. Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella laskettuna keskimääräisen Suomessa tuotetun kurkun elinkaaren aikana ilmastonmuutosta voimistavia päästöjä syntyi noin 3902 kg CO₂-ekv 1000 kg kurkkua kohti.

Kausiviljelyn ja perinteisen viljelyn mallilaskelmissa ilmastonmuutosta voimistavia päästöjä syntyi vähemmän kuin Puutarhayritysrekisterin perusteella lasketussa keskimääräisessä viljelyssä vastaavilla tuotantotavoilla. Ympärivuotisen viljelyn mallilaskelman ilmastonmuutosta voimistavat päästöt olivat taas suuremmat kuin keskimääräisessä ympärivuotisessa viljelyssä, mikä johtui mallilaskelman suuremmasta kokonaisenergian käytöstä tuotettu yksikköä kohti. (Kuvio 12 ja 13)

Vuonna 2003 tehdyssä Kiipulan kasvihuonekurkun elinkaari-inventaariossa (Mikkola 2003) ilmastonmuutosta voimistavia päästöjä syntyi ympärivuotisessa viljelyssä 3530 kg 1000 kg kurkkua kohti. Tutkimuksessa oli käytetty sähkö- ja lämpöenergian tuotannosta aiheutuvien päästöjen osalta eri tietolähteitä kuin tässä tutkimuksessa. Aikaisemman työn tietopohjaan liittyneistä epävarmuuksista ja tiedon laadusta johtuen tulokset poikkeavat nyt tehdyn tutkimuksen tuloksista jonkin verran.



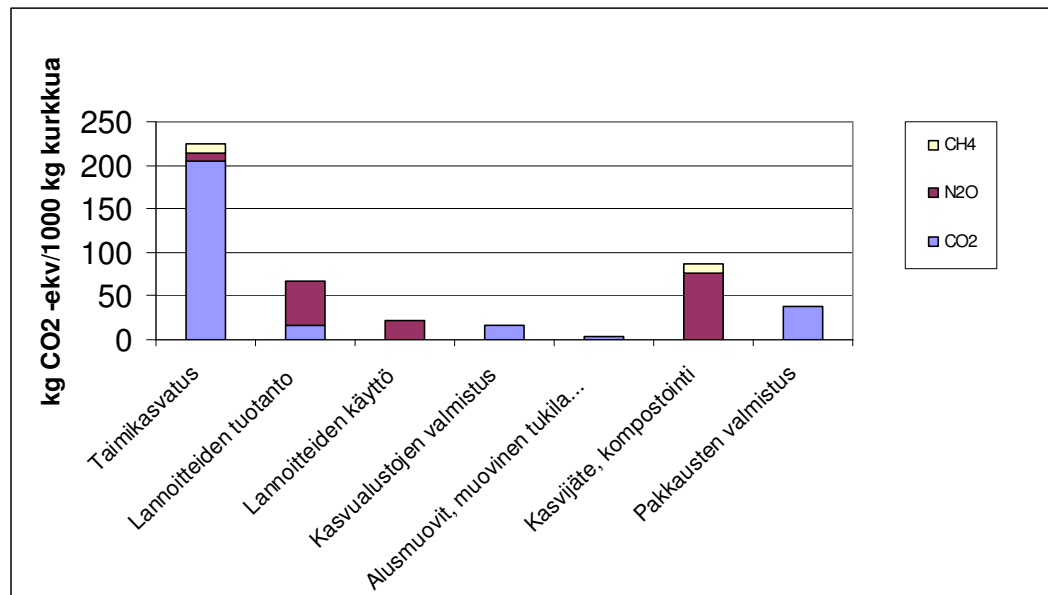
Kuvio 12. Kasviuonekurkun ilmaston lämpenemispotentiaali kausiviljelyssä, perinteisessä viljelyssä ja ympärivuotisessa viljelyssä (kg CO₂-ekv.) 1000 kg kurkkua kohti.



Kuvio 13. Kasviuonekurkun ilmaston lämpenemispotentiaali 1000 kg kurkkua kohti päästöittäin eriteltynä.

Kuviossa 14 on esitetty kasviuonekurkun ilmaston lämpenemispotentiaali keskimäärin ympärivuotisessa viljelyssä ilman lämmön ja sähkön tuotantoa. Taimikasvatuksesta, tuotantopanosten valmistuksesta, kasvijätteen kompostoinnista ja

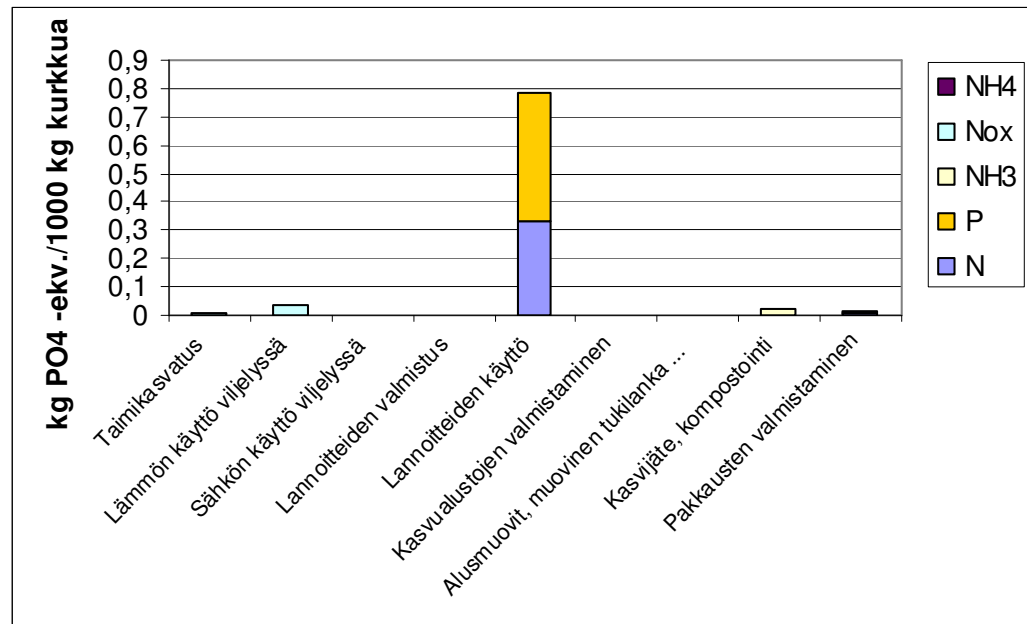
lannoitteiden käytöstä aiheutui yhteensä 460 CO₂-ekvivalenttikilogrammaa. Tästä taimikasvatuksen osuus oli 49 %, kasvijätteen kompostoinnin osuus oli 19 % ja lannoitteiden tuotantoketjun 15 %. Kasvijätteen kompostoinnissa syntyvä merkittävin ilmastomuutosta voimistava päästö oli N₂O, jonka määrää arvioitiin biojätteen kompostointia käsittelevän kirjallisuuden sekä kasvuston kuiva-aine- ja typipitoisuuden avulla.



Kuvio 14. Kasvihuonekurkun ilmaston lämpenemispotentiaali ilman sähkön ja lämmön tuotantoa 1000 kg kurkkua kohti ympärivuotisessa viljelyssä.

5.5.2 Rehevöityminen

Rehevöitymistä aiheuttavat veteen ja ilmaan joutuvat typpi- ja fosforipäästöt. Kasvihuonekurkun elinkaaren aikaisista rehevöittävästä päästöistä lähes 100 prosenttia aiheutui kasvualustoilta huuhtoutuvista ravinteista. Kausi-, perinteisessä ja ympärivuotisessa viljelyssä ei oletettu olevan eroa huuhtoutuvien ravinteiden suhteen. Kuviossa 15 on esitetty rehevöitymistä aiheuttavat päästöt (N, P, NO_x, NH₃ ja NH₄) muunnettuina PO₄-ekvivalenteiksi.



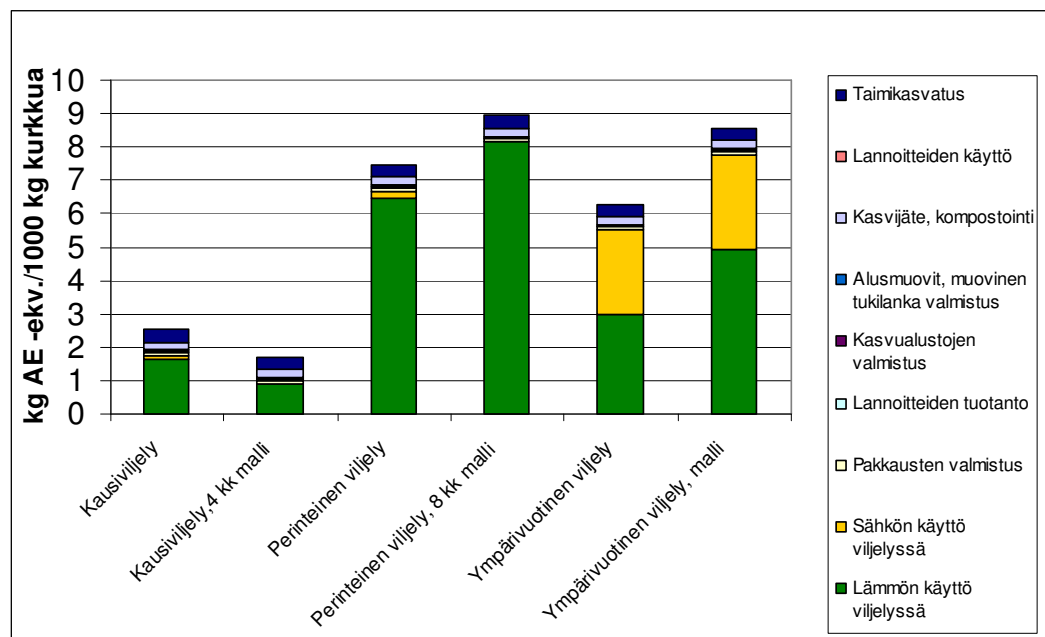
Kuvio 15. Rehevöitymispotentialiaali 1000 kg kurkkua kohti tuotantotavasta riippumatta, yhteensä 0,86 PO₄-ekvivalenttikilogrammaa.

5.5.3 Happamoituminen

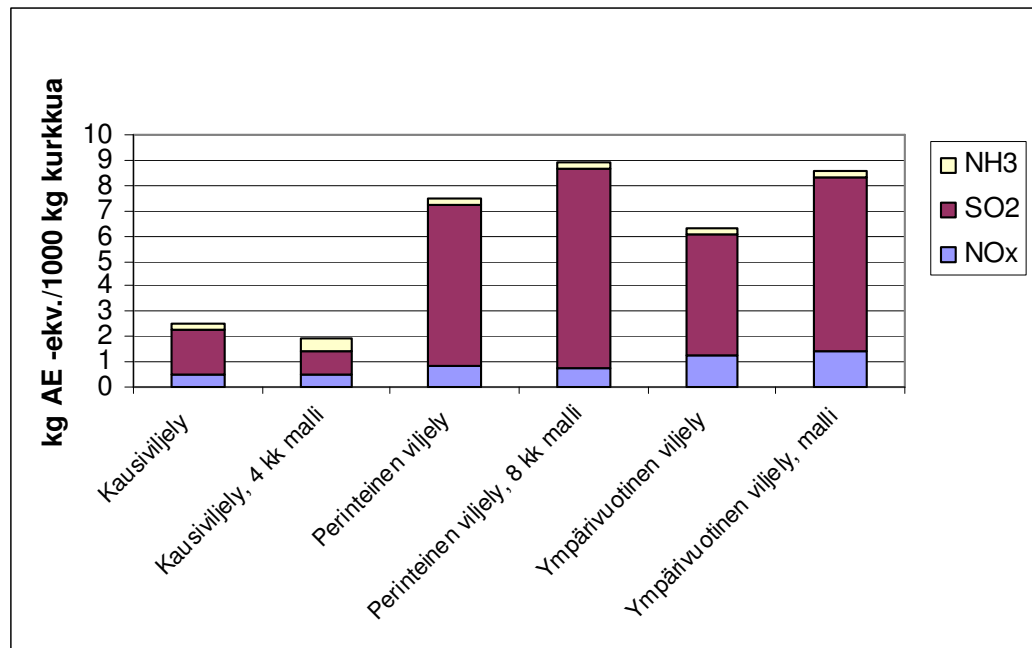
Happamoitumisella tarkoitetaan luonnon vastustuskyvyn heikentymistä happamoittavaa laskeumaa vastaan. Suomalainen kallio- ja maaperä pystyy neutraloimaan hapanta laskeumaa huonosti, minkä vuoksi se on herkkä happamalle laskeumalle. Keskeisimmät tutkimuksessa määritetyt happamoitumista aiheuttavat päästöt olivat rikkidioksidi (SO₂), ammoniakki (NH₃) ja typen oksidit (NO_x). Happamoitumispotentialista kausiviljelyssä 65 %, perinteisessä viljelyssä 86 % ja ympärivuotisessa viljelyssä 48 % aiheutui lämmön tuotantoprosesseista. Vastaavat sähkön tuotannon osuudet olivat kausi- ja perinteisessä viljelyssä 3 % ja ympärivuotisessa viljelyssä 40 %. Taimikasvatuksen osuus happamoitumispotentialista oli tuotantotavasta riippuen 5-15 %. Happamoitumispotentialiaali oli suurin perinteisessä viljelyn mallilaskelmassa, yhteensä 8,9 AE-ekvivalenttikilogrammaa. Vastaava luku kausiviljelyn mallissa oli 1,7 ja ympärivuotisen viljelyn mallissa 8,6 AE-ekvivalenttikilogrammaa. AE_{eq} on happamoitumisen vaikutusyksikkö (Accumulated Exceedance Equivalent), joka on määritelty happamoitumisen Euroopan laajuisista kantokyvyn arvioituista ylityksistä lähtien. Perinteisen viljelyn suurempi happamoitumispotentialiaali ympärivuotiseen verrattuna johtui perinteisen

viljelyn suuremmasta lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden määrästä tuotettua 1000 kg kurkkua kohti sekä polttoainevalinnoista. Ympärivuotisessa viljelyssä kasvihuoneiden lämmitykseen ei tarvita polttoaineita yhtä paljon, sillä tekovalotukseen käytetty sähkö lämmittää huoneita osaltaan. (Kuvio 16)

Kausiviljelyn mallissa happamoittavia päästöjä syntyi vähemmän kuin Puutarhayritysrekisterin perusteella lasketussa kausiviljelyssä. Perinteisen viljelyn mallissa ja ympärivuotisen viljelyn mallissa happamoittavia päästöjä syntyi taas enemmän kuin vastaavassa keskimääräisessä viljelyssä. Ero selittyy polttoainevalinnoilla. Malleissa perinteisen ja ympärivuotisen viljelyn lämpöenergian lähteenä oletettiin olevan raskas polttoöljy. Keskimääräisessä perinteisessä viljelyssä polttoaineena käytetään raskaan polttoöljyn lisäksi kevyttä polttoöljyä ja ympärivuotisessa viljelyssä maakaasua. Maakaasun poltosta ei synny lainkaan happamoittavia rikkidioksidipäästöjä. Kevyen polttoöljyn poltossa syntyvät rikkipäästöt taas ovat vähäisemmät raskaaseen polttoöljyn verrattuna. (Kuvio 16 ja 17)

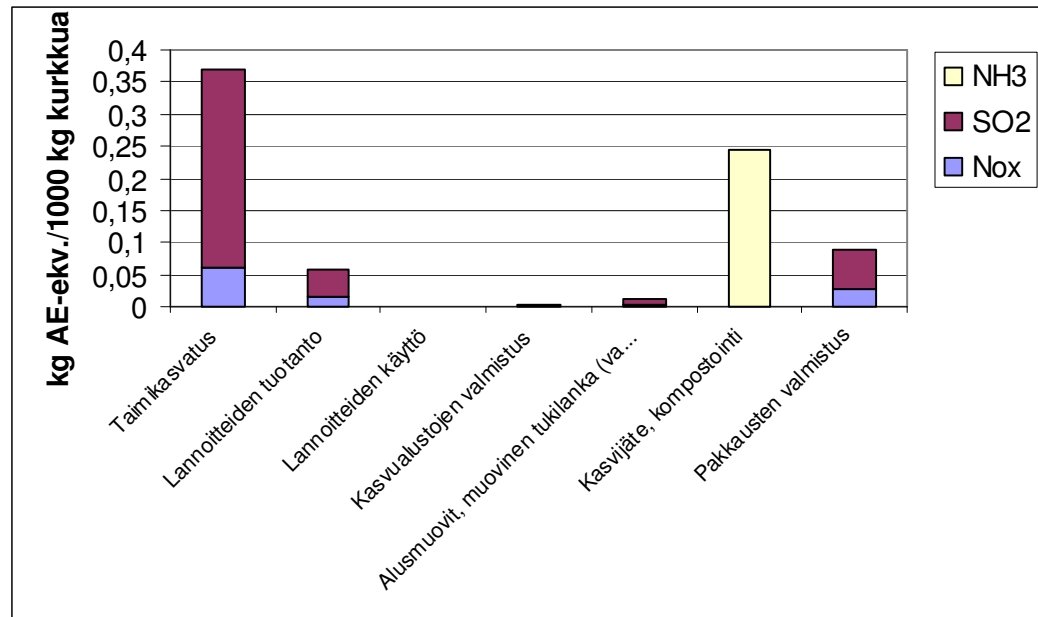


Kuvio 16. Kasvihuonekurkun happamoitumispotentiaali kausiviljelyssä, perinteisessä viljelyssä ja ympärivuotisessa viljelyssä 1000 kg kurkku kohti.



Kuvio 17. Kasvihuonekurkun happamoitumispotentialiaali 1000 kg kurkkua kohti päästöittäin eriteltyinä.

Kuviossa 18 on esitetty kasvihuonekurkun happamoitumispotentialiaali keskimäärin ympärivuotisessa viljelyssä ilman lämmön ja sähkön tuotantoa. Taimikasvatuksesta, tuotantopanosten valmistuksesta, kasvijätteen kompostoinnista ja lannoitteiden käytöstä aiheutui yhteensä 0,78 AE-ekvivalenttikilogrammaa 1000 kg kurkkua kohti. Tästä taimikasvatuksen osuus oli 48 %, kasvijätteen kompostoinnin osuus oli 31 % ja pakkausten valmistuksen 12 %. Kasvijätteen kompostoinnin happamoitumista voimistava päästö oli NH_3 , jonka määrää arvioitiin biojätteen kompostointia käsittelevän kirjallisuuden sekä kasvuston kuiva-aine- ja typpipitoisuuden pohjalta.



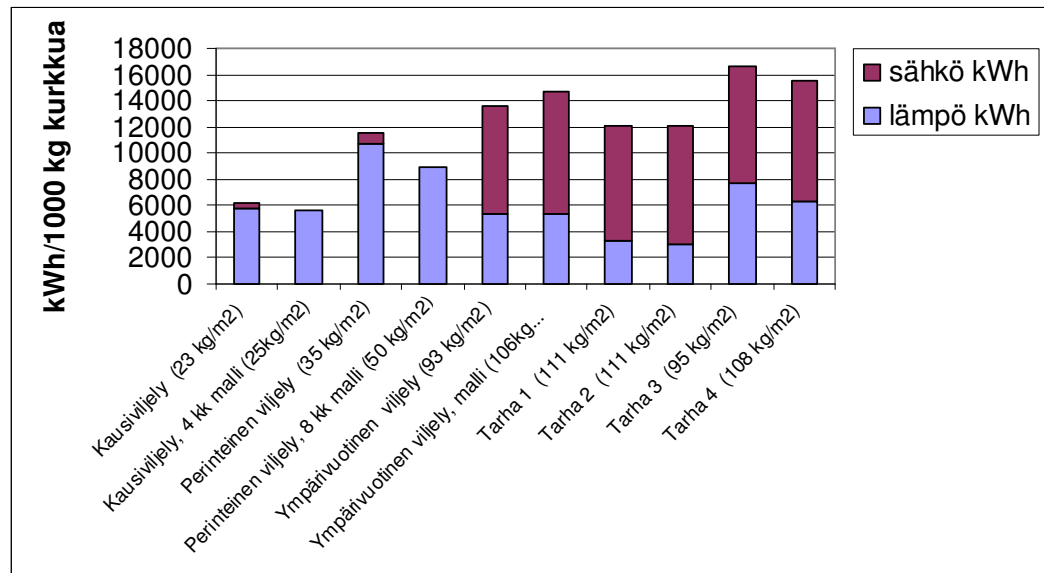
Kuvio 18. Kasvihuonekurkun happamoitumispotentiaali (ilman sähkön ja lämmön tuotantoa) 1000 kg kurkkua kohti keskimäärin ympärivuotisessa viljelyssä.

5.6 Tulosten tarkastelu

5.6.1 Inventaarioaineistoon liittyvät epävarmuudet

Kasvihuonekurkun elinkaaren merkittävimmät ilmastonmuutosta ja happamoitumisesta aiheuttavat päästöt syntyvät kasvihuoneiden lämmön ja sähkön tuotannosta. Kuviossa 19 näkyvät tutkimuksessa mukana olleiden kurkkua tuottavien puutarhojen kasvihuoneiden energiankulutukset. Rinnalle on lisätty pylväät Puutarhayrityksrekisterin (Tike) tietojen perusteella lasketuista kulutusluvuista eri tuotantotavoille ja Kauppapuutarhaliiton mallilaskelmat eri tuotantotavoille. Kokonaisenergian kulutus tutkimuksessa mukana olleilla ympärivuotuisilla tarhoilla vaihteli 12200 kWh:n ja 16700 kWh:n välillä tuhatta kilogrammaa kurkkua kohti laskettuna. Sähköenergian käyttö tuotemäärä kohden oli samantasoista eri yrityksissä. Sitä vastoin lämmön käytössä havaittiin suuria eroja tutkimuksessa mukana olleiden ympärivuotisten yritysten välillä. Lämpöenergian käytön eroja tuotemäärää kohden selittävät esimerkiksi viljelymenetelmä, satotaso, kasvihuoneen katemateriaalit, kasvihuoneiden tiiviys, lämpöerhojen käyttö ja kasvihuoneen sijainti. Mitään

yksittäistä selittävää tekijää ei tutkittujen puutarhojen välillä voitu tunnistaa, koska tilojen väliset energiankulutuserot tuoteyksikköä kohden aiheutuivat usean tekijän yhteisvaikutuksena.



Kuvio 19. Energian kulutus ja satotasot eri tuotantotavoille Puutarhayritysrekisterin tietojen ja mallilaskelmien mukaan sekä tutkimuksessa mukana olleille kurkkua viljeleville yrityksille erikseen.

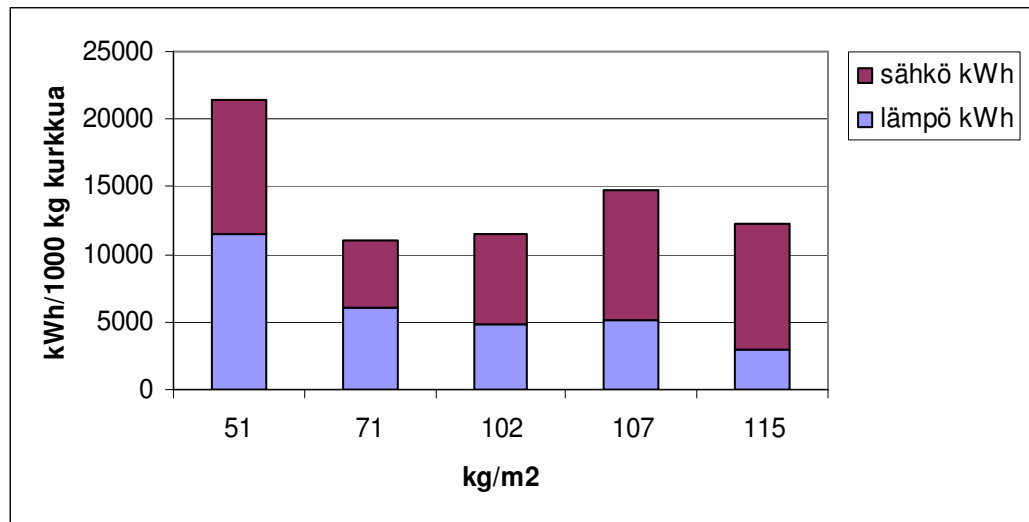
Keskimääräisen Suomessa tuotetun kurkun viljelyssä käytettiin Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella arvioituna noin 11580 kWh yhteenlaskettua sähkö- ja lämpöenergiaa 1000 kg kurkkua kohti. Vuonna 2003 tehdyssä Kiipulan kasvihuonekurkun elinkaaritutkimuksessa (Mikkola 2003) ympärivuotisen tuotannon sato oli huomattavasti pienempi kuin Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella tehdyssä laskelmassa. Alhaisesta sadosta johtuen Kiipulassa käytettiin viljelyssä yhteenlaskettua sähkö- ja lämpöenergiaa (25160 kWh/1000 kg kurkkua) tuotettua yksikköä kohti enemmän kuin Puutarhayritysrekisteriin perustuvassa laskelmassa.

Energiaa kurkun tuotannossa kuluu pääasiassa kasvihuoneiden lämmittämiseen, kosteuden poistoon ja kasvien valotukseen. Energiaa kuluu myös kurkkujen jäähdyttämiseen ja pakkaamiseen, mutta niiden osuus kokonaisenergian kulutuksesta on vähäinen. Suurin osa kasvihuoneista lämmitetään raskaalla tai kevyellä polttoöljyllä. Muita lämmön lähteitä ovat maakaasu, kaukolämpö, hiili, turve, puu ja

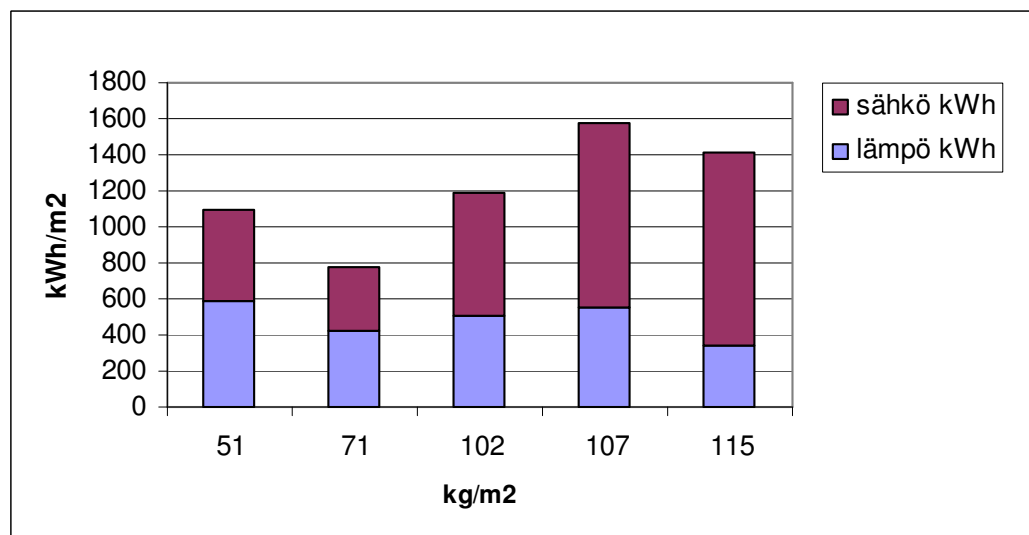
sähkö. Hiilidioksidin valmistusta varten kasvihuoneissa käytetään nestekaasua tai maakaasua. Hiilidioksidin tuotannosta syntyvä lämpö käytetään useimmiten myös hyödyksi. Tekovalotus lämmittää osaltaan kasvihuoneilmaa, mikä vähentää lämmityksen tarvetta.

Sähköä kurkkujen ympärivuotisessa tuotannossa kuluu pääasiassa valotukseen. Ilman tekovaloja viljeltäessä sähkönkulutus kasvihuoneissa on hyvin vähäistä. Sähköä käyttävät myös kiertovesipumput, käytävävalot ja kurkun muovituskone, mutta niiden osuus koko sähkönkulutuksesta on pieni verrattuna kasvivalojen kulutukseen. Kasvihuonelamput ovat suurpainenatriumlamppuja, joiden säteilemän valon määrä suhteessa lampun energian käyttöön on toistaiseksi paras kasvien valotukseen sopivista lampuista. Lamppujen säteilemästä energiasta 25-30 % on kasveille yhteyttämiskelpoista. Muu säteily on lähinnä lämpösäteilyä, joten lamput myös lämmittävät huoneilmaa ja siten vähentävät muun lämmitysenergian tarvetta (Vänninen 1997). Tekovalon käyttö on Suomessa välttämätöntä, jos kasvukausi halutaan pidentää ympärivuotiseksi. Talviaikana luonnonvalon määrä ei riitä kurkun yhteyttämisenenergiaksi. Valotus kytkeytyy päälle, kun auringon säteily laskee asetetun säteilyrajan alapuolelle valotusjakson aikana. Talvella kurkun hinta on korkeampi kuin kesällä. Talvella valotus on välttämätöntä sadon muodostukseen ja taloudellisesti kannattavampaa kuin kesällä.

Kuvioissa 20 ja 21 on esitetty kurkkua tuottavien tarhojen energian kulutus ympärivuotiselle viljelylle Puutarhayritysrekisterin tietojen perusteella. Kuvioista voidaan huomata, että ero energiankulutuksessa tuoteyksikköä kohti voi olla hyvinkin suuri. Kuvioiden perusteella pelkkä satotaso ei riitä selittämään energiankäytön eroja puutarhojen välillä.



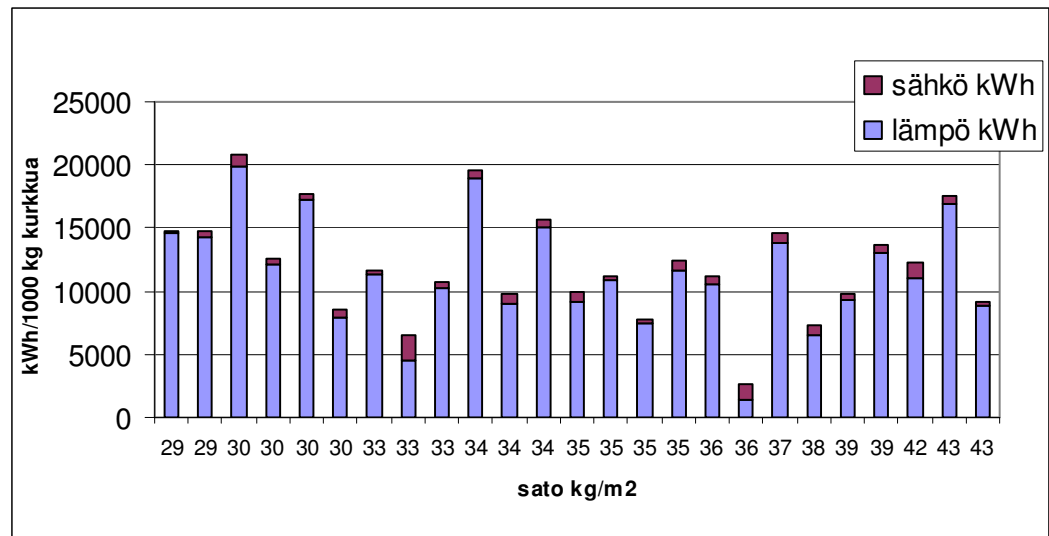
Kuvio 20. Ympärivuotisten puutarhojen satotasot sekä energian kulutus 1000 kg kurkkua kohti. (tausta-aineistona Puutarhayritysrekisteri 2005)



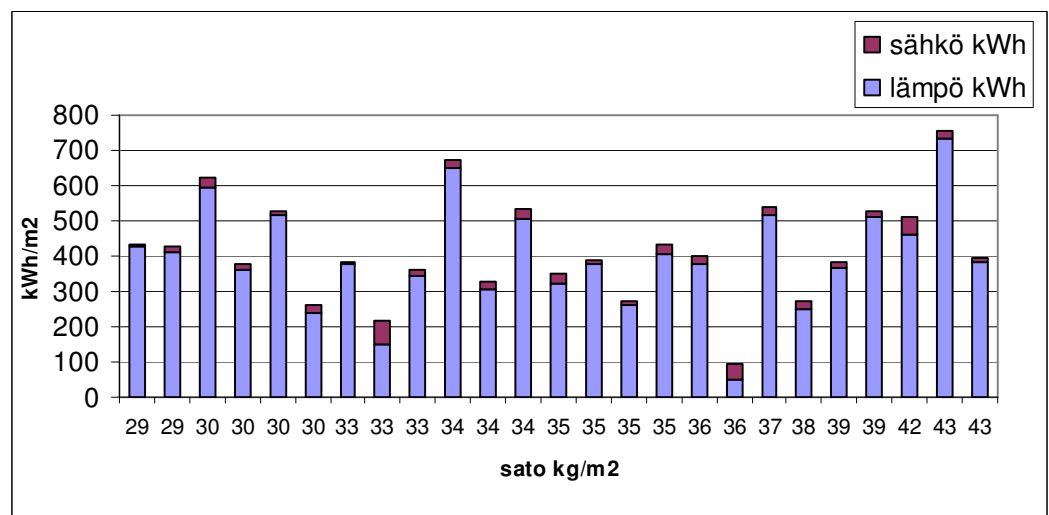
Kuvio 21. Ympärivuotisten puutarhojen satotasot sekä energian kulutus neliometriä kohti. (tausta-aineistona Puutarhayritysrekisteri 2005)

Perinteisessä viljelyssä olevia tarhoja verrattaessa huomattiin, että energian kulutuksessa tuotettua 1000 kg kurkkua kohti oli huomattavia eroja. Energian kulutus tarhojen välillä vaihteli 2500 kWh:n ja 22000 kWh:n välillä. Myös neliometriä kohti lasketut energian käyttömäärät vaihtelivat paljon. (Kuvio 22 ja 23) Erot energiankulutuksessa saattoivat johtua kasvihuoneiden erilaisuudesta (katemateriaali, ikä) tai eripituisista viljelykausista (7-9 kk). Lukujen perusteella heräsi kuitenkin epäily, että kaikki tarhat eivät välttämättä olleet ilmoittaneet tietoja rekisteriin oikealla tai toivotulla tavalla. Jos rekisteriin annetut tiedot pitävät paikkaan-

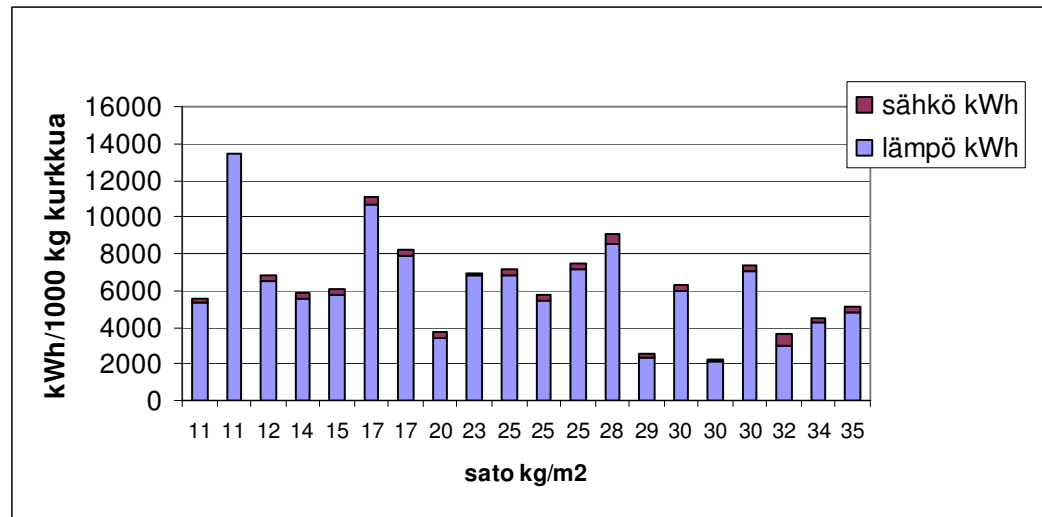
sa, olisi osalla yrityksistä mahdollisuuksia energian käytön merkittävään vähentämiseen. Tilojen energiankulutuksen eroja ja vähentämismahdollisuuksia tulisi selvittää omalla yksityiskohtaisemmalla kasvihuoneiden todelliseen energiankäyttöön liittyvällä tutkimuksella. Kausiviljelyssä olevien puutarhayritysten energian käyttö oli tasaisempaa 1000 kg kurkkua kohti kuin perinteisen viljelyn yritysten. (Kuvio 24 ja 25)



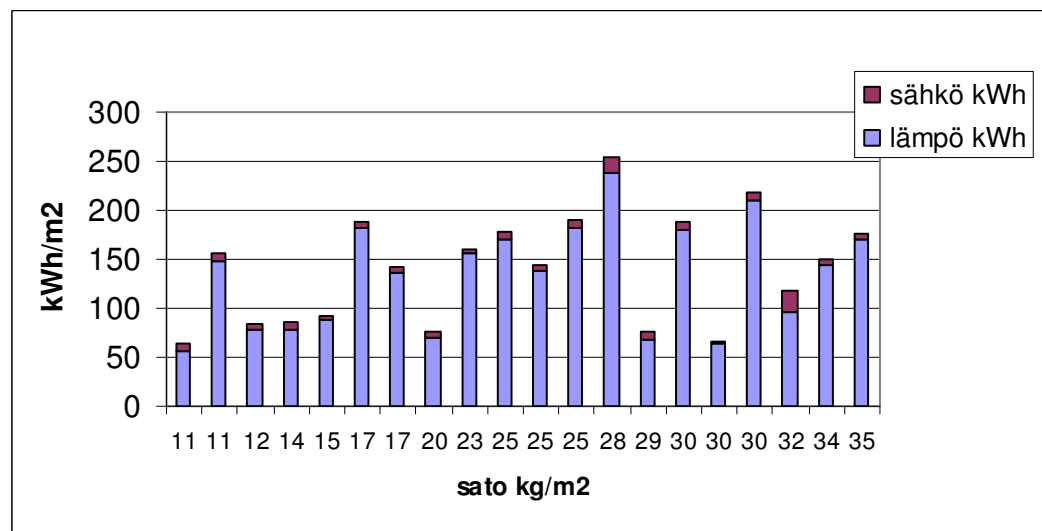
Kuvio 22. Perinteisen viljelyn satotasot sekä energian kulutus 1000 kg kurkkua kohti. (tausta-aineistona Puutarhayritysrekisteri 2005)



Kuvio 23. Perinteisen viljelyn satotasot sekä energian kulutus neliometriä kohti. (tausta-aineistona Puutarhayritysrekisteri 2005)



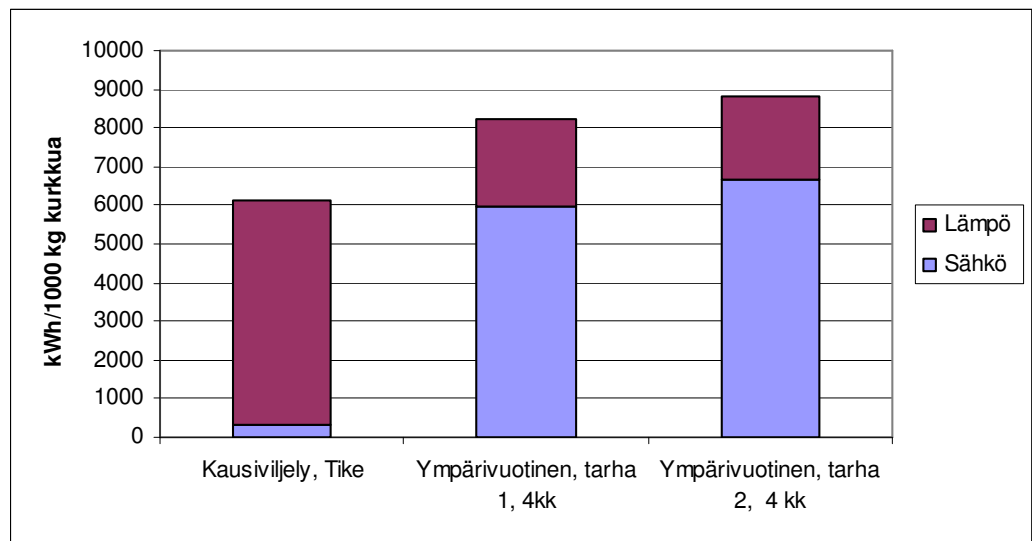
Kuvio 24. Kausiviljelyn satotaset sekä energian kulutus 1000 kg kurkkua. (taustaineistona Puutarhayritysrekisteri 2005)



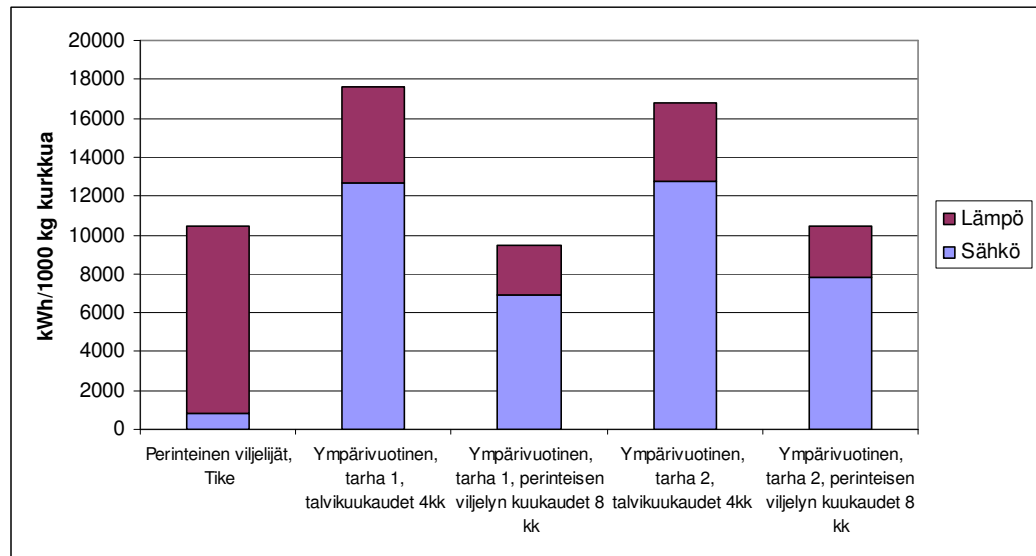
Kuvio 25. Kausiviljelyn satotaset ja energian kulutus neliometriä kohti. (taustaineistona Puutarhayritysrekisteri 2005)

Koska ympärivuotisen viljelyn energian käyttöön liittyvät ympäristövaikutukset olivat suurempia kuin muilla tuotantotavoilla, selvitettiin kahdelta ympärivuotiselta puutarhalla kuukausikohtaiset energiankulutus- ja satotiedot. Näiden avulla tehtiin erillinen laskelma siitä, kuinka paljon energiaa kului tuotettua 1000 kg kurkkua kohti ympärivuotisessa viljelyssä kesäaikana (4 kk) tai perinteisen viljelyn aikana (8 kk) verrattuna kausiviljelyyn tai perinteiseen viljelyyn. Laaditun vertailuasetelman mukaan ympärivuotisessa viljelyssä käytettiin kesällä (4 kk) yhteenlaskettuna sähkö- ja lämpöenergiaa tuhatta kurkkukiloa kohti enemmän kuin kau-

sivilijelyssä. (Kuvio 26) Ympärivuotisen viljelyn yhteenlaskettu energian käyttö 8 kk:n aikana oli suunnilleen samansuuruista kuin perinteisessä viljelyssä vastaavana aikana. (Kuvio 27) Tuloksen perusteella ympärivuotisen viljelyn energiankäyttöön tulisi kiinnittää huomiota erityisesti kesällä. Toisaalta on huomioitava, että ympärivuotisessa viljelyssä tasaiset viljelyolosuhteet ja kasvuston hyvä kunto on pidettävä yllä myös kesällä. Valotuksen määrää ei tästä syystä voida ympärivuotisessa viljelyssä vähentää liian rajusti kesäajaksi.



Kuvio 26. Kausiviljelyn ja kahden eri ympärivuotisesti viljelevän puutarhan kesäajan (4 kk) energian kulutus 1000 kg kurkkua kohti

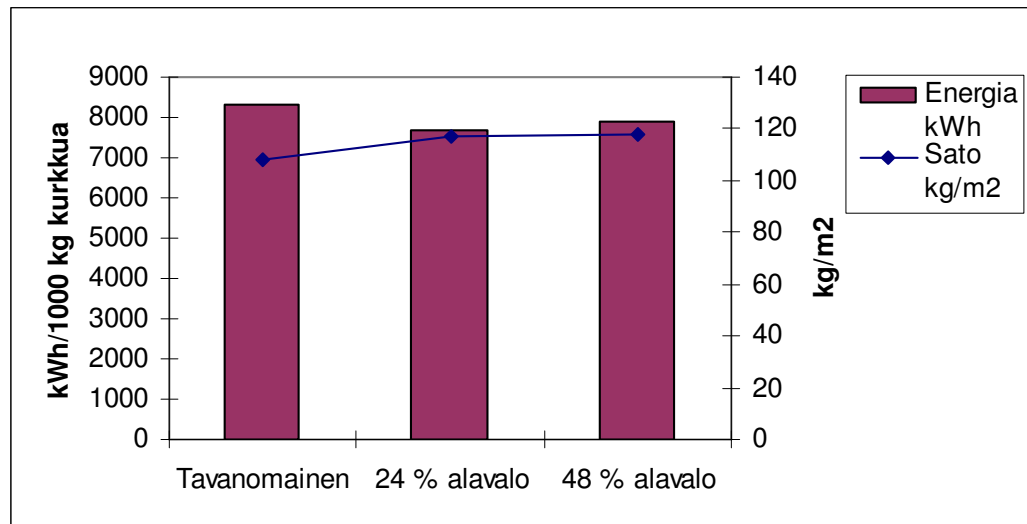


Kuvio 27. Perinteisen viljelyn ja kahden eri ympärivuotisen puutarhan talvikuukausien (4 kk) sekä ympärivuotisen viljelyn perinteisen viljelyn kuukausien (8 kk) sähkö- ja lämpöenergian kulutus 1000 kg kurkkua kohti.

5.6.2 Parannustoimenpiteet ympäristökuormituksen vähentämiseksi kurkun viljelyssä

Vuosina 2003-2004 MTT Puutarhatuotannossa Piikkiössä tutkittiin valotustavan ja alavalon määrän vaikutusta kurkun satoon ja sen laatuun. (Hovi 2004) Kokeessa verrattiin tavanomaista valotusta, jossa valaisimet olivat latvan yläpuolella, valotustapoihin, joissa 24 ja 48 prosenttia valaisimista oli laskettu riviväliin noin 1,3 metrin korkeudelle käytävän pinnasta. Vuoden kestäneen tutkimuksen aikana valotukseen käytetyn energian tarve lisääntyi 24 prosentin alavalloilla 0,4 prosenttia ja 48 prosentin alavalloilla 3,1 prosenttia tavanomaiseen valotukseen verrattuna. Energiankulutuksen lisäksi saatiin alavalokoejäsenillä noin yhdeksän prosenttia enemmän kokonaissatoa. Tavanomaisella valotuksella kokonaissato oli 108, 24 prosentin alavalolla 117 ja 48 prosentin alavalolla 118 kilogrammaa neliometrillä. Tutkimuksen perusteella heikoimmin valotukseen käytetyn energian hyödynsi tavanomainen valotus. Kesällä tavanomainen valotus oli tosin alavalokoejäseniä tehokkaampi, mutta syys-talvella ja keväällä alavalokoejäsenet puolestaan olivat huomattavasti tehokkaampia. Kuviossa 28 on Hovin tutkimuksen perusteella esi-

tetty valotukseen käytetty energian kulutus 1000 kg kurkkua kohti. Tavanomaisella valotuksella energiaa käytettiin 8330 kWh, 24 prosentin alavalotuksella 7690 kWh ja 48 prosentin alavalotuksella 7870 kWh tuotettua tuhatta kurkkukilogrammaa kohti.



Kuvio 28. Tavanomaisen valotuksen, 24 prosentin alavalotuksen ja 48 prosentin alavalotuksen energian kulutus 1000 kg kurkkua kohti (mukailten Hovi 2004)

Rehevöittäviin päästöihin voidaan vaikuttaa viljelyteknisillä keinoilla, kuten kasteluveden kierrätyksellä ja kasvualustan valinnalla. Asiantuntijoiden ja kirjallisuuden perusteella kasvualustalta huuhtoutuvien ravinteiden määrä voi olla turvealustoilla viljeltäessä pienempi kuin kivivilla-alustoilla viljeltäessä. Grönroosin ja Nikanderin (2002) kyselytutkimuksen mukaan ylikastelu on kivivilla-alustalla noin puolitoistakertainen turvepohjaiseen kasvualustaan verrattuna. Suuremmasta ylikasteluprosentista johtuen myös huuhtoutuvien ravinteiden määrä olisi näin ollen suurempi kivivillassa kuin turpeessa viljeltäessä.

Kasteluveden kierrätyksellä ravinteiden joutuminen ympäristöön voidaan estää lähes täysin. Kasteluveden kierrätykseen liittyy kuitenkin ongelmia, joiden vuoksi se ei ole yleistynyt puutarhoilla. Kierrätettävä vesi on desinfioitava tautiriskien minimoimiseksi. Kasteluveden käsittelymenetelmiä ovat hidassuodatus, pastörointi, uv-säteilytys, otsonointi, käsittely vetyperoksidilla, kupari-ionisaattori ja käänteisosmoosi. (Äystö & Rahtola 2004, 16-26.)

Ylikasteluedet voidaan myös käsitellä paikallisesti puutarhoilla esimerkiksi maasuodattomossa, maahanimeyttämössä tai juurakkopuhdistamossa. Paikallinen puhdistamo vaatii kuitenkin suuren maa-alan, sillä ylikasteluviesien määrä puutarhoilla saattaa olla hyvinkin suuri. Ylikasteluviesien väkevyys on todennäköisesti sellainen, että niiden puhdistaminen esimerkiksi juurakkopuhdistamossa periaatteessa onnistuisi. Puhdistamojen käytöstä puutarhoilla ei juuri ole kokemusta, joten niiden soveltuvuutta ylikasteluviesien puhdistamiseen ei voitu luotettavasti arvioida. Fosforin määrä typpeen nähden on ylikasteluviesissä noin kolmikertainen verrattuna haja-asutusalueiden jätevesiin. Yhden hehtaarin kasvihuone vastaa fosforikuormitukseltaan arviolta lähes sadan asukkaan puhdistamattomia jätevesiä. Fosforin poistaminen onnistuu kuitenkin erillisellä fosforinpoistajalla. (Närvänen 2006.) Mikäli puhdistamojen puhdistustulos vastaisi haja-asutusalueiden jätevedenpuhdistamojen puhdistustuloksia, voitaisiin maapuhdistamalla mahdollisesti poistaa ylikastelueden tyyestä noin 40 % ja fosforista 90 %. Helpoin vaihtoehto ylikasteluviesien käsittelylle olisi kuitenkin niiden johtaminen kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon, mikäli se on mahdollista. (Äystö & Rahtola 2004, 16-26.)

6 YHTEENVETO

Kasvihuoneet ovat pistemäisiä ympäristökuormituslähteitä, joten suuret kasvihuonekeskittymät saattavat paikallisesti vaikuttaa ympäristön tilaan. Kasvihuonetuotannon ympäristövaikutukset kohdistuvat sekä maaperään, vesistöihin että ilmakehään. Kasvihuonekurkun elinkaaritutkimuksen perusteella kasvihuoneiden ympäristövaikutukset aiheutuivat pääasiassa viljelyssä käytetyn energian tuotannosta ja lannoiteravinteiden kulkeutumisesta ympäristöön.

Tutkimuksessa vertailtiin kurkun kausiviljelyn (4 kk), perinteisen viljelyn (8 kk) ja ympärivuotisen viljelyn ympäristökuormituksia ja -vaikutuksia. Aineistoa tutkimusta varten saatiin viideltä puutarhayritykseltä, Puutarhayritysrekisteristä, Kaupapuutarhaliitosta sekä MTT Puutarhatuotannossa tehdyistä viljelykokeista. Kurkun viljelyssä käytettyjen tuotantopanosten valmistuksesta ja energiantuotannosta saatiin tietoja niiden valmistajilta. Kurkun elinkaaren tarkasteluun sisällytettiin kasvihuoneessa tapahtuvat prosessit ja kasvihuoneesta aiheutuvat kuormitukset. Tärkeimpien tuotantopanosten valmistus, pakkausten valmistus, sekä energian hankinta ja tuotanto sisältyivät myös tarkasteluun.

Kasvihuonekurkun tuotannossa käytetään desinfiointi- ja pesuaineita sekä kemiallisia torjunta-aineita, joiden valmistuksen ja käytön ympäristövaikutuksista ei ollut saatavilla luotettavaa tietoa. Tutkimuksessa jouduttiin siten tekemään rajauksia, jotka osaltaan vaikuttivat työn lopputulokseen. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin lisäksi ihmistyö, koneiden, laitteiden ja rakennusten valmistus. Kasvihuonetuotannosta aiheutuvia maisema- ja meluvaikutuksia sekä tekovalotuksen aiheuttamaa häiriötä lähiasetukselle ei myöskään huomioitu tarkastelussa.

Kurkun elinkaaren aikaisista ympäristöön kohdistuvista vaikutuksista huomioitiin ilmastonmuutos, happamoituminen ja rehevöityminen. Lisäksi kurkuntuotannon energiankulutusta tarkasteltiin yksityiskohtaisesti. Tutkimuksen perusteella ilmastonmuutosta voimistavia päästöjä syntyi tuotettua yksikköä kohti ympärivuotisessa

viljelyssä kaksi kertaa enemmän kuin kausiviljelyssä ja noin 1,3 kertaa enemmän kuin perinteisessä viljelyssä. Syynä tähän oli ympärivuotisen viljelyn suurempi energian käyttö tuotettua yksikköä kohti muihin tuotantotapoihin verrattuna. Ympärivuotisessa viljelyssä käytetään suuria määriä sähköenergiaa kasvustojen valotukseen. Tekovalotus vähentää kuitenkin kasvihuoneiden lämmityksen tarvetta, sillä suurin osa kasvilamppujen säteilemästä energiasta muuttuu lämpöenergiaksi. Happamoitumista voimistavia päästöjä aiheutui eniten perinteisessä viljelyssä. Perinteisessä viljelyssä kasvustoja ei valoteta, jolloin lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden määrä oli tutkimuksen mukaan suurempi tuotettua yksikköä kohti kuin ympärivuotisessa viljelyssä. Lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden tuotannosta ja käytöstä aiheutui enemmän happamoittavia päästöjä kuin sähköntuotannosta. Kasvihuonekurkun elinkaaren aikaiset rehevöittävät päästöt aiheutuivat miltei kokonaisuudessaan ylikasteluvesien mukana ympäristöön kulkeutuvista lannoiteravinteista. Kaikilla tuotantotavoilla kasvihuoneista ympäristöön joutuvien ravinnepäästöjen oletettiin olevan samaa suuruusluokkaa.

Kasvihuoneiden energian kulutukseen vaikuttavat mm. kasvihuoneen katemateriaali, sijainti ja mahdollinen lämpöverhojen käyttö. Sähköenergian kulutukseen vaikuttaa erityisesti kasvihuoneissa käytetty lampputyyppejä. Kasvihuoneissa käytetään yleisesti suurpainenaatriumlamppuja, joiden säteilemän valon määrä suhteessa kulutukseen on toistaiseksi paras markkinoilla olevista lampuista. Uusia parempia lampputyyppejä kehitellään jatkuvasti. Energian käytön vaihtelu tutkimuksessa mukana olleilla ympärivuotisilla viljelijöillä ja Puutarhayritysrekisteristä poimituissa yrityksissä oli suurta. Tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan löydetty yksittäistä tekijää, joka olisi selittänyt eroja energian käytössä. Tilojen energiankulutuksen eroja ja vähentämismahdollisuuksia tulisi selvittää omalla yksityiskohteisemmalla kasvihuoneiden todelliseen energiankäyttöön liittyvällä tutkimuksella. Myös kotimaisten uusiutuvien energianlähteiden käyttöä kasvihuoneiden lämmittämiseen voisi selvittää.

Kasvihuoneiden ravinnepäästöihin vaikuttaa käytettyjen lannoitteiden ja ylikastelun määrä sekä kasvualustatyyppi. Ravinnepäästöjä voitaisiin kuitenkin parhaiten vähentää kasteluveden kierrätyksellä. Kasteluveden kierrätyksen ja eri käsittely-

menetelmien soveltuvuutta kurkun viljelyssä olisi hyvä selvittää erillisellä tutkimuksella. Ylikasteluviedet voitaisiin myös kerätä talteen ja ohjata joko kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon tai puhdistaa paikallisesti puutarhalla. Jäteveden puhdistamisesta puutarhoilla ei juuri ole kokemusta. Paikallisten puhdistamojen, kuten maasuodattamojen ja juurakkopuhdistamojen soveltuvuutta ylikasteluviesien puhdistamiseen pitäisikin selvittää erillisellä tutkimuksella.

Kurkun elinkaaren aikaisiin ympäristökuormituksiin ja -vaikutuksiin vaikuttaa paljon viljelijöiden ammattitaito. Osa viljelijöistä saavuttaa korkean satotason pienellä energian ja lannoitteiden käytöllä. Myös lämmitykseen käytettyjen polttoaineiden valinnalla on vaikutusta tuotannosta aiheutuviin ympäristövaikutuksiin. Korkea satotaso yhdessä pienen tuotantopanosten käytön kanssa vähentää ympäristökuormituksia tuotettua yksikköä kohti.

LÄHTEET

- Antón, M.A., Castells, F., Montero, J.I. & Muñoz, P. 2003. Most significant substances of LCA to Mediterranean Greenhouse Horticulture. Life Cycle Management in the Agri-food Sector. 4th International Conference. Denmark.
- Barber, A. 2003. Greenhouse energy use and carbon dioxide emissions. Maf technical paper 03/2003.
- Benoit, F. & Ceustermans, N., 1995. Growing cucumber on ecologically sound substrates. *Acta Horticulturae* 396.
- Carlsson-Kanyama, A. 1999. Food Consumption Patterns and their Influence on Climate Change. Greenhouse Gas Emissions in the Life-cycle of Tomatoes and Carrots Consumed in Sweden. Consumption Patterns and Climate Change: Consequences of eating and traveling in Sweden. Doctoral thesis in Natural Resources Management. Stockholm.
- CBS. Energy consumption in Dutch agriculture and horticulture, 1990-2001 [Viitattu 25.9.2006] Saatavissa: <http://www.mnp.nl/mnc/i-en-0013.html>
- De Cock, L & Van Lierde, D. 1999. Monitoring Energy Consumption in Belgian Glasshouse Horticulture. Ministry of Small Enterprises, Trades and Agriculture, Centre of Agricultural Economics, Brussels, Belgium
- Fortum Oil & Gas. 2002. Ekotasetiedote 1.3.2002.
- Gary, C., Le Bot, J., Frossard, J-S., Andriolo, J.L., 1998. Ontogenic changes in the construction cost of leaves, stems, fruits, and roots of tomato plants. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 49, No. 318.

- Gartneri-regnskabsstatistik. 2004. Horticultural Account Statistics 2004.
Fodevareøkonomisk Institut. Serie D nr. 25. Kobhavn 2005.
- Grönroos, J & Nikander, A. 2002. Kasvihuonetuotanto ja ympäristö. Kyselytutkimuksen tulokset. Suomen ympäristökeskuksen moniste 257. Helsinki.
- Grönroos, J. 2006. Lannoitteiden käytön ja kasvijätteen kompostoinnin aiheuttamat päästöt. Sähköpostiviesti 17.5.2006.
- Grimstad, S.O. & Baevre, O.A. 1989. Avrenning og forurensing ved dyrking av veksthustomat. Gartner Yrket 4/1989.
- Gysi, C. 1993. Off-farm input in Integrated vegetable Production a method of assessing the ecological impact of agricultural systems. Life Cycle Assessments of Food Products. Proceeding of the 1st European Invitational experts Seminar on Life Cycle Assessments of Food Products. Denmark
- Hayashi, K. 2005. Practical implications of functional units in life cycle assessment for horticulture: intensiveness and environmental impacts. Innovation by Life Cycle Management. International Conference. Barcelona.
- Hohenthal, C. & Wessmann, H. 2003. Suomalaisen aaltopahvin ympäristövaikutukset. Suomen aaltopahviyhdistys.
- Hovi, T. 2004. Alavaloilla enemmän ja parempia kurkkuja. Puutarha & kauppa 39/2004.
- Ingvarsson, A. 2002. Maten och miljön. Livscykelanalys av sju livsmedel. Matpotatis och Isbergsallad.
- Kirchmann, H. & Widén, P. 1994. Separately collected organic household wastes. Chemical composition and composting characteristics. Swedish Journal of Agricultural Research 4.

- Lindfors, L-G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Junntila, V., Hanssen, O-J., Roning, A., Ekvall, T. & Finveden, G. 1995. Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment, AKA-PRINT A/S, Århus. Nord 1995:20, 222 pp.
- Loikkanen, T., Mälkki, H., Virtanen, Y., Katajajuuri, J-M., Seppälä, J., Leivonen, J. & Reinikainen, A. 1999. Elinkaariarviointi yritysten ja viranomaisten ympäristöhallinnan päätöksenteon tukena -nykytila ja kehittämistarpeet, Teknologian kehittämiskeskus.
- Markkanen, R. Kemira. Sähköpostiviesti 30.8. 2005.
- Martins, O., Dewes, T., 1992. Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. *Bioresource Technology* 42.
- Mikkola, A. 2003. Kiipulan kasvihuonekurkun elinkaari-inventaario. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Mustiala.
- Muñoz, P., Antón, A., Montero, J.I. & Castells, F. 2003. Using LCA for the Improvement of Waste Management in Greenhouse Tomato Production. . Life Cycle Management in the Agri-food Sector. 4th International Conference. Denmark
- Murmann, T. 2006. Kommentteja opinnäytetyöstä. Sähköpostiviesti 8.9.2006.
- Näkkilä, J. 2006a. MTT/Piikkiön Alavalokurkku 2003-2004-kokeen lannoitustiedot. Sähköpostiviesti 3.3.2006.
- Näkkilä, J. 2006b. MTT/Piikkiön Ikäkurkkukokeeseen 1999-2000 perustuva yhteenvedo kurkkukasvuston maanpäällisestä kuiva-ainesadosta ja maanpäällisten osien kuiva-ainepitoisuudesta. Sähköpostiviesti 8.3.2006.
- Näkkilä, J. 2006c. Kommentteja opinnäytetyöstä. Sähköpostiviesti 17.5.2006.
- Närvänen, A. 2006. Sähköpostiviesti 7.4.2006.

Plackett, C. UK Greenhouse Horticulture. FNCR meeting, 1st December 2005

[Viitattu 25.9.2006]. Saatavissa:

<http://www.fcrn.org.uk/presentations/FEC.pdf>.

Puutarhayritysrekisteri 2004. 2005. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.

SFS-EN ISO 14040. 1997. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14041. 1998. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely sekä inventaarioanalyysi. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14042. 2000. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaikutusarviointi. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14043. 2000. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Tulosten tulkinta. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto.

Schmidt, A., Jensen, A., Clausen, A., Kampstrup, O. & Postlethwaite, D. 2004. A Comparative Life Cycle Assessment of Building Insulation Products made of Stone Wool, Paper Wool and Flax.

Seppälä, J. 2006. Tutkimusryhmälle toimitettu yhteenveto kurkkukasvuston ravinnepitoisuuksista. Tammikuu 2006.

Soriano, T., Montero, J.I., Escobar, I., Anton, A., Muñoz, P., Romacho, I., Hita, O., Morales, M.I., Hernández, J. & Castilla, N. 2005. Environmental Life Cycle Assessment of Two Greenhouse Production Systems for Mediterranean Climate Conditions. Innovation by Life Cycle Management. International Conference. Barcelona.

- Turkulainen, T. 2000. Tuulivoimalan elinkaariarviointi. Diplomityö. VTT Kemiantekniikka. Teollisuuden ympäristötalous.
- Uronen, K.R. 1995. Leaching of nutrients and yields of tomato in peat and rock-wool with open and closed system. *Acta Horticulturae* 401.
- van Woerden, S.C. 2001. The application of Life Cycle Analysis in glasshouse horticulture. Proceedings. International Conference on LCA in Foods. Gothenburg, Sweden.
- Wihersaari, M. 2005. Arvio kompostin kasvihuonekaasupäästöistä. Sähköpostiviesti 31.10.2005.
- Virtanen, Y., Askola, R. & Junttila, V. 1996. Kenttäsuuntautunut elinkaaritietojen hankintamenetelmä. Suomen energiantuotannon elinkaaritietokanta – SEEP. Osa I. VTT Tiedotteita 1782.
- Virtanen, Y. & Usva, K. 2005. Sähkön tuotanto. Kirjallinen tiedonanto
- Vänninen, I. 1997. Ympäristön suojele. Teoksessa Koivunen, T., (toim) 1997. Tehokkaasti kasvihuoneesta. Opetushallitus.
- Äystö, H. 2001. Laatu Kiipulasta-projektin materiaali
- Äystö, H. & Rahtola, M. 2004. Kasvihuoneyrittäjän ympäristöopas. Kauppapuutarhaliitto ry.

LIITTEET

LIITE 1: Inventaariotulokset kausiviljelylle

LIITE 2: Inventaariotulokset perinteiselle viljelylle

LIITE 3: Inventaariotulokset ympärivuotiselle viljelylle

LIITE 4: Karakterisoimiskertoimet

LIITE 1

Inventaariotulokset kausiviljelylle.

		CO ₂	NO _x	N ₂ O	CH ₄	NH ₄	SO ₂	NH ₃
Kausiviljely	Taimikasvatus	204,6	0,34	0,03	0,50	0	0,66	0
	Energian käyttö viljelyssä	1804,7	2,3	0,05	0,55	0	2,85	0
	Tuotantopanosten valmistus	74,1	0,26	0,17	0,1	0	0,26	0
	Lannoitteiden käyttö ja kasvijätteen kompostointi	0	0	0,33	0,51	0	0	0,45
Kausiviljely, 4 kk malli	Taimikasvatus	204,6	0,34	0,03	0,5	0	0,66	0
	Energian käyttö viljelyssä	1632,5	2,04	0,04	0,2	0	1,15	0
	Tuotantopanosten valmistus	74,1	0,26	0,17	0,10	0	0,26	0
	Lannoitteiden käyttö ja kasvijätteen kompostointi	0	0	0,33	0,51	0	0	0,45

LIITE 2

Inventaariotulokset perinteiselle viljelylle.

		CO ₂	NO _x	N ₂ O	CH ₄	NH ₄	SO ₂	NH ₃
Perinteinen viljely	Taimikasvatus	204,6	0,34	0,03	0,50	0	0,66	0
	Energian käyttö viljelyssä	3100	3,95	0,09	1,18	0	12,86	0
	Tuotantopanosten valmistus	68,9	0,25	0,17	0,09	0	0,26	0
	Lannoitteiden käyttö ja kasvijätteen kompostointi	0	0	0,33	0,51	0	0	0,45
Perinteinen viljely, 8 kk malli	Taimikasvatus	204,6	0,34	0,03	0,50	0	0,66	0
	Energian käyttö viljelyssä	2829,7	3,46	0,07	0,32	0	16,21	0
	Tuotantopanosten valmistus	68,9	0,25	0,17	0,09	0	0,26	0
	Lannoitteiden käyttö ja kasvijätteen kompostointi	0	0	0,33	0,51	0	0	0

LIITE 3

Inventaariotulokset ympäri vuotuiselle viljelylle.

		CO ₂	NO _x	N ₂ O	CH ₄	NH ₄	SO ₂	NH ₃
Ympäri vuotinen viljely	Taimikasvatus	204,6	0,34	0,03	0,50	0	0,66	0
	Energian käyttö viljelyssä	3810,5	6,4	0,25	12,68	0	9,34	0
	Tuotantopanosten valmistus	61,8	0,24	0,17	0,08	0	0,25	0
	Lannoitteiden käyttö ja kasvijätteen kompostointi	0	0	0,33	0,51	0	0	0,45
Ympäri vuotinen viljely, malli	Taimikasvatus	204,6	0,34	0,03	0,50	0	0,66	0
	Energian käyttö viljelyssä	4516,8	7,28	0,29	10,61	0	13,89	0
	Tuotantopanosten valmistus	61,8	0,24	0,17	0,08	0	0,25	0
	Lannoitteiden käyttö ja kasvijätteen kompostointi	0	0	0,33	0,51	0	0	0,45

LIITE 4

Karakterisoimiskertoimet.

	Ilmastonmuutos (kg CO ₂ eq)	Happamoituminen (AEeq)	Rehevöityminen (kg PO ₄ eq)
CH ₄	23		
CO			
CO ₂	1		
N ₂ O	296		0,04025
NH ₃ (air)		0,535	
NMVOOC			
NO _x		0,186	0,01495
PFC	6320		
SO ₂		0,463	
BHK7/ATU			
N (water, effective)			0,42
NH ₄ ⁺ (water)			0,18375
P			3,06