

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 5 Nr. 135, 2010

Klimagassregnskap for norske veksthusprodukter

Michèl J. Verheul

Stig Morten Thorsen

Bioforsk Vest Særheim

www.bioforsk.no



Tittel/Title:

Klimagassregnskap for norske veksthusprodusenter

Forfatter(e)/Author(s):

Michèl J. Verheul og Stig Morten Thorsen

Dato/Date: 29/9/2010	Tilgjengelighet/Availability: Åpen	Prosjekt nr./Project No.: 1510141	Saksnr./Archive No.: Arkivnr
Rapport nr./Report No.: 5 (135) 2010	ISBN-nr./ISBN-no: 978-82-17-00696-1	Antall sider/Number of pages: 78	Antall vedlegg/Number of appendices: 3

Oppdragsgiver/Employer: Norsk Gartnerforbund	Kontaktperson/Contact person: Jon Laugen /Morten Andersen
---	--

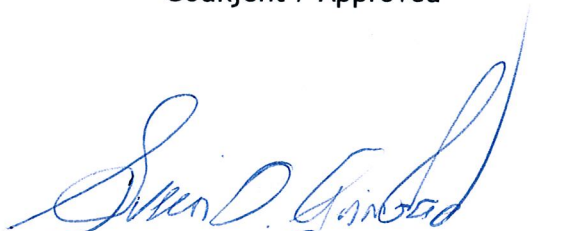
Stikkord/Keywords: Livsløpsanalyse, CO ₂ utslipp, agurk, tomat, salat, potteplanter LCA, Global Warming Potential, cucumber, tomato, lettuce, potting plants	Fagområde/Field of work: Hagebruk, veksthus Horticulture
---	--

Sammendrag: Side 3,4

Summary:

Land/Country: Fylke/County: Kommune/Municipality: Sted/Lokalitet:	Norge
--	-------

Godkjent / Approved



Svein O. Grimstad

Prosjektleder / Project leader



Michèl J. Verheul

Klimagassregnskap for norske veksthusprodukter

Innholdsfortegnelse

1. Sammen drag.....	3
2. Bakgrunn	5
3. Definer ing av studiens mål og formål.....	7
4. Datainnsamling og bearbeiding	9
5. Resultater agurkproduksjon.....	13
5.1 Gartneri 1	14
5.2 Gartneri 2	16
5.3 Gartneri 3	18
5.4 Gartneri 4	20
5.5 Gartneri 5	22
5.6 Sammenstilling av resultater til agurkproduksjon	24
6. Resultater tomatproduksjon	26
6.1 Gartneri 6	27
6.2 Gartneri 7	29
6.3 Gartneri 8	31
6.4 Gartneri 9	33
6.5 Økologisk tomatproduksjon	36
6.6 Sammenstilling av resultater til tomatproduksjon	38
7. Resultater salatproduksjon.....	40
7.1 Gartneri 10.....	41
7.2 Gartneri 11.....	44
7.3 Sammenstilling av resultater til salatproduksjon.....	46
8. Resultater potteplante produksjon	49
8.1 Gartneri 12.....	50
8.2 Gartneri 13.....	52
8.3 Gartneri 14.....	55
8.4 Gartneri 15.....	57
8.5 Sammenstilling av resultater til potteplante produksjon	59
9. Diskusjon.....	61
10. Anbefalinger.....	69
11. Konklusjon	71
12. Kilder	73
13. Vedlegg.....	75

1. Sammendrag

Myndigheter, forbrukere, varehandel og media etterspør informasjon om utslipp av klimagasser som genereres ved produksjon av matvarer. Teknologirådet har anbefalt at næringsaktører og forskning går sammen om å styrke kunnskapsnivået om de faktiske utslipp i hele verdikjeden, fra jord til bord, gjennom livssyklusanalyser (life cycle assessment - LCA), samt at det iverksettes pilotprosjekter rettet mot kunnskapsgenerering.

Den foreliggende studien ble gjennomført av Bioforsk Vest Særheim på oppdrag av Norsk Gartnerforbund med finansiering av Statens Landbruksforvaltning. Målet med studien var å kartlegge klimagassregnskapet for viktige norske veksthusprodukter. Det ble valgt agurk, tomat, salat og potteplanter produsert i henholdsvis 5, 4, 2 og 4 representative gartnerier. For å dokumentere dagens klimagassutslipp og variasjoner mellom gartneriene ble LCA utført for hvert gartneri på grunnlag av innsendte opplysninger om produksjon og bruk av innsatsfaktorer. Klimapåvirkningen ble tilregnet til 1 kg (tomat, agurk) eller 1 stk (salat, potteplante), ferdig pakket vare med porten til gartneriet som ytre grense.

Resultatene viser at det er store forskjeller i klimagassutslipp mellom ulike kulturer og mellom gartnerier som produserer samme varen. Klimagassutslipp i ulike gartnerier til produksjon av agurk varierte fra 0,64 til 2,01 kg CO₂ ekvivalenter pr kg, for tomat fra 3,79 til 5,82 kg CO₂ ekvivalenter pr kg, for salat fra 0,17 til 0,67 kg CO₂ ekvivalenter pr stk og for potteplanter fra 0,13 til 0,53 kg CO₂ ekvivalenter pr stk. Disse variasjonene gir gode muligheter til å redusere klimagassutslipp i norsk veksthusproduksjon framover.

Hovedårsaken til CO₂ utslipp for veksthusprodukter i de undersøkte gartneriene er, ikke overraskende, knyttet til bruk av energi. Dette gjelder særlig tomat og agurk, hvor henholdsvis 95 og 83 % av CO₂ utslippene var knyttet til bruk av energi. Bruk av gass, både naturgass og propan til oppvarming og CO₂ gjødsling, står for mesteparten av CO₂ utslippene i tomat- og agurkproduksjon, henholdsvis 93 og 63 %. For salat og potteplanter var henholdsvis 55 og 26 % av CO₂ utslippene knyttet til bruk av energi.

Utslipp knyttet til bruk av lett fyringsolje, for oppvarming, bidrar med 25 % (salat), 8 % (potteplanter) og 7 % (agurk). Utslipp knyttet til bruk av elektrisitet, for både oppvarming og belysning, bidrar med 18 % (potteplanter), 13 % (agurk), 6 % (salat) og 1 % (tomat) av utslippene pr produsert enhet.

Andre innsatsfaktorer som bidrar til klimagassutslipp er bruk av veksttorv (28 % i potteplanteproduksjon og 7 % i økologisk tomatproduksjon), bruk av ren CO₂ gjødsel (13 % i potteplanter, 9 % i salat og 6 % i agurk), emballasje (22 % i salat, 17 % i potteplanter, 3 % i agurk og 1 % i tomat) og veksthusbygning samt forbruk av øvrige produksjonsmaterial (10 % i potteplanter, 6 % i salat, 4 % i agurk og 2 % i tomat).

Årsaker til variasjoner i CO₂ utslipp for ulike produkter og mellom ulike gartnerier er knyttet til:

1. Valg av energikilde.

Fossile energikilder bidrar mest til klimagassutslipp. Samlet for de 15 gartnerier står elektrisitet for 74 % av energiforbruket og 15 % av klimagassutslippet, mens olje og gass står for 26 % av energiforbruket og 85 % av utslippet. Gass og olje bidro henholdsvis med 76 og 9 % av klimagassutslippet tilknyttet til bruk av energi.

2. Energiforbruk i kWh pr enhet av produkt.

Årsaker til variasjoner i energiforbruk pr enhet av produkt i de ulike gartneriene er både biologiske (kulturens behov for energi i form av lys og varme, produktstørrelse og produksjonstid), tekniske (bruk av vekstlys, skyggegardiner, oppvarming og lufting,

veksthustype) og måten hvordan biologiske og tekniske behovene blir kombinert (valg av produksjonsopplegg, klimastyring, energieffektivisering, kunnskap). I produksjonsopplegg hvor det brukes energi til både lys og varme blir det produsert flere enheter pr m² med mindre CO₂ utslipp pr enhet av produkt enn i opplegg hvor energien bare blir brukt til varme.

3. Bruk av andre innsatsfaktorer.

Bruk av veksttorv, ren CO₂ gjødsel og emballasje (plast, papp og potter) bidrar til variasjoner i CO₂ utslipp.

Aktuelle tiltak for å redusere utslipp av klimagasser i norsk veksthusproduksjon er:

1. Valg av fornybare energikilder.

Valg av fornybare energikilder er nødvendige for å redusere klimagassutslipp i norsk veksthusproduksjon, særlig i tomatproduksjon. Dyrkingsforholdene for veksthusproduksjon i Norden krever energi i form av både lys og varme. De mest aktuelle energikilder er norsk el kraft (basert på vannkraft eller eventuelle andre fornybare energikilder), bioenergi (biogass eller biobrensel), solenergi (varmelagring) og vindenergi. Biodiesel er mindre aktuelle, da den gir mer klimagassutslipp en naturgass med cogenerering.

2. Redusere energiforbruk pr enhet av produkt.

Energien som blir brukt i veksthusproduksjon kan brukes mer effektivt ved å øke kunnskapsnivået og ved å ta i bruk nye tekniske og biologiske hjelpemidler. Avling pr enhet av energi kan økes ved å forbedre produksjonsmetoder og kunnskap om styring av produksjon med hensyn til energi (klimastyring) og evt. bruk av plantevekster eller sorter med bedre energiutnyttelse. Bruk av energi pr enhet av produkt kan reduseres ved å ta i bruk tekniske hjelpemidler som isolering, energiskjerm, varmevekslere og ventileringsystemer. Eksisterende energikildene kan brukes mer effektivt med bruk av varmpumper, cogenereringsanlegg (CHP), varmelagring (buffertank, underjordisk lagring), energimanagement systemer og LED belysning (i tilfelle når den blir mer energieffektiv i framtiden).

3. Redusere klimagassutslipp av andre innsatsfaktorer

Kompostering og gjenbruk av veksttorv, gjenbruk av emballasje og resirkulering av gjødselvann vil bidra til videre reduksjon i klimagassutslipp, særlig ved produksjon av potteplanter, salat og økologiske veksthusgrønnsaker.

Komparative fordeler for veksthusdyrking som en har i Norge i forhold til andre land bør utnyttes bedre og mer bevist for å utvikle konkurransedyktig produksjon. Det finnes gode muligheter å redusere klimagassutslipp for norske veksthusprodukter til et lavere nivå enn for importerte produkter. Effektiv bruk av fornybar elektrisk energi fra vannkraft for både belysning og oppvarming er Norges fremste konkurransefortrinn.

2. Bakgrunn

Myndigheter, forbrukere, varehandel og media etterspør informasjon om de totale utslipp av klimagasser som genereres ved produksjon av matvarer. Teknologirådet har anbefalt at næringsaktører og forskning går sammen om å styrke kunnskapsnivået om de faktiske utslipp i hele verdikjeden, fra jord til bord, gjennom livssyklusanalyser (life cycle assessment - LCA), samt at det iverksettes pilotprosjekter rettet mot kunnskapsgenerering (Teknologirådet, 2008).

Klimagassutslipp fra planteproduksjon i veksthus er i første rekke knyttet til forbruk av fossile energikilder til oppvarming og CO₂- gjødsling (Halberg, 2006). Norske veksthus og planteskoler forbrukte 0,9 TWh energi i 2006 (SSB, 2008), herav 1 % bioenergi, 62 % strøm, 25 % naturgass og propan, og 13 % olje. Det direkte klimagassutslippet fra forbrenning av fossile energikilder var ca 83 000 ton CO₂. Utslipp av klimagasser fra produksjon og transport av olje, gass, elektrisitet og fra forbruk av andre innsatsfaktorer som gjødsel, dyrkingsmedia, emballasje og veksthusbygning er ikke medregnet. For å beregne dette må det gjennomføres livsløpsanalyser.

Norsk Gartnerforbund har gjennom sin energiundersøkelse i 2006 dokumentert svært store variasjoner i produksjonsmetoder og energiforbruk mellom ulike gartneri i Norge (NGF, 2007). Det er også kjent at avling og produktkvalitet varierer sterkt fra gartneri til gartneri. Ved gjennomføring av livssyklusanalyser (LCA) kan vi identifisere og dokumentere hvilke innsatsfaktorer (f.eks. energi, gjødsel, vekstmedium) som bidrar mest til utslipp av klimagasser, og samtidig knytte disse utslippene til produsert enhet (f.eks. utslipp av kg CO₂ pr. kg agurk).

LCA er en sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer, utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkningene til et produksjonssystem gjennom dets livsløp (ISO 14040). Bruk av innsatsfaktorer i en produksjon kan ha flere miljøpåvirkninger. Det kan være utslipp av klimagasser (karbondioxid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og fluorgasser) som har fått skylden for den globale oppvarmingen, men også bl.a. forurensing og forsurening av jord og vann, uttømming av ikke fornybare resurser (abiotic depletion), og giftige effekter på mennesker, dyr og planter. Alle disse effektene inngår i en LCA-analyse. I denne rapporten er det kun fokusert på klimagassutslipp ved produksjon av norske veksthusprodukter.

Gjennomføring av grundige LCA på et utvalg viktige veksthusprodukter vil dokumentere dagens klimagassutslipp, og gi et godt utgangspunkt for arbeid med å få til utslippsreduksjoner. I en LCA kan man blant annet undersøke klimapåvirkningen ved å benytte ulike energibærere (strøm, olje, gass, bioenergi). En produsent kan da sammenlikne sine utslipp av klimagasser ut fra hvilke energikilder som benyttes pr i dag, med de utslipp som kan forventes dersom produsenten legger om til en annen energibærer, f.eks. med å erstatte fossilt brensel med biobrensel. LCA kan også brukes for å sammenligne ulike produksjonsmetoder, som for eksempel sesongproduksjon, helårsproduksjon, økologisk produksjon, med hensyn til klimagassutslipp.

Ved gjennomføring av livssyklusanalyser er store variasjoner mellom gartneriene en utfordring, men vil samtidig gi gode muligheter for identifisering av produksjonsmetoder og -teknikker som med dagens anvendte teknologi gir et lavt klimagassutslipp per produserte enhet og motsatt.

Lignende LCA analyser gjennomført i andre land gir mulighet å sammenligne klimagassutslipp til veksthusproduksjon i Norge i forhold til andre land.

Globalt oppvarmingspotensiale

For lettere å kunne sammenligne de ulike klimagassenes oppvarmingseffekt, har en kommet fram til en måleenhet kalt globalt oppvarmingspotensiale (GWP eller Global Warming Potential). GWP-verdiene angir akkumulert oppvarmingseffekt i forhold til karbondioksid (CO₂) over et valgt tidsrom. I Kyotoprotokollen benyttes et tidsrom på 100 år i forbindelse med landenes forpliktelser. Et lite utslipp av en klimagass med høy GWP-verdi kan medføre mer skade enn et stort utslipp av en gass med lav GWP-verdi. Av tabellen under ser vi for eksempel at lystgass forårsaker 310 ganger så mye oppvarming som en tilsvarende mengde CO₂ sett i et hundreårs perspektiv.

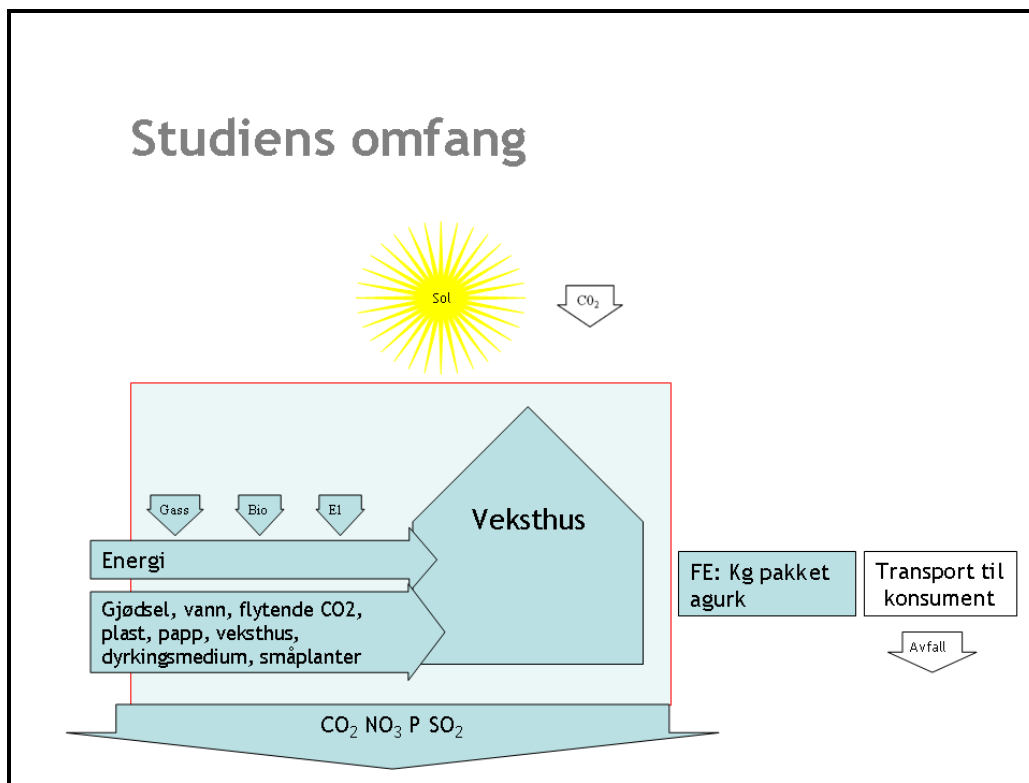
Drivhusgass	GWP (kg CO ₂ eq)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
CF ₄	6.500
C ₂ F ₆	9.200
SF ₆	23.900

Menneskeskapt CO₂ slippes stort sett ut på grunn av brenning av fossilt brensel, men også på grunn av for eksempel avskoging og torvutvinning. De viktigste kildene til utslipp av metan er husdyrhold, søppelfyllinger, produksjon og transport av naturgass, og utvinning av kull. Produksjon og bruk av mineralgjødsel som inneholder nitrogen, begynte i det 20. århundre og er en hovedårsak til veksten i lystgassutslippene. Forbrenning av fossile brenslere er en annen kilde av betydning. Fluorforbindelser brukes bl.a. i kjøleanlegg. Hovedkilden til utslipp av fluorholdige gasser som svovelheksafluorid (SF₆) og PFK-gasser (CF₄ og C₂F₆) er produksjon av aluminium og magnesium.

3. Definerings av studiens mål og formål

Målet med denne studien er å kartlegge klimagassregnskapet for viktige norske veksthusprodukter. Totalt ble 15 representative gartnerier valgt ut av Norsk Gartnerforbund: fem agurkprodusenter, fire tomatprodusenter, to salatprodusenter og fire produsenter av potteplanter. LCA ble utført for hvert gartneri på grunnlag av innsendte opplysninger fra produsentene.

Figur 1 viser systemgrensene som ble benyttet i denne studien. Klimapåvirkninger ble tilregnet til en viss mengde ferdig pakket vare (funksjonell enhet, FE). Som FE ble det valgt: 1 kg agurk, 1 kg tomat, 1 salathode eller 1 potteplante. Porten til gartneriet ble satt som ytre grense, d.v.s. at transport til grossist og/eller butikk ikke er inkludert. Variable innsatsfaktorene som ble inkludert var energi, gjødsel, plantevern, dyrkingsmedium, øvrig produksjonsmateriell (oppbindingskroker, nylon etc.) og emballasje. Faste innsatsfaktorene som ble inkludert var veksthusbygningen og inventar (dyrkingsbord, renner, skyggeanlegg, lysanlegg med mer) (se Tabell 1).



Figur 1. Systemgrenser som er benyttet i denne studien med agurk som eksempel. Funksjonell enhet (FE) er 1 kg ferdig pakket agurk. Viktigste innsatsfaktorene er energi (gass, elektrisitet, olje, bioenergi), gjødsel, CO₂, dyrkingsmedium, vann, plast, papp og veksthusbygning samt inventar.

Tabell 1. Oversikt over innsatsfaktorer som er inkludert, prosesser som er analysert og kilder for utslippsberegninger i studien.

<i>Innsatsfaktorer</i>	<i>Prosesser</i>	<i>Resultater</i>	<i>Merknader</i>	<i>Kilder</i>	
ENERGI	PRODUKSJON		elektrisitet, fyringsolje, gass	Ecoinvent	
GJØDSEL			samlet mengde N, P, K og Mg, vann	Ecoinvent	
DYRKINGSMEDIUM			steinull, perlite, veksttorv	Ecoinvent	
PLANTEVERN			AV	samlet mengde plantevernmidler, uspesifisert	Ecoinvent
ØVRIG					
PRODUKJONS-MATERIELL			AGURK	potter, oppbindingskroker, tråd	Ecoinvent
EMBALLASJE	I	plastfolie, pappesker	Ecoinvent		
VEKSTHUSBYGG, ØVRIG INVENTAR	VEKSTHUS		glass, PVC, betong, stål, aluminium dyrkingsbord, renner, skyggeanlegg, lys	Ecoinvent	
		AGURK			
		Planterester			
		Avfall			

4. Datainnsamling og bearbeiding

Datainnsamling

Til veksthusprodusenter som har deltatt i undersøkelsen ble det sendt ut et spørreskjema (vedlegg 1). Oppgaver fra kalenderår 2008 ble brukt som grunnlag i LCA. I rapporten blir innsatsfaktorene beskrevet for hvert gartneri. For noen innsatsfaktorer ble det brukt estimater. Det er notert i teksten der dette er gjort.

Beregning av klimagassutslipp

Det finnes mange databaser med detaljert informasjon om miljøbelastning ved produksjon, transport og forbruk av ulike innsatsfaktorer. For beregningen av klimagassutslipp i denne studien ble LCA beregnet ved hjelp av programvaren SimaPro 7 (www.pre.nl), et internasjonalt anerkjent dataverktøy, som har blitt benyttet av flere aktører innenfor fagfeltet. Ved å bruke SimaPro 7 fås tilgang til de største LCA-databasene i Europa, der all relevant bakgrunnsinformasjon er samlet. Blant disse databasene er Ecoinvent (Sveits) og LCA Food DK (Danmark). Disse blir ofte benyttet i LCA studier for landbruksprodukter. Miljøbelastning knyttet til de fleste innsatsfaktorer ble hentet fra databasen Ecoinvent v.2. CML 2001 baseline metode ble brukt for å beregne Global Warming Potential (GWP100). For å kunne beregne miljøbelastningen per produktenhet for de ulike gartnerier, måtte innsatsfaktorene omregnes slik at informasjon fra databasene kan brukes. Innsatsfaktorene og omregningene ble beskrevet i teksten nedenfor. Vedlegg 2 gir en oversikt over innsatsfaktorene og prosesser som ble benyttet i SimaPro 7. Beregningene av klimagassutslipp i denne studien ble kvalitetssikret av Life Cycle Assessment Laboratory, NTNU, Trondheim v/Anders Hammer Strømman, Ottar Michelsen og Geoffrey Guest.

Produksjon - avling

For hvert gartneri blir det i rapporten beskrevet hvilken kultur som ble dyrket, hvilken produksjonsmetode som ble brukt og mengde avling. Avling i agurk og tomat er presentert som totalt antall kg produsert. Agurkprodusenter produserte agurk med en gjennomsnittsvekt på 357 gram. Tomatprodusenter produserte stort sett vanlige runde tomater med en gjennomsnittsvekt på 95 gram. En produsent har oppgitt produksjon av cocktailtomater. For salat og potteplanter er avling presentert som henholdsvis antall salathoder og antall potteplanter. For salat ble det skilt mellom produksjon av rapidsalat og crispysalat. For potteplanter ble skilt ut produksjon av potteroser og kalanchoe. For to produsenter som produserte mange forskjellige typer potteplanter og utplantingsplanter ble det ikke skilt mellom de ulike typene.

Småplanteproduksjon

Agurkprodusentene og salatprodusentene som har deltatt i undersøkelser har alle produsert småplantene selv og småplanteproduksjon ble dermed inkludert i analysen. Tomatprodusenter og potteplanteprodusenter har som regel kjøpt småplantene som ble brukt til produksjonen. For tomat og salat ble det utarbeidet LCA for småplanteproduksjon på grunnlag av opplysninger fra småplanteprodusenter. Innsatsfaktorer for produksjon av tomatsmåplanter som ble brukt var pr plante: 42,6 kWh elektrisitet, 30,1 kWh naturgass og 0,083 årskvadratmeter veksthus. Det ble deretter inkludert i analysen for tomatprodusenter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Her ble det oppgitt samlet energiforbruk i kWh. For energibærere som lett fyringsolje og gass (propan) ble følgende omregningsfaktorer brukt: 10,06 kWh pr liter for lett fyringsolje og 12,79 kWh pr liter for gass (propan). Miljøbelastningen til produksjon og transport av olje, gass og elektrisitet er hentet fra databasen Ecoinvent v.2. SimaPro beregner CO₂ utslipp ved produksjon, transport og forbrenningen av olje og gass (Vedlegg 2). Også utslipp av NO_x og andre klimagasser er tatt med i betraktningen.

Gjødsel

Total mengde nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) og magnesium (Mg) som er brukt i produksjonen ble beregnet basert på gjødselforbruk opplyst av produsent. Til omregning ble det brukt datablader fra gjødsel firma. SimaPro beregner CO₂ utslipp til produksjon og transport av disse gjødselproduktene.

CO₂

CO₂ brukes som gjødsel i planteproduksjonen. De fleste produsenter som bruker propan- eller naturgass bruker CO₂ som frigjøres fra gassbrenningen i produksjonen. Noen produsenter bruker ren CO₂ i veksthusproduksjon. I rapporten ble utslipp fra ren CO₂ tilregnet til veksthusproduktene.

Dyrkingsmedium

Der veksttorv er oppgitt som dyrkingsmedium ble det tatt utgangspunkt i tall fra Blonk (2009) som viser at utslipp av CO₂ forbundet med produksjon og bruk av veksttorv er på 1,2 kg CO₂ pr kg veksttorv. Det ble brukt en egenvekt på 0,16 kg pr liter. SimaPro beregner CO₂ utslipp til produksjon og transport av steinull og perlite på grunnlag av databasene (Ecoinvent, LCA-food).

Plantevern

De fleste produsenter bruker biologisk plantevern. Biologisk plantevern er ikke tatt med i analysen, da det ikke finnes relevant LCA-informasjon relatert til dette. De ulike kjemiske plantevernmidlene er pr i dag heller ikke er lagt inn i LCA-databasene. Der bruk av plantevernmidler ble oppgitt, ble det tatt med samlet mengde plantevernmidler med uspesifisert fabrikat. CO₂ utslipp fra produksjon av plantevernmidler brukt i norsk veksthusproduksjon er sannsynligvis ubetydelig i forhold til den totale CO₂ utslippene.

Vann

CO₂ utslipp ved produksjon og transport av vann ble tatt med i beregningene.

Emballasje

I beregningene ble agurkfilm tatt med til å pakke inn hver enkelt agurk. Her er det antatt at det er brukt 15 mikrometer tykk plast, med 2 000 m pr rull, á 12 kg pr rull. Samme type plast er antatt brukt til innpakking av agurkesker på paller. For agurkesker i kartong, med 14 agurker pr eske, er det antatt en vekt på 230 gram. SimaPro beregner CO₂ utslipp til produksjon og transport av plast og papp (Vedlegg 2).

Øvrig produksjonsmaterieil

Der det er oppgitt, ble det tatt med forbruk av oppbindingskroker (nylon og stål), med utgangspunkt i at stålkroken er 14 cm lang og veier 18,6 gram; og at mengden nylontau på en slik krok er 12 meter (10,2 gram). Det er også brukt tomatklips i produksjonen. Det ble i beregningene brukt 1,4 gram nylon pr klips. Med hensyn til oppal av planter i plastpotter ble det tatt utgangspunkt i plastpotter med en diameter på 11 cm og en vekt på 15 g pr potte. SimaPro beregner CO₂ utslipp til produksjon av nylon og stål. Bruk av blomsterpinner er ikke tatt med, da det ikke finnes relevant LCA-informasjon til dette.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning

I denne livsløpsanalysen ble det tatt utgangspunkt i et veksthus med betongdekke, en bærekonstruksjon samt varmerør og kjele i stål, sprosser i aluminium samt glass eller kanalplater (PVC) som tekkemateriale. Det ble antatt at veksthusene har en brukstid på 20 år. Materialforbruket ble beregnet for et veksthus med varmerør og en vegg høyde på 5 meter; takseksjoner i 3,2 meter bredde med gavlhøyde på 0,8 meter; takvinkel på 30 grader og en takbredde på 1,65 meter. Materialforbruk for et slikt veksthus er estimert til 17,3 tonn betong, 7,1 tonn stål (hvorav 4,6 tonn til konstruksjon og 2,5 tonn til varmerør og kjele) og 1,7 tonn aluminium per daa (Williams et al., 2006). Som tekkemateriale er det tatt utgangspunkt i enten 4 millimeter tykke glassplater med egenvekt på 2,23 g/cm³, eller kanalplater i plast (PVC) med egenvekt på 0,51 g/cm³. Materialforbruk ble da beregnet til 12 tonn glass eller 6,8 tonn PVC per daa. Materialforbruk for et frittstående hus eller et blokkhus med takseksjoner med større bredde enn 3,2 meter (for eksempel 6,4; 9,6; 12,8 meter) antas å være i samme størrelsesorden per daa.

Øvrig inventar

Som øvrig inventar ble det tatt med rullebord, dyrkingsrenner, skyggeanlegg og vekstlys. Materialforbruk for et rullebord med stålstøtte ble beregnet til 11,77 kg stål, 0,77 kg aluminium og 0,93 kg nylon per m². Det ble antatt at 90 % av areal er dekket med rullebord. Dyrkingsrenne ble antatt å bestå av galvanisert stål med polyuretan belegg med en egenvekt på 6,99 kg/m² (www.formflex.nl). Det ble antatt at 1 m² dyrkingsflate krevet 1,12 m² renne. Skyggeanlegg ble antatt å bestå av 40 % nylon og 60 % aluminium med en egenvekt på 0,12 kg/m². Det ble antatt at 1 m² veksthus krevet 1,16 m² skyggegardin. Vekstlys antas å bestå av en lyspære (400 W-HPS) og et reflektorhus bestående av 0,54 kg aluminium og 1,5 meter ledning. Miljøbelastningen av lyspærer ble beregnet på grunnlag av tidligere analyser (Defra, 2009). For dyrkingsbord, dyrkingsrenner, skyggegardin og reflektorhus ble det antatt en brukstid på 10 år. For lyspærer ble det antatt en brukstid på 2 år.

Avfallsbehandling

I livsløpsanalysen er avfall ved bruk av innsatsfaktorene inkludert. Avfall av plantemateriale som blir produsert er ikke inkludert. I de fleste tilfeller blir dette materialet brukt hos gartnere til jordforbedring på eget gård. Dyrkingsmedia kan bli resirkulert og gjenbrukt. Dermed kan en del av den beregnede CO₂ utslipp tilregnes til produksjonen hvor materialet blir gjenbrukt. I rapporten ble ikke tatt høyde for et eventuelt gjenbruk.



5. Resultater agurkproduksjon

Tabell 2. gir en oversikt over avling og forbruk av innsatsfaktorer beregnet på grunnlag av innleverte oppgaver for agurkprodusenter for 2008.

Tabell 2. Produksjon og forbruk av innsatsfaktorer til agurkproduksjon per år beregnet ut fra innleverte oppgaver for agurkprodusenter for 2008.

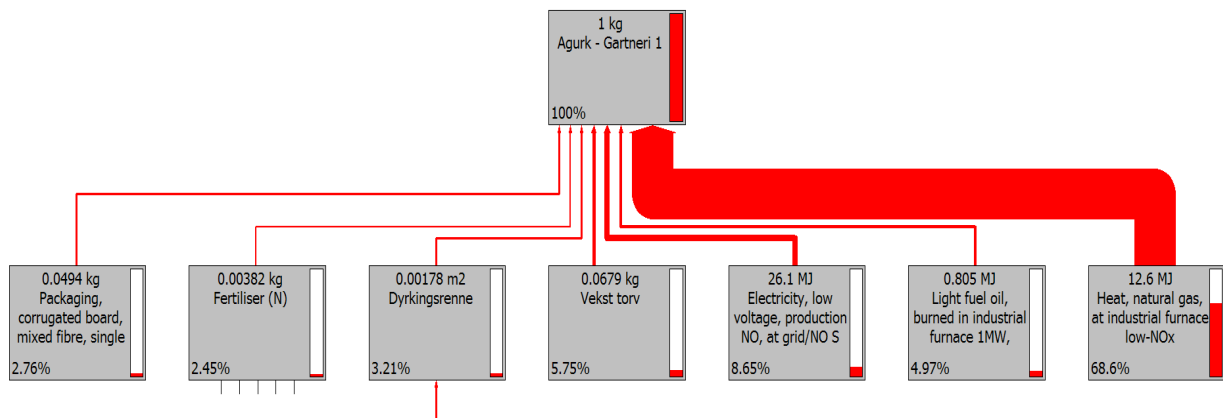
Gartneri	Gartneri 1	Gartneri 2	Gartneri 3	Gartneri 4	Gartneri 5
Avling					
Produkt	Agurk	Agurk	Agurk	Agurk	Agurk
Mengde (kg)	135 000	687 495	482 160	1 172 937	962 550
Innsatsfaktorer					
Variabelt forbruk					
Elektrisitet (kWh)	980 200	4 013 000	5 243 460	10 004 259	11 310 946
Elektr. til lys (kWh) %	12	97	77	52	76
Lett fyringsolje (kWh)	30 180	0	143 355	702 943	0
Gass, propan (kWh)	473 230	4 323 020	1 763 573	0	2 941 700
Gjødsel CO ₂	0	0	0	305 506	0
Gjødsel N (kg)	516	2 349	749	2 861	5 651
Gjødsel P (kg)	103	534	414	499	1 150
Gjødsel K (kg)	515	2 538	1 948	3 863	7 130
Gjødsel Mg (kg)	141	677	214	940	-
Vann (m ³)	3 900	18 000	7 400	12 300	2 200
Grodan (kg)	0	4 440	2 083	5 635	22 949
Perlite (kg)	0	1 056	5 792	3 520	0
Vekst torv (kg)	9 164	0	0	0	0
Plantevern (kg)	-	-	6	15	-
Nylon (kg)	182	357	982	180	1 845
Stål (kg)	0	651	473	232	1 116
Plast (kg)	600	7 165	864	4 500	8 637
Papp (kg)	6 670	32 200	22 180	6 210	43 700
Faste installasjoner					
Årskvadratmeter (m ²)	2 400	8 184	6 488	13 245	8 276
Veksthus kanalplate(m ²)	120	409	212	31	414
Veksthus glass (m ²)	0	0	113	631	0
Rullebord (m ²)	0	65	98	62	140
Dyrkingsrenne (m ²)	269	836	648	1406	753
Skyggegardin (m ²)	0	949	365	1465	960
Lysarmaturer (antall)	172	945	1560	1718	2436

5.1 Gartneri 1

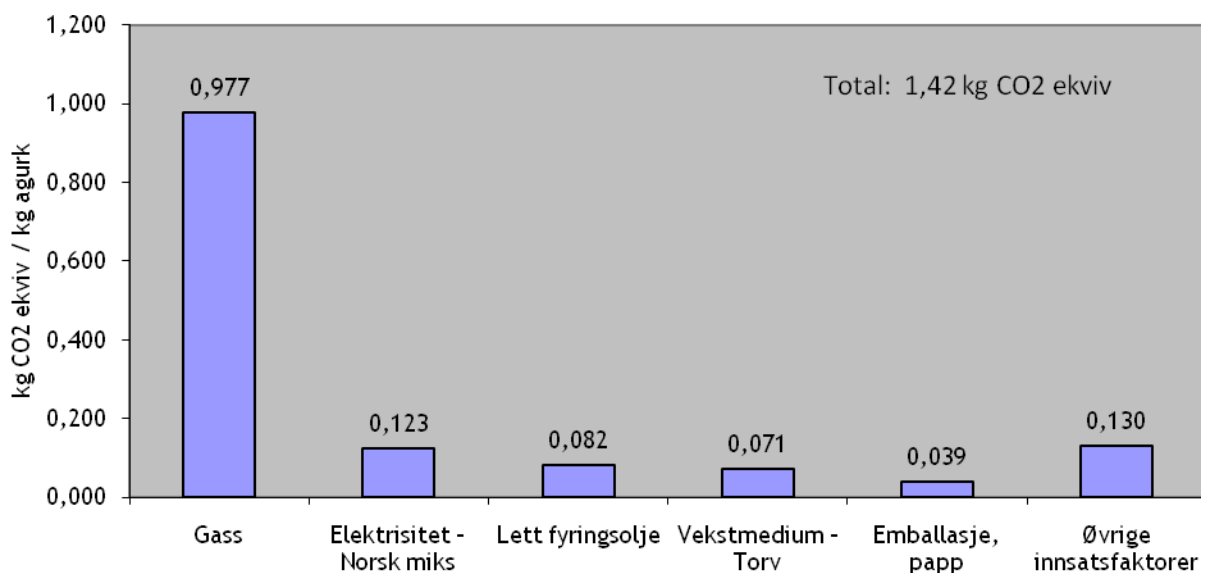
Gartneri 1 hadde sesongproduksjon av slangeagurk med noe vekstlys, og laget egne småplanter. Gartneriet hadde i 2008 et produksjonsareal på 2 400 årskvadratmeter med agurk. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av agurk hos Gartneri 1 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 1,42 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket agurk (Figur 3). Figur 2 viser at 69 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av propangass til varme. Bruk av ulike former av energi (gass, elektrisitet og fyringsolje) står for 83 % av CO₂ utslippene. Bruk av torv som vekstmedium står for 6 % av utslippene, emballasje for 3 %, bruk av dyrkingsrenner for 3 %, N-gjødsel for 2 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 3 %.



Figur 2 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket agurk for Gartneri 1.



Figur 3 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for Gartneri 1. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 1 er 1,42 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg agurk. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av gjødsel og øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 1 (Tabell 2)

Produksjon - avling

Gartneri 1 oppgav en produksjon på 135 000 kg slangeagurk (378 003 stk), og 12 000 småplanter, agurk.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet brukte i hovedsak strøm som energikilde, med et totalforbruk på 980 200 kWh, derav 88 % som gikk til varme og 12 % til lys. I tillegg bruktes 3 000 liter lett fyringsolje (30 180 kWh) til oppvarming og 37 000 liter propangass (473 230 kWh) til oppvarming og CO₂ gjødsling.

Gjødsel, dyrkingsmedium og plantevern

Det ble rapportert bruk av Superba og Kalksalpeter. Tabell 2 viser mengden av virkestoffene N, P, K og Mg som er brukt i beregningene. Gartneriet har brukt 9164 kg veksttorv i sin produksjon og har bare brukt biologiske plantevernmidler.

Øvrig produksjonsmateriell

Gartneriet har brukt 3 000 m oppbindingstråd og 12 000 tomatpotter. Samlet mengde nylon var 182 kg.

Emballasje

For pakking til agurk ble det brukt 50 000 meter agurkfilm, mens i tillegg 50 000 meter plast ble brukt til pakking av agurkesker. Totalt plastforbruk var 600 kg. Forbruk av agurkesker var 29 000 stk (6 670 kg).

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

Gartneriet hadde 1 200 årskvadratmeter med veksthus av kanalplater, og 1 200 årskvadratmeter med veksthus av kanalplater og glass. Da veksthusene har blitt definert som enten av glass eller kanalplater ble det brukt 2 400 årskvadratmeter med veksthusbygning av kanalplater i analysen. Med en antatt brukstid på 20 år ble det tilregnet 120 m² veksthus pr år. Gartneriet hadde installert 172 lysarmaturer. Ellers ble det tilregnet 269 m² dyrkingsrenner til dyrking av agurk.

Avfallsbehandling

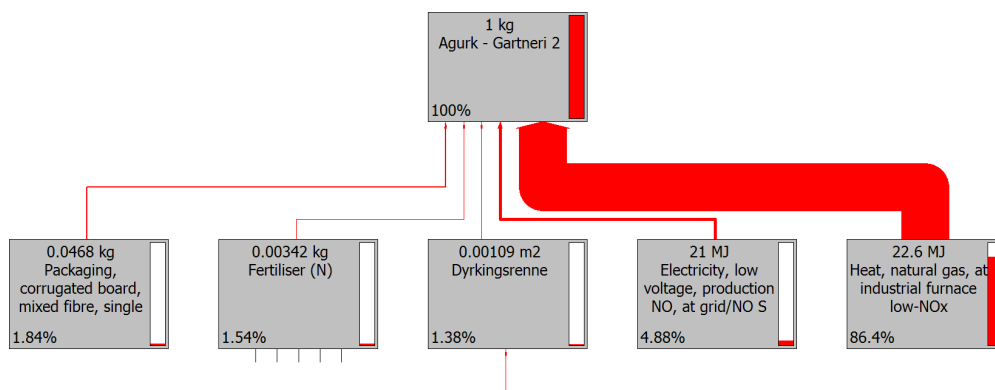
Gartneriet er medlem av 'Grønt punkt'

5.2 Gartneri 2

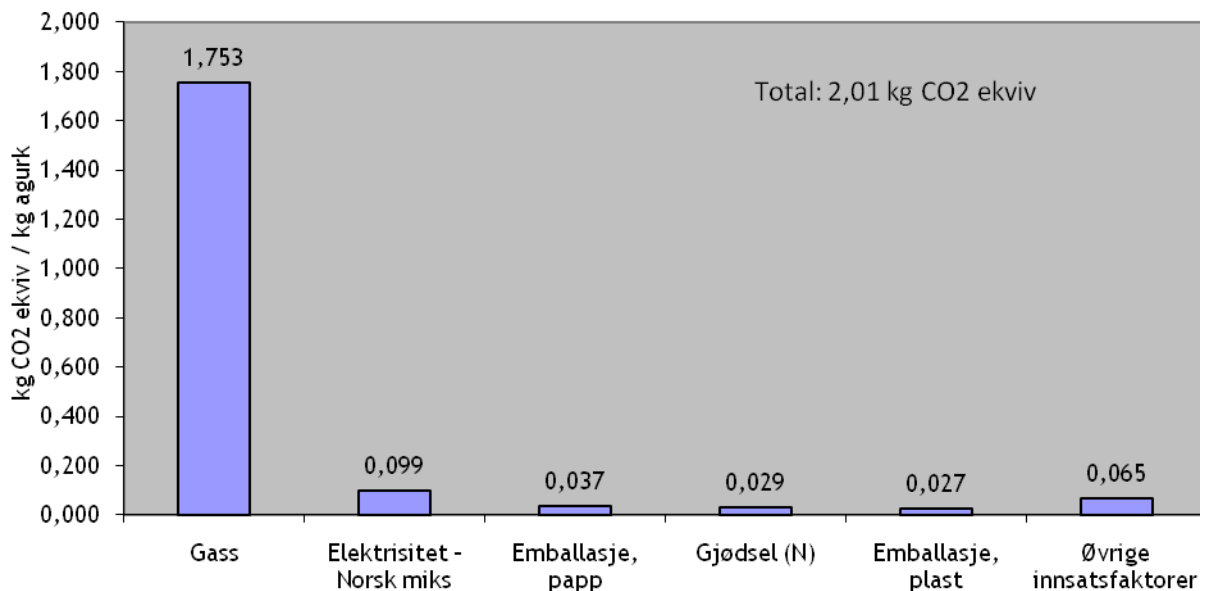
Gartneri 2 produserte slangeagurk på et produksjonsareal på 8 184 årskvadratmeter og forlenger vekstsesongen ved hjelp av vekstlys. Produsenten lager også sine egne småplanter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av agurk hos Gartneri 2 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 2,01 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket agurk (Figur 5). Figur 4 viser at 86 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av propangass til varme. Bruk av strøm står for 5 % av utslippene og energiforbruk står samlet sett for 91 % av CO₂ utslippene. Bruk av gjødsling står for 2 % av utslippene, emballasje for 3 %, bruk av dyrkingsrenner for 1 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 3 %.



Figur 4 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket agurk for Gartneri 2.



Figur 5 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for Gartneri 2. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 2 er 2,01 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg agurk. Inkludert i 'Resterende prosesser' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 2 (Tabell 2)

Produksjon - avling

Gartneri 2 oppgav en produksjon på 687 495 kg slangeagurk (1 925 000 stk), og 100 000 småplanter, agurk.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneri 2 brukte både propangass og strøm som energikilde. Det ble brukt 338 000 liter propangass (4 323 020 kWh) til varmeproduksjon og CO₂ gjødsling. Strøm med et totalforbruk på 4 013 000 kWh bruktes i hovedsak til belysning (97 % av strømforbruket).

Gjødsel, dyrkingsmedia og plantevern

Det ble rapportert bruk av følgende gjødselprodukter: Superba, Calcinit og Resistim. Tabell 2 viser mengden av virkestoffene N, P, K og Mg som er brukt i beregningene. Gartneriet har brukt perlite (1 056 kg) og steinull kuber (4 440 kg) i sin produksjon i 2008. Det ble bare brukt biologiske plantevernmidler.

Øvrig produksjonsmateriell

Gartneri 2 har benyttet 35 000 oppbindingskroker. Samlet mengde nylon var 357 kg, og samlet mengde stål var 651 kg.

Emballasje

Gartneriet har brukt til sammen 7 165 kg plast til emballasje. Dette inkluderer agurkfilm og plast til pakking av agurkesker. Det ble brukt 32 200 kg papp til agurkesker.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

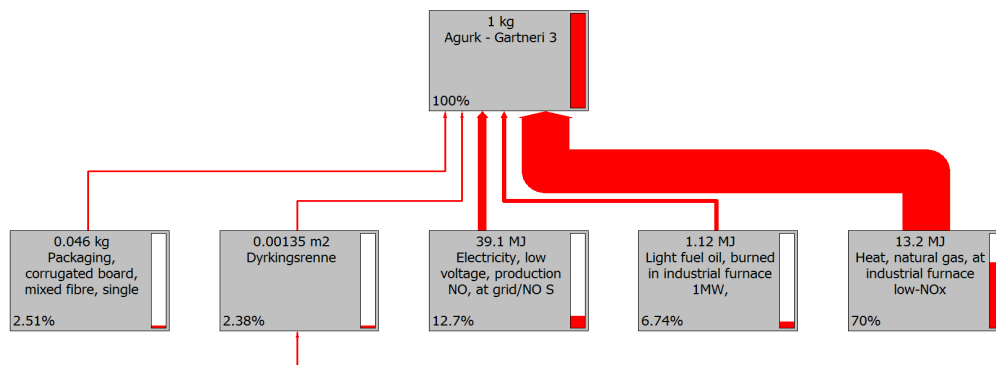
Gartneriet hadde 1 8184 årskvadratmeter med veksthus av kanalplater med skyggeanlegg, hvorav 720 årskvadratmeter til småplanteproduksjon. Det ble brukt dyrkingsrenner til produksjon og dyrkingsbord til oppal. Gartneriet hadde installert 945 lysarmaturer.

5.3 Gartneri 3

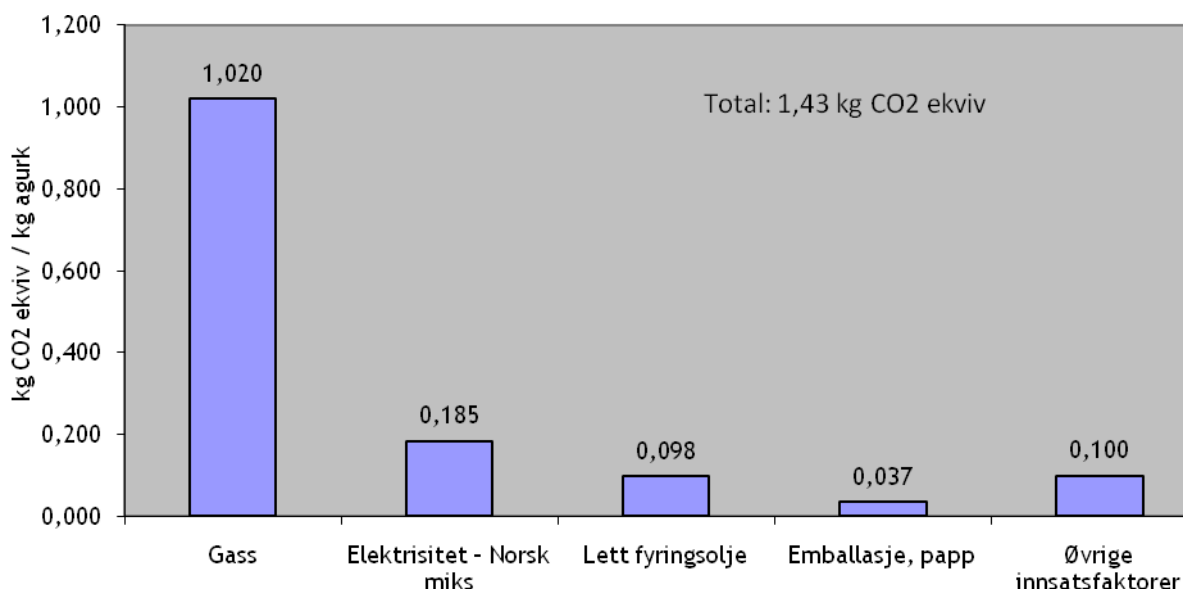
Gartneri 3 produserte slangeagurk, både som sesongproduksjon og i helårsproduksjon med vekstlys. Produsenten laget også sine egne småplanter. I tillegg produserte gartneriet crispy salat. Gartneriet hadde et produksjonsareal på 8 738 årskvadratmeter, der 6 488 årskvadratmeter gikk til agurkproduksjon og 2 250 årskvadratmeter til salat. Salat ble dyrket i et adskilt veksthus og produsenten har oppgitt forbruk av energi adskilt for de ulike veksthusene. Resultatene gitt nedenfor gjelder kun for agurkproduksjon. Småplanteproduksjon av agurk er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av agurk hos Gartneri 3 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 1,43 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket agurk (Figur 7). Figur 6 viser at 70 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av propangass til varme. Bruk av strøm står for 13 % av utslippene og energiforbruk (gass, elektrisitet og fyringsolje) står samlet for 89 % av CO₂ utslippene. Emballasje står for 3 % av utslippene, bruk av dyrkingsrenner for 2 % og bruk av gjødsel for 1 % av utslippene. Øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen står for 5 % av utslippene.



Figur 6 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket agurk for Gartneri 3.



Figur 7 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for Gartneri 3. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 3 er 1,43 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg agurk. Inkludert i 'Resterende prosesser' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 3 (Tabell 2)

Produksjon - avling

Gartneri 3 oppgav en samlet produksjon på 482 160 kg slangeagurk (1 350 059 stk) og 49 500 agurksmåplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneri 3 brukte til agurkproduksjon i hovedsak strøm som energikilde, med et totalforbruk på 5 243 460 kWh, derav 33 % til oppvarming og 77 % til belysning. Det bruktes også propangass tilsvarende 1 763 573 kWh til oppvarming og CO₂ gjødsling og lett fyringsolje tilsvarende 143 355 kWh til oppvarming.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Det ble rapportert følgende gjødselprodukter: Superba Pluss, Magnesiumsulfat, Monokaliumfosfat, Kaliumnitrat, Calcinit og Resistim. Bruk av gjødsel og vann var ikke oppgitt adskilt for agurk og salat. Siden 74 % av arealet i gartneriet ble brukt til agurkproduksjon, ble det tilregnet 74 % av vann og gjødsel til agurkproduksjon. Tabell 2 viser mengden av virkestoffene N, P, K og Mg som er brukt i beregningene. Gjødselvann ble stort sett resirkulert. Gartneriet har brukt perlite (5 792 kg) og steinullkuber (2 083 kg) i agurkproduksjonen. Det ble i hovedsak brukt biologiske plantevernmidler i produksjonen. Samlet forbruk av kjemiske plantevernmidler var 6 kg.

Øvrig produksjonsmaterieell

Gartneri 3 har benyttet både oppbindingstråd, oppbindingskroker og klips til agurkproduksjon. Samlet mengde nylon var 982 kg, og samlet mengde stål var 473 kg.

Emballasje

For pakking av agurk ble det brukt til sammen 864 kg plast til emballasje (agurkfilm) og 22 180 kg papp til agurkesker.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

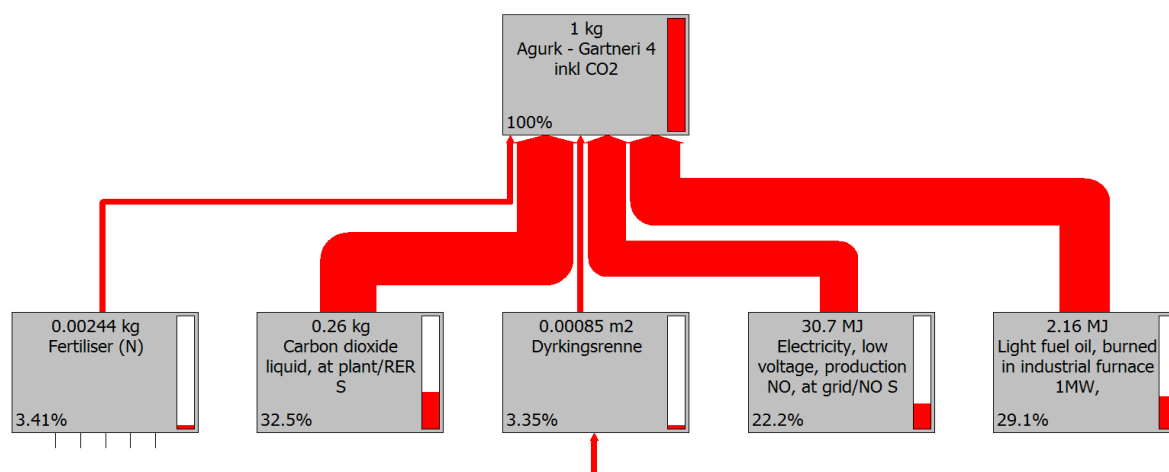
Gartneri 3 hadde 4 238 årskvadratmeter med veksthus av kanalplater og 2 250 årskvadratmeter med veksthus av glass til produksjon av agurk. Skyggeanlegg var montert i 3 150 m² veksthus. I 1 088 m² var det lagt inn rullebord, mens i resten av anlegget ble det tilregnet dyrkingsrenne til agurkproduksjon. I total var det installert 1560 lysarmaturer til produksjon av agurk.

5.4 Gartneri 4

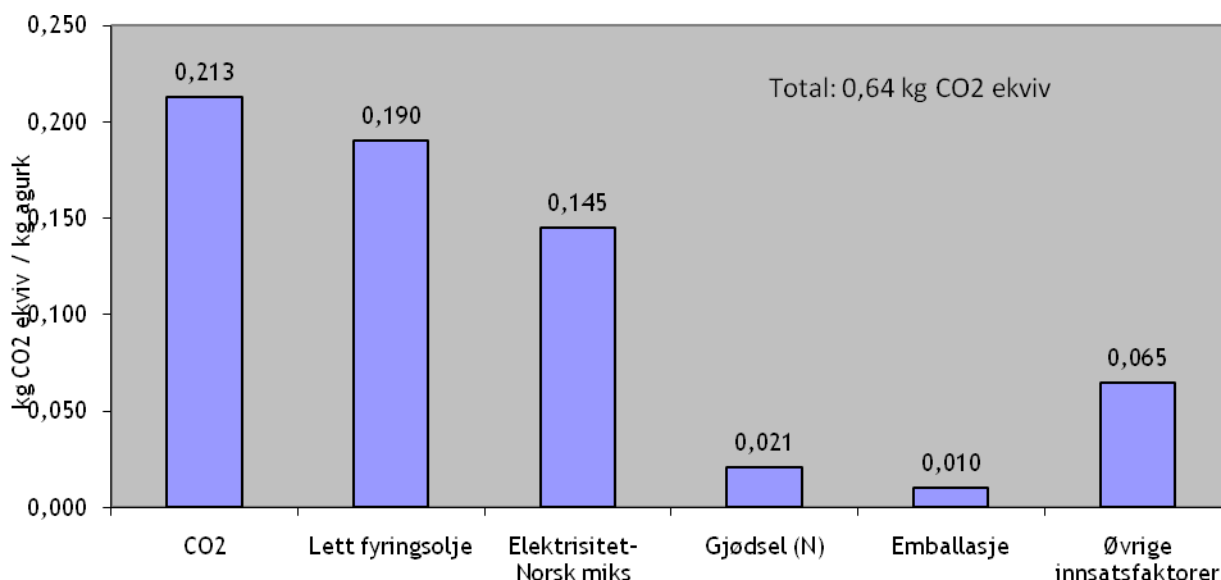
Gartneri 4 produserte slangeagurk og forlengte vekstsesongen med vekstlys. Produsenten laget også sine egne småplanter. Gartneriet hadde et produksjonsareal på 13 245 årskvadratmeter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av agurk hos Gartneri 4 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,64 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket agurk (Figur 9). Figur 8 viser at 33 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra bruk av ren CO₂ til gjødsling, 29 % av lett fyringsolje til oppvarming og 22 % fra bruk av strøm, hvorav 52 % ble brukt til belysning og 48 % til oppvarming. Bruk av gjødsel står for 3 % av utslippene, bruk av dyrkingsrenner for 3 %, bruk av emballasje for 2 % og de øvrige innsatsfaktorene inklusiv veksthusbygningen for 10 %.



Figur 8 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket agurk for Gartneri 4.



Figur 9 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for Gartneri 4. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 4 er 0,64 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg agurk. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 4 (tabell 2)

Produksjon - avling

Gartneri 4 oppgav en samlet produksjon på 1 172 937 kg slangeagurk (3 284 250 stk) og en produksjon på 127 000 småplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet brukte i hovedsak strøm som energikilde, med et totalforbruk på 10 004 259 kWh. Derav ble 52 % brukt til belysning og 48 % til oppvarming. I tillegg ble det brukt lett fyringsolje tilsvarende 702 943 kWh til oppvarming.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Gartneriet brukte 305 506 kg ren CO₂ til gjødsling i agurkproduksjonen. Ellers ble det rapportert følgende gjødselprodukter: Pioner NPKCL 7-3-30+Mg, Calcinit, Ammoniumnitrat, Fosforsyre 85 %, Salpetersyre 62 %, Pioner Mikro Pluss m/jern, Resistim. Tabell 2 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Gjødselvann ble stort sett resirkulert. Gartneriet har brukt Perlite (3 520 kg) og steinullkuber (5 635 kg) som dyrkingsmedia. Det ble i hovedsak brukt biologiske plantevernmidler i produksjonen. Samlet forbruk av kjemiske plantevernmidler var 15 kg.

Øvrig produksjonsmateriell

Gartneriet har brukt både oppbindingskroker og klips. Samlet mengde nylon var 180 kg, og samlet mengde stål var 232 kg.

Emballasje

Til pakking av agurk ble det til sammen brukt 4 500 kg plast (agurkfilm) og 6 210 kg papp til agurkesker. Gartneriet oppga også bruk av 119 800 stk IFCO- kasser. Disse blir brukt flere ganger og ble ikke tatt med i beregningene.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

Gartneri 4 hadde 12 629 årskvadratmeter veksthus med glass og skyggeanlegg, og 616 årskvadratmeter veksthus med kanalplater. Til oppal av agurkplanter ble det brukt 691 årskvadratmeter veksthus med rullebord. På resten av arealet ble det tilregnet dyrkingsrenner. Gartneriet hadde installert 1718 lysarmaturer.

Avfallsbehandling

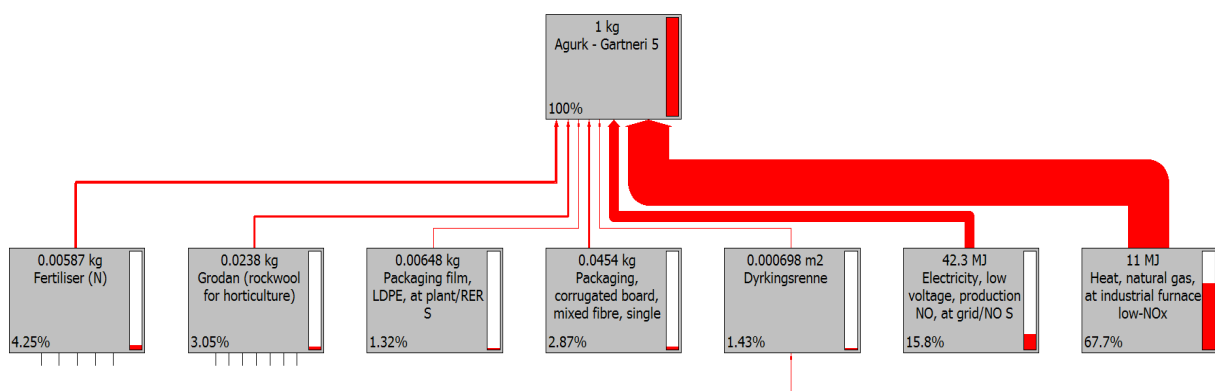
Gartneriet er medlem av "Grønt Punkt". Etter endt bruk går perlite og 50 % av steinullkubene til kompostering. Øvrige 50 % blir levert på den lokale avfallspark. Avfall av plantemasse blir spredt ut over jorda og frest ned.

5.5 Gartneri 5

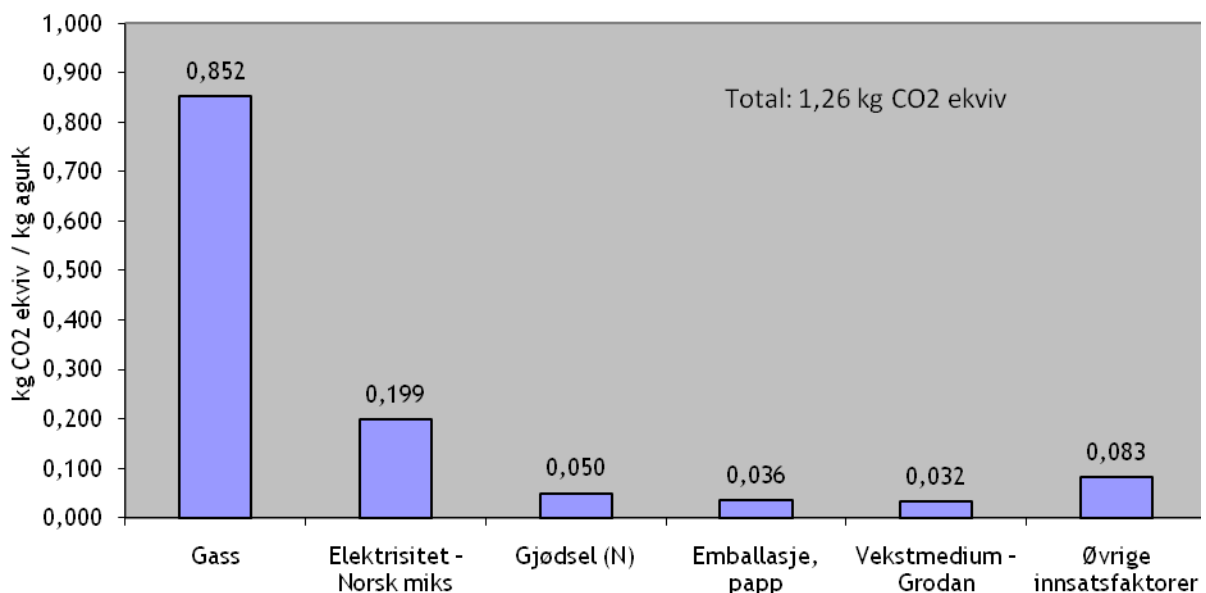
Gartneri 5 hadde helårsproduksjon av slangeagurk på et produksjonsareal på 8 276 årskvadratmeter. Produsenten lagte også sine egne småplanter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av agurk hos Gartneri 5 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 1,26 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket agurk (Figur 11). Figur 10 viser at 68 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra forbrenning av propangass til varme, og 16 % kommer fra forbruk av strøm til både vekstlys og varme. Bruk av N-gjødsel står for 4 % av utslippene, bruk av steinull for 3 %, emballasje for 4 % og bruk av dyrkingsrenner for 1 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 4 %.



Figur 10 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket agurk for Gartneri 5.



Figur 11 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for Gartneri 5. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 5 er 1,26 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg agurk. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 5 (Tabell 2)

Produksjon - avling

Gartneri 5 oppgav en samlet produksjon på 962 550 kg slangeagurk (2 695 162 stk) og en produksjon på 100 000 småplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet brukte i hovedsak strøm som energikilde, med et totalforbruk på 11 310 946 kWh. Derav gikk går 76 % til vekstlys og 24 % til oppvarming. I tillegg bruktes propangass tilsvarende 2 941 700 kWh til både oppvarming og CO₂ gjødsling.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Det ble rapportert bruk av Superex, Calcinit, Restart, Salpetersyre og Silisium. Tabell 2 viser mengden av virkestoffene N, P, K og Mg som er brukt i beregningene. Gjødselvann ble ikke resirkulert. Til produksjon ble det brukt steinull, både kuber og matter, i total 22 949 kg. Det ble bare oppgitt bruk av biologiske plantevernmidler i produksjonen.

Øvrig produksjonsmateriell

Gartneriet har brukt både oppbindingstråd, oppbindingskroker og klips. Samlet mengde nylon var 1 845 kg. Inkludert i denne mengden nylon er også plastbeger brukt til emballering av snackagurk. Samlet mengde stål var 1 116 kg.

Emballasje

For pakking til agurk ble det brukt til sammen 8 637 kg plast (agurkfilm og pakking av agurkesker på pall). Det ble benyttet 43 700 kg papp til agurkesker.

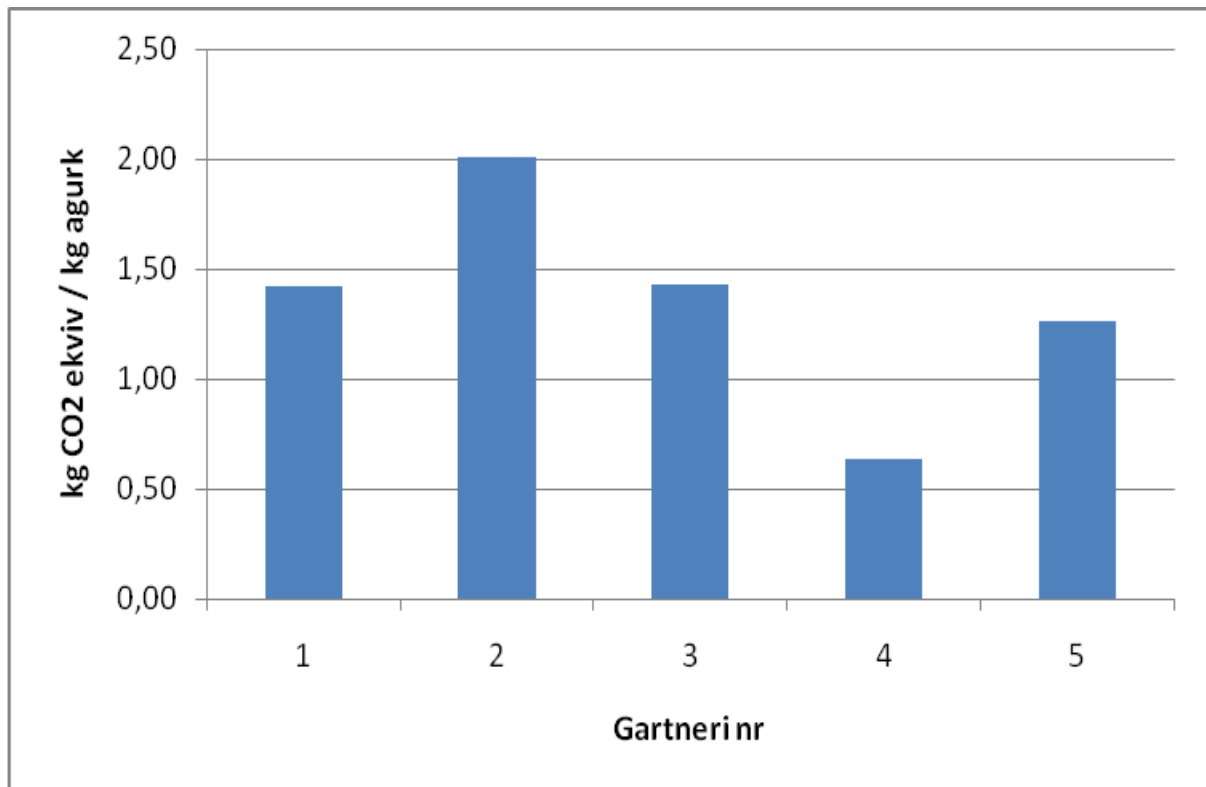
Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

Gartneriet hadde 8 276 årskvadratmeter med veksthus av kanalplater og skyggeanlegg. Til oppal av agurkplanter ble det brukt 1 556 årskvadratmeter med rullebord. På resten av arealet ble det tilregnet dyrkingsrenner. Gartneriet hadde installert 2436 lysarmaturer.

5.6 Sammenstilling av resultater til agurkproduksjon

Resultatene viser store variasjoner i CO₂ utslipp pr kg ferdig pakket agurk mellom gartneriene (Figur 11b). Utslippene varierte fra 0,64 i gartneri 4 til 2,01 kg CO₂ ekvivalent pr kg agurk i gartneri 2.



Figur 11b Oversikt over den totale CO₂ utslipp (i kg CO₂ ekvivalenter pr kg agurk) for agurkgartnerier.

Forskjellene i CO₂ utslipp mellom de ulike gartneriene i undersøkelsen har sterk sammenheng med valg av energikilde. Gartnerier med stor andel av gass i sitt totale energiforbruk hadde høyest CO₂ utslipp. Andel av gass i det totale energiforbruket for de gartneri 1 t.o.m. 5 var henholdsvis 32, 52, 25, 0 og 21 %. Gass brukes både til oppvarming og CO₂ gjødsling. Gartneri 4 hadde lavest CO₂ utslipp til tross for at det gjødsles med ren CO₂. Gjødsling med ren CO₂ utgjorde 0,26 kg CO₂ ekvivalenter pr kg agurk i gartneri 4. Bruk av elektrisitet i Norge fører til lite utslipp av klimagasser, da mesteparten av elektrisiteten er basert på vannkraft. I motsetning til fossil energi, som olje og gass, er vannkraft en fornybar energiressurs. Situasjonen er annerledes i andre land, hvor elektrisitet produseres ved hjelp av fossil energi (se diskusjon).

Valg av produksjonsmetode er en annen faktor som påvirker CO₂ utslipp. Produksjonsmetoder som øker avlingen pr m² veksthusareal uten at CO₂ utslipp pr m² veksthusareal øker tilsvarende, vil redusere CO₂ utslipp pr enhet av produkt. I gartneriene brukes elektrisitet til både oppvarming og belysning. Lys er en begrensende faktor i veksthusproduksjon i Norge og bruk av lys er linear relatert til avlingsnivå. Det gjelder både i sesongproduksjon, men særlig i produksjoner hvor en forlenger sesongen ved bruk av lys. Forskningsresultater for agurk viser til en firedobling av avling pr m² (Grimstad, 1995). Bruk av elektrisitet til lys er en effektiv måte å øke produksjon pr m² veksthusareal, uten at CO₂ utslipp øker tilsvarende. Dermed kan bruk av elektrisitet til lys bidra til å redusere CO₂ utslipp pr enhet av produkt. For de undersøkte gartneriene var det en klar

sammenheng mellom bruk av lys og avlingsnivå. Gartneri 1 hadde minst lys (0,07 armaturer pr m²) og lavest avling (56 kg/m²), mens gartneri 5 hadde mest lys (0,29 armaturer pr m²) og høyest avling (116 kg/m²). Resultatene tyder på at avlingspotensialet ved bruk av tilleggslys i disse gartneriene ikke er nådd. Dermed burde det være mulig å redusere CO₂ utslippet pr enhet av agurk ytterligere.

Bruk av energi står for mesteparten av klimagassutslipp i de ulike gartneriene. I gartneri 1 t.o.m. 5 står bruk av energi for henholdsvis 85, 92, 90, 53 og 83 % av CO₂ utslippene. Tiltak som forbedrer energieffektiviteten vil derfor redusere CO₂ utslipp pr enhet produkt. Energieffektiviteten kan forbedres ved å øke avling pr enhet av energi og/eller ved å redusere bruk av energi pr enhet av produkt.

Resultatene fra de ulike agurkgartneriene viser en viss sammenheng mellom CO₂ utslipp og energiforbruk i kWh pr kg agurk. Gartneri 4 har lavest energiforbruk pr enhet av produkt (9,1 kWh), mens Gartneri 5 har høyest energiforbruk (14,8 kWh pr kg agurk). Gartneri 2 har høyest CO₂ utslipp, men ikke høyest energiforbruk (12,1 kWh pr kg agurk).

Bruk av skyggegardiner kan være et tiltak for å redusere energiforbruk pr enhet av produkt. I gartneri 2, 4 og 5 var det montert gardiner i alle veksthus. Allikevel viser resultatene store forskjeller i CO₂ utslipp pr kg agurk. Resultatene kan tyde på at gardinene ikke hadde den tiltenkte virkning.

Til tross for noen motstridende tall, viser resultatene at kombinasjonen av bruk av elektrisitet som energikilde for oppvarming og belysning med en høy energieffektivitet som i gartneri 4 gir minst CO₂ utslipp.

Hustype kan også ha betydning for energiforbruk. Frittstående hus har en større ytterflate pr arealenhet og vil derfor kunne bruke mer energi pr m² enn blokkhus. I undersøkelsen hadde gartneri 1 og 2 frittstående veksthus av kanalplater og gartneri 4 og 5 blokkhus med henholdsvis glass og kanalplater.

Utenom bruk av energi står bruk av vekstmedium for 4 % av CO₂ utslippene, bruk av emballasje for 3 %, bruk av gjødselvann for 2 %, veksthusbygningen for 4 % og inventar for 2 % av CO₂ utslippene.

Bruk av torv som vekstmedium fører til et høyere utslipp av CO₂ enn bruk av steinull eller perlite. For gartneri 1 står bruk av torv som vekstmedium for 0,071 kg CO₂ ekvivalent pr kg agurk. For gartneri 5, som har høyest forbruk av steinull, sannsynligvis fordi steinull blir skiftet ut for ulike hold flere ganger pr år, står bruk av steinull for 0,032 kg CO₂ ekvivalent pr kg agurk. I de andre gartneriene er bidraget av steinull og perlite knapt målbart.

Bruk av agurkfilm bidrar lite til den totale CO₂ utslipp, ca 0,03 kg CO₂ ekvivalent pr kg agurk. Bruk av agurkfilm reduserer tap av agurk fra produsent til forbruker og vil derfor bidra til å redusere miljøbelastningen av agurk til forbruker. Bruk av papp bidrar også noe til CO₂ utslipp, ca 0,04 CO₂ ekvivalent pr kg agurk. Et alternativ for å redusere disse CO₂ utslippene er bruk av IFCO- kasser, men det forutsetter at de kan gjenbrukes svært mange ganger. Et annet alternativ er gjenbruk av papp.

Gjødselforbruk varierte fra 0,51 kg/m² i gartneri 3 til 1,68 kg/m² i gartneri 5. Det tilsvarte et utslipp på henholdsvis 0,014 og 0,050 kg CO₂ ekvivalent pr kg agurk. Resirkulering av gjødselvann kan bidra til å redusere gjødselforbruk pr kg agurk. Gartneri 3 og 4 oppga et vanningsopplegg med resirkulering. Det resulterte i en reduksjon av vannforbruk med ca 50 % sammenlignet med gartneri 1 og 2 som ikke hadde resirkulering.

Inventar står for 0,03 kg CO₂ ekvivalent pr kg agurk og veksthusbygningen samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale for 0,06 kg CO₂ ekvivalent pr kg agurk. Det var relativt konstant for de ulike gartneriene.

6. Resultater tomatproduksjon

Det produseres flere typer tomater i Norge. I denne undersøkelsen har vi fått inn opplysninger fra fire produsenter som alle har produsert vanlige runde, standard, tomater. En av produsentene har både produsert vanlig runde tomater og cocktailtomater. Resultatene for tomatproduksjon gjelder derfor i første rekke for vanlige runde tomater. I beregningene er det tatt hensyn for kjøp av småplanter. Tabell 3 gir en oversikt over avling og forbruk av innsatsfaktorer beregnet på grunnlag av innleverte oppgaver for tomatprodusenter for 2008. Tallmateriale for økologisk produksjon ble estimert basert på tall fra NGF og kunnskap og erfaringer med praktisk produksjon av økologisk tomat i Norge.

Tabell 3 Produksjon og forbruk av innsatsfaktorer per år beregnet ut fra innleverte oppgaver for tomatprodusenter for 2008, samt en estimering for økologisk produksjon.

Gartneri	Gartneri 6	Gartneri 7	Gartneri 8	Gartneri 9	Gartneri 9	Øko- logisk
Avling						
Produkt	Standard	Standard	Standard	Standard	Cocktail	Standard
Mengde (kg)	160 445	127 244	91 955	102 000	101 000	305 040
Innsatsfaktorer - variabelt forbruk						
Elektrisitet (kWh) ⁽¹⁾	81 200	59 840	40 200	45 800	73 000	186 000
Lett fyringsolje (kWh)	0	0	0	0	0	0
Gass (kWh)	1 855 085	1 476 975	1 013 692	1 265 038	1 664 753	4 854 600
Gjødsel N (kg) ⁽²⁾	540	398	267	537	841	-
Gjødsel P (kg)	231	171	115	110	172	-
Gjødsel K (kg)	2 314	1705	1 146	658	1029	-
Gjødsel Mg (kg)	-	-	-	77	120	-
Vann (m ³)	3 772	2 780	1 867	2 067	3233	8 556
Grodan (kg) ⁽³⁾	3 552	2 543	1 709	2 504	3916	-
Vekst torv (kg)	0	0	0	0	0	93 000
Plantevern (kg)	-	-	-	-	-	-
Småplanter tomat(stk) ⁽⁴⁾	10 500	8 000	5 300	6 000	9000	23 250
Nylon (kg) ⁽⁵⁾	181	138	91	121	189	-
Stål (kg)	195	149	99	131	204	262
Plast (kg)	0	0	0	0	1 010	-
Papp (kg) ⁽⁶⁾	10 333	8 195	5 922	6 569	4 040	19 645
Faste installasjoner						
Årskvadratmeter (m ²)	4 060	2 992	2 010	2 290	3650	9 300
Veksthus glass (m ²)	203	150	101	115	0	465
Skyggeanlegg (m ²)	0	347	0	0	182	0
Dyrkingsrenne (m ²)	455	335	225	256	409	0

⁽¹⁾ Forbruk av strøm til teknisk utstyr, tilsvarende 20 kWh pr årskvadratmeter

⁽²⁾ Forbruk av gjødsel i gartneri 6,7,8: 1,9 kg pr årskvadratmeter, hvorav 7 % N, 3 % P, 30 % K

⁽³⁾ Forbruk av Grodan Master matter (1000x200x75 millimeter), 0,85 matter pr m² med en tetthet på 68,3 kg pr m³.

⁽⁴⁾ Innsatsfaktorer for produksjon av tomatsmåplanter som ble brukt var pr plante: 42,6 kWh elektrisitet, 30,1 kWh naturgass og 0,083 årskvadratmeter veksthus av glass med dyrkingsbord.

⁽⁵⁾ Forbruk av 10,2 gram nylon og 18,6 gram stål til oppbindingskrok samt 7 gram nylon til tomatklips pr plante

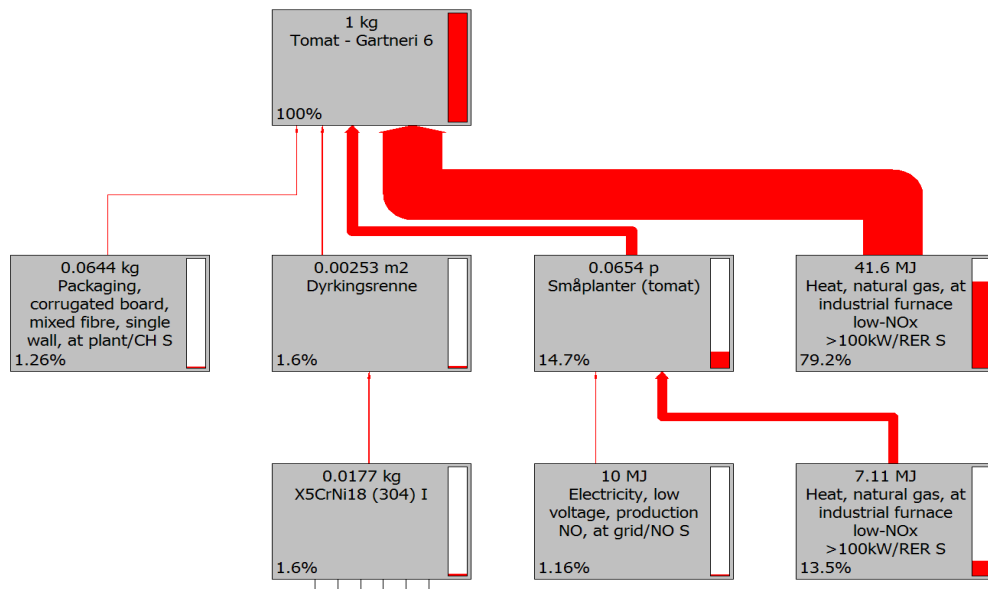
⁽⁶⁾ 5 kg tomat pr eske, 0,322 kg papp pr eske

6.1 Gartneri 6

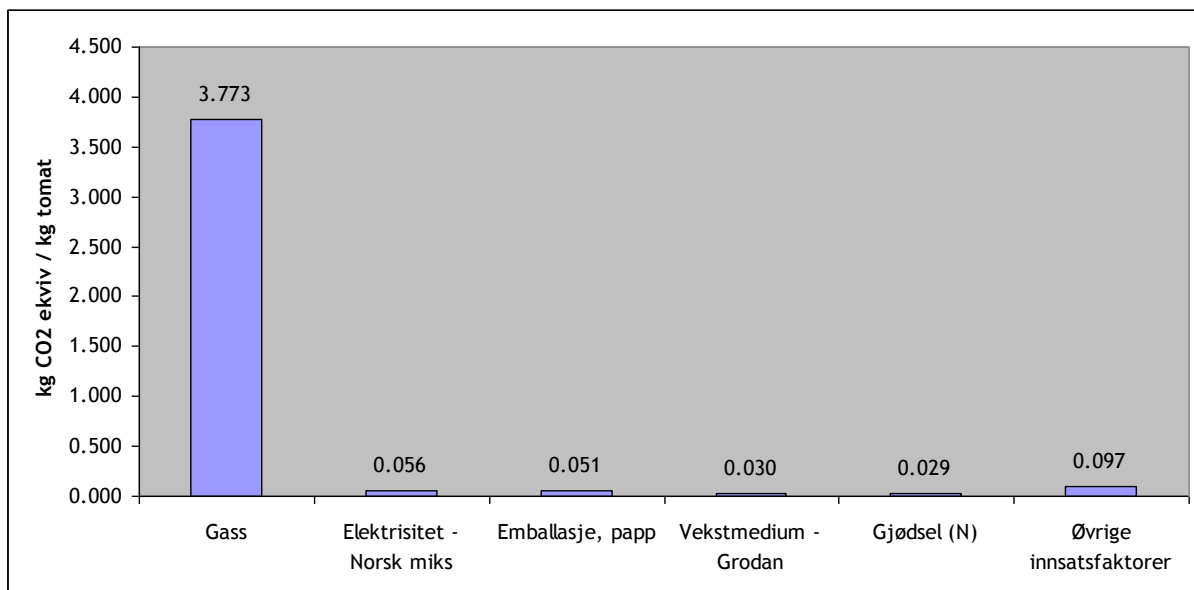
Gartneriet hadde sesongproduksjon av runde tomater på et produksjonsareal på 4 060 årskvadratmeter og kjøpte småplanter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av tomat hos Gartneri 6 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 4,03 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket tomat. Figur 12 viser at 93 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av naturgass, hvorav 14 % til produksjon av småplanter. Samlet sett står energiforbruk for 95 % av CO₂ utslippene. Emballasje står for 1 % av utslippene, dyrkningsmedium for 1 %, gjødsling for 1 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen og dyrkingsrenner for 2 %.



Figur 12 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket tomat for Gartneri 6.



Figur 13 Oversikt over utslipp av CO₂ for ulike innsatsfaktorer i Gartneri 6. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 6 er 4,03 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg tomat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrige innsatsfaktorer.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 6 (Tabell 3)

Produksjon - avling

Gartneri 6 oppgav en produksjon på 160 445 kg tomat. Det ble kjøpt inn 10 500 tomatsmåplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet forbrante naturgass tilsvarende 1 855 085 kWh til oppvarming og CO₂-gjødsling. Videre er det antatt et forbruk på strøm på 81 200 kWh (tilsvarende 20 kWh pr årskvadratmeter).

Gjødsel, dyrkingsmedium, plantevern

Det ble antatt et forbruk av gjødsel på 7 714 kg (tilsvarende 1,9 kg pr årskvadratmeter). Tabell 3 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Videre ble det antatt et forbruk av Grodan matter på 3 552 kg (0,85 matter pr m²). Det ble ikke oppgitt bruk av plantevernmidler. Tomatproduksjonen foregår stort sett bare med bruk av biologiske plantevernmidler.

Øvrig produksjonsmaterieell

Det ble antatt at et samlet forbruk av oppbindingskroker (nylontråd og stål) og tomatklips gir henholdsvis 181 kg nylon og 195 kg stål.

Emballasje

Det ble beregnet et forbruk på 10 333 kg papp til tomatesker (32 089 esker).

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

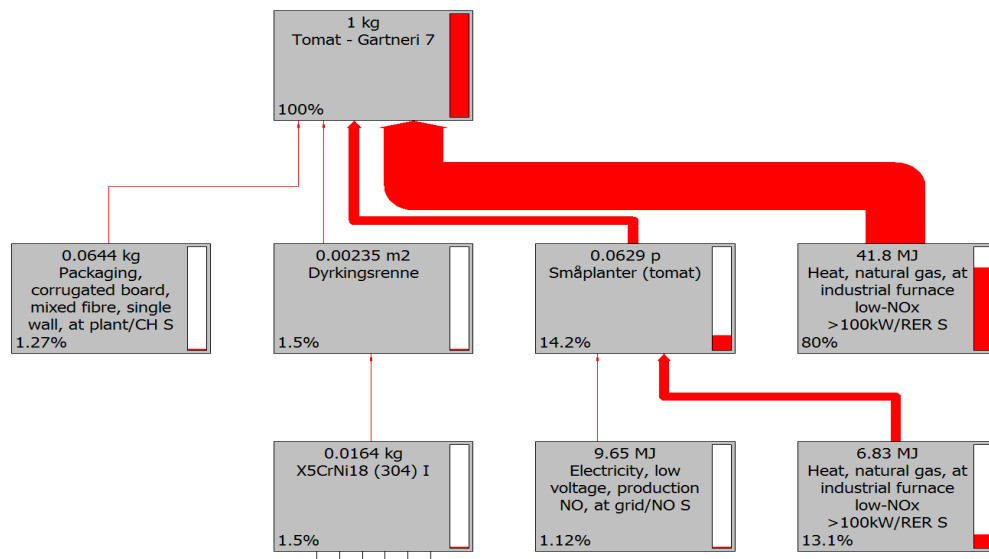
Gartneriet hadde 4 060 årskvadratmeter med veksthus med glass. Det ble tilregnet 203 m² med veksthus av glass (4 060/20) og 455 m² med dyrkingsrenner ((4 060 x 1,12)/10).

6.2 Gartneri 7

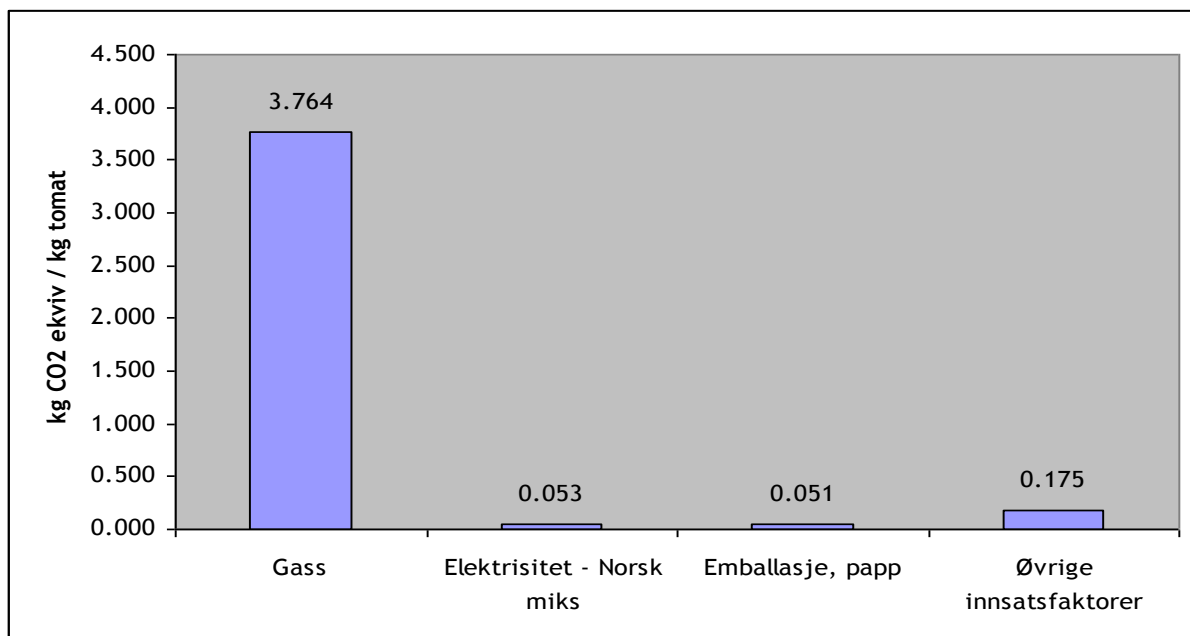
Gartneri 7 hadde sesongproduksjon av runde tomater på et produksjonsareal på 2 992 årskvadratmeter og kjøpte småplanter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av tomat hos Gartneri 7 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 4,04 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket tomat (Figur 15). Figur 14 viser at 93 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av naturgass, hvorav 13 % kommer fra produksjon av småplanter. Samlet sett står energiforbruk for 94 % av CO₂ utslippene. Emballasje står for 1 % av CO₂ utslippene, dyrkingsrenner for 2 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 3 %.



Figur 14 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket tomat for Gartneri 7.



Figur 15 Oversikt over utslipp av CO₂ for ulike innsatsfaktorer for Gartneri 7. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 7 er 4,04 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg tomat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrige innsatsfaktorer.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 7 (Tabell 3)

Produksjon - avling

Gartneri 7 oppgav en produksjon på 127 244 kg tomat. Det ble kjøpt inn 8 000 tomatsmåplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet forbrente naturgass tilsvarende 1 476 975 kWh til oppvarming og CO₂-gjødsling. Videre er det antatt et forbruk på strøm til å være 59 840 kWh.

Gjødsel, dyrkingsmedium, plantevern

Det ble antatt et forbruk av gjødsel på 5 685 kg. Tabell 3 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Videre ble det antatt et forbruk av Grodan matter til å være 2 543 kg. Det ble ikke oppgitt bruk av plantevernmidler. Tomatproduksjonen foregår stort sett bare med bruk av biologiske plantevernmidler.

Øvrig produksjonsmateriell

Det ble antatt at et samlet forbruk av oppbindingskroker (nylon tau og stål) og tomatklips gir henholdsvis 138 kg nylon og 149 kg stål.

Emballasje

Det ble beregnet et forbruk på 8 195 kg papp til tomatesker (25 449 esker).

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

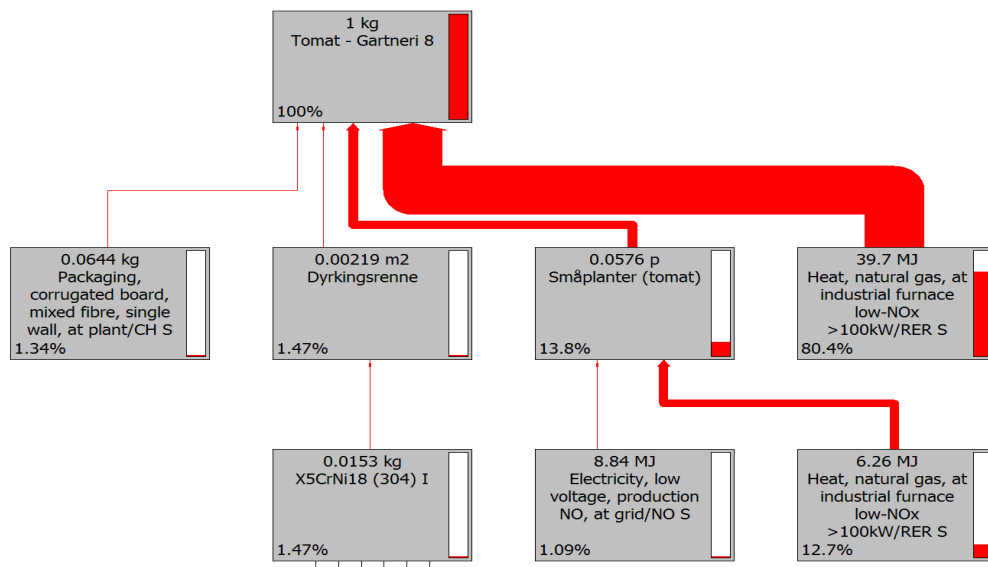
Gartneriet hadde 2 992 årskvadratmeter med veksthus med glass og et skyggeanlegg. Det ble tilregnet 150 m² med veksthus av glass (2 992/20), 347 m² med skyggegardin ((2 992 x 1,16)/10) og 335 m² med dyrkingsrenner ((2 992 x 1,12)/10).

6.3 Gartneri 8

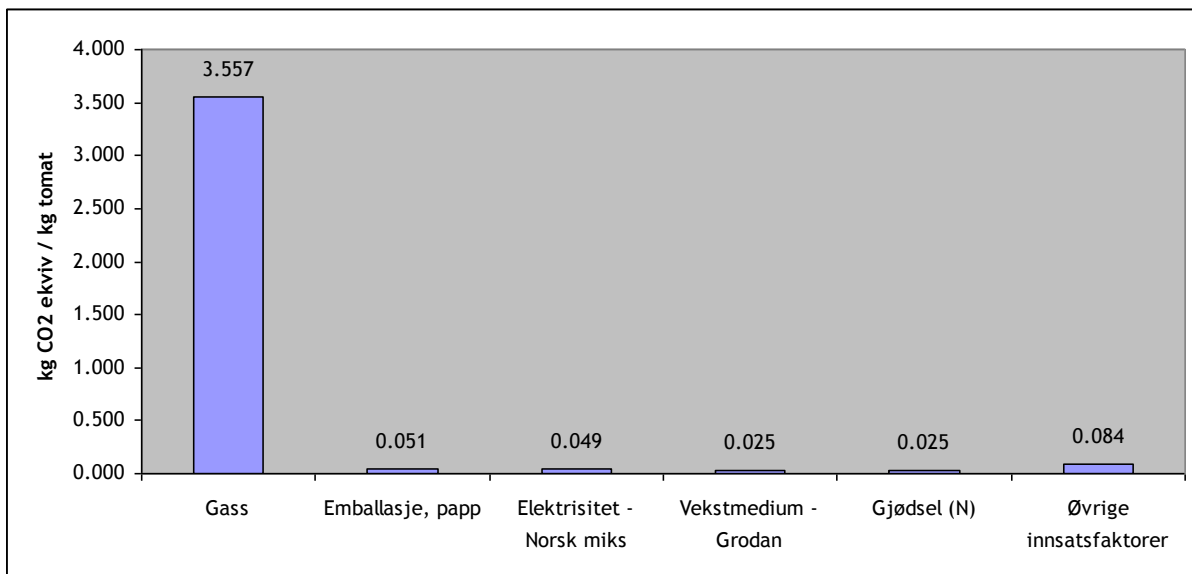
Gartneri 8 hadde sesongproduksjon av runde tomater på et produksjonsareal på 2 010 årskvadratmeter og kjøpte småplanter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av tomat hos Gartneri 8 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 3,79 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket tomat. Figur 16 viser at 93 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av naturgass, hvorav 14 % fra produksjon av småplanter. Samlet sett står energiforbruk for 94 % av CO₂ utslippene. Emballasje står for 1 % av utslippene, dyrkingsrenne for 1 %, dyrkingsmedium for 1 %, gjødsling for 1 % og de øvrige innsatsfaktorene inklusive veksthusbygningen for 2 %.



Figur 16 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket tomat for Gartneri 8.



Figur 17 Oversikt over utslipp av CO₂ for ulike innsatsfaktorer for Gartneri 8. Samlet utslipp av CO₂ for Gartneri 8 er 3,82 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg tomat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrige innsatsfaktorer.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 8 (Tabell 3)

Produksjon - avling

Gartneri 8 oppgav en produksjon på 91 955 kg tomat. Det ble kjøpt inn 5 300 tomatsmåplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet forbrente naturgass tilsvarende 1 013 692 kWh til oppvarming og CO₂-gjødsling. Videre er det antatt et forbruk på strøm på 40 200 kWh.

Gjødsel, dyrkingsmedium, plantevern

Det ble antatt et forbruk av gjødsel på 3 819 kg. Tabell 3 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Videre ble det antatt et forbruk av Grodan matter på 1 709 kg. Det ble ikke oppgitt bruk av plantevernmidler. Tomatproduksjonen foregår stort sett bare med bruk av biologiske plantevernmidler.

Øvrig produksjonsmateriell

Det ble antatt at et samlet forbruk av oppbindingskroker (nylon tau og stål) og tomatklips gir henholdsvis 91 kg nylon og 99 kg stål.

Emballasje

Det ble beregnet et forbruk på 5 922 kg papp til tomatesker (18 391 esker).

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

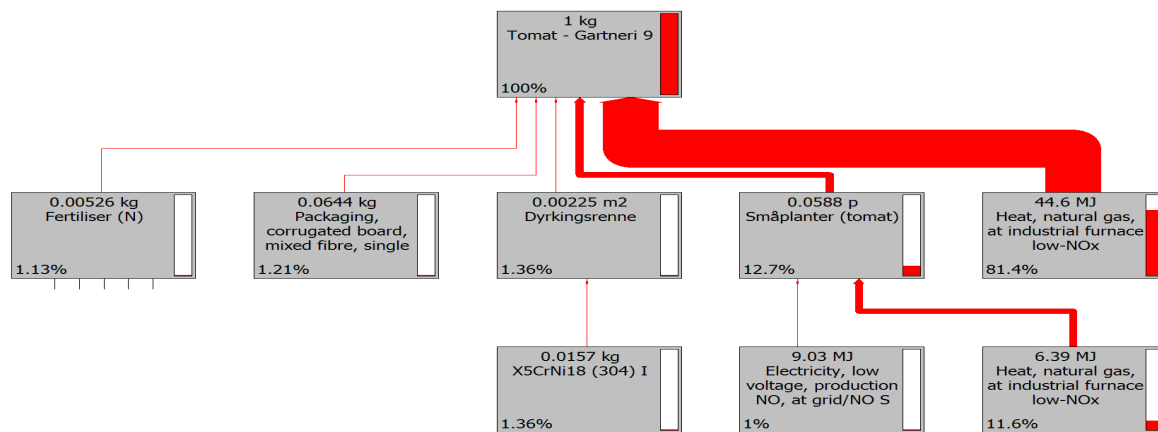
Gartneriet hadde 2 010 årskvadratmeter med veksthus med glass. Det ble tilregnet 101 m² med veksthus av glass (2 010/20) og 225 m² med dyrkingsrenner ((2 010 x 1,12)/10).

6.4 Gartneri 9

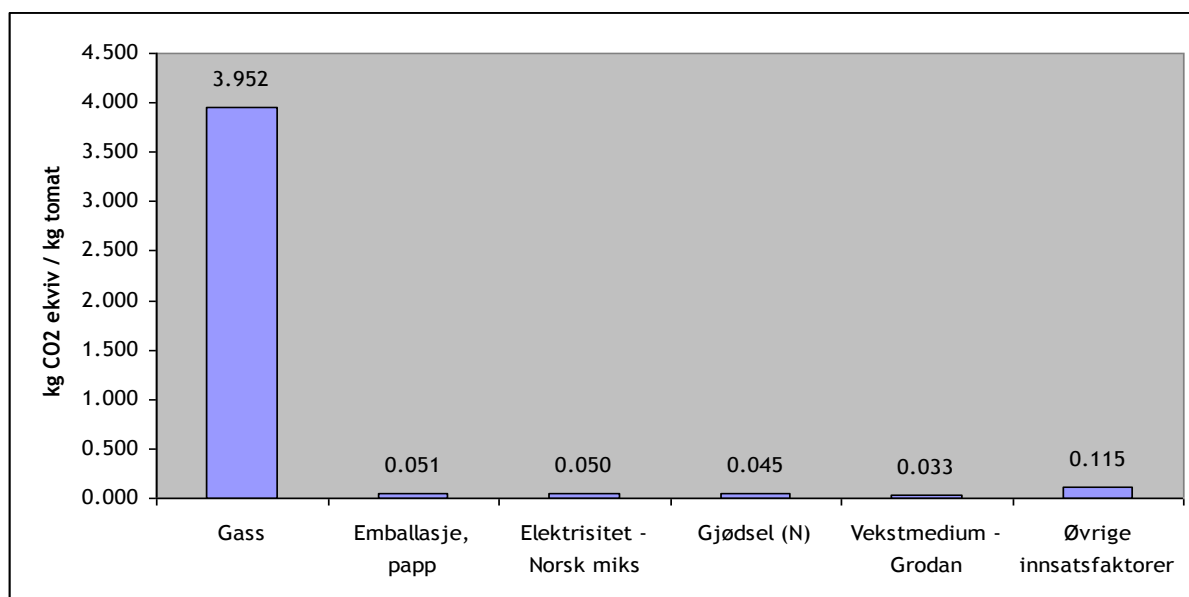
Gartneriet hadde et produksjonsareal på 5 940 årskvadratmeter der 2 290 årskvadratmeter (39 %) ble benyttet til produksjon av runde tomater og 3 650 årskvadratmeter (61 %) til produksjon av cocktailtomat. Produksjon av de ulike tomattyper foregikk i adskilte veksthus og produsenten har oppgitt produksjon og forbruk av energi adskilt for de to ulike tomattyper. Beregning av klimautslipp ble foretatt de to ulike tomattypene. Småplanter av tomat ble kjøpt inn. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂ (runde tomat)

Veksthusproduksjonen av runde tomat hos Gartneri 9 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 4,25 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket tomat. Figur 18 viser at 93 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av naturgass, hvorav 12 % fra produksjon av småplanter. Samlet sett står energiforbruk for 94 % av CO₂ utslippene. Emballasje står for 1 % av utslippene, gjødsling for 1 %, dyrkingsmedium for 1 %, dyrkingsrenne for 1 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 2 %.



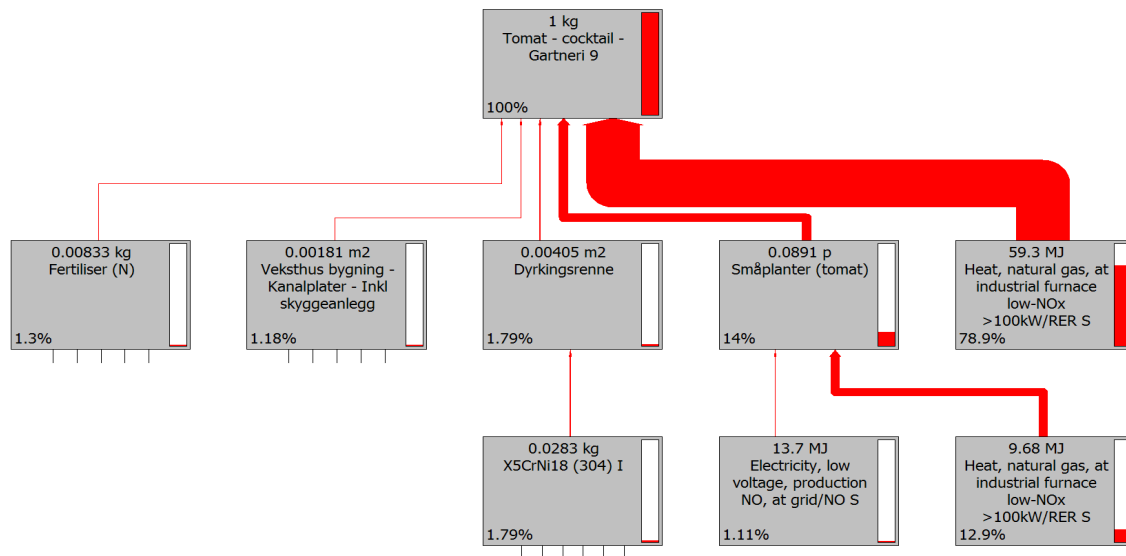
Figur 18 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket runde tomat for Gartneri 9.



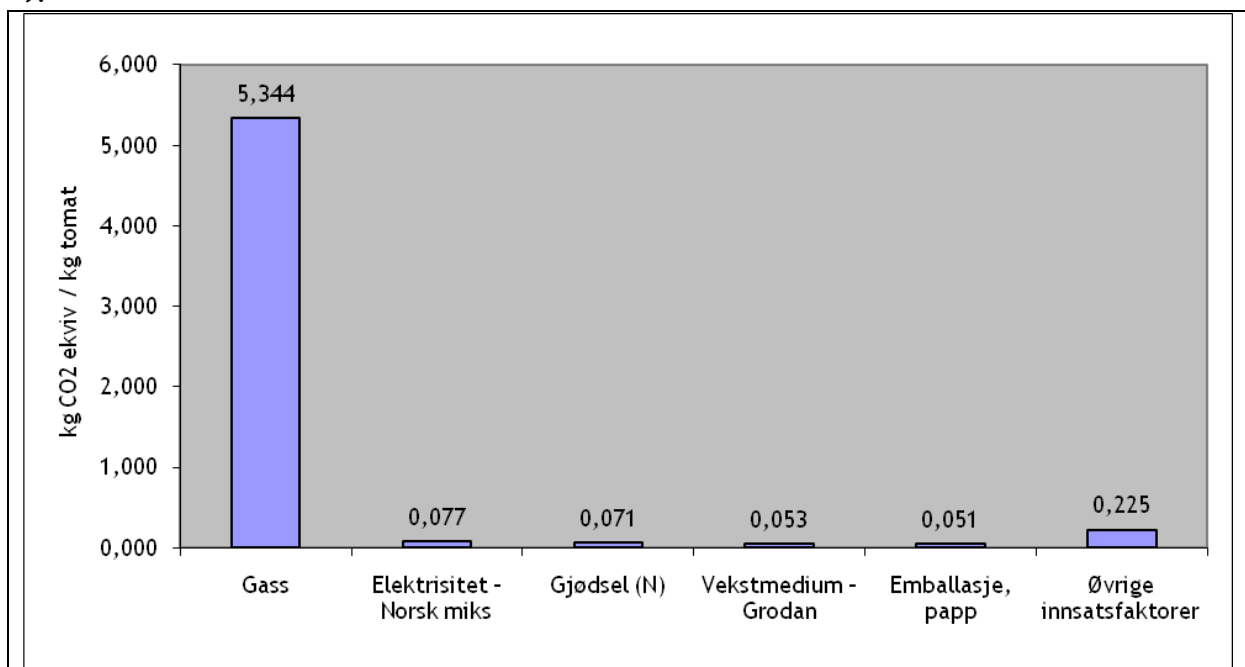
Figur 19 Oversikt over utslipp av CO₂ for ulike innsatsfaktorer til produksjon av runde tomat for Gartneri 9. Samlet utslipp av CO₂ var 4,25 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg tomat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrige innsatsfaktorer.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂ (cocktailtomat)

Veksthusproduksjonen av cocktailtomat hos Gartneri 9 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 5,82 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket tomat (Figur 20). Figur 20 viser at 92 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av naturgass, hvorav 13 % fra produksjon av småplanter. Samlet sett står energiforbruk for 93 % av CO₂ utslippene. Emballasje står for 1 % av utslippene, gjødsling for 1 %, dyrkingsmedium for 1 %, dyrkingsrenne for 1 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 3 %.



Figur 20 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket cocktailtomat for Gartneri 9.



Figur 21 Oversikt over utslipp av CO₂ for ulike innsatsfaktorer til produksjon av cocktailtomat for Gartneri 9. Samlet utslipp av CO₂ var 5,82 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg cocktailtomat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrige innsatsfaktorer.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 9 (Tabell 3)

Produksjon - avling

Gartneri 9 oppgav en produksjon på 102 000 kg runde tomater og en produksjon på 101 000 kg cocktailtomater.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneri 9 har forbrent naturgass tilsvarende 1 265 038 kWh til produksjon av runde tomat og 1 664 753 kWh til produksjon av cocktailtomat. Videre er det antatt et forbruk på strøm på 45 800 kWh til runde tomat og 73 000 kWh til cocktailtomat.

Gjødsel, dyrkingsmedium, plantevern

Det ble rapportert følgende gjødselprodukter: Pioner Rød og Calcinit med en total mengde på 11 250 kg. Det ble antatt at halvparten var Pioner Rød og den resterende halvparten Calcinit. Det ble videre antatt at 39 % av gjødsel ble brukt til produksjon av runde tomat og 61 % til cocktailtomat. Tabell 3 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Videre ble det oppgitt et forbruk av Grodan matter på 94 m³ og ble det antatt at 39 % ble brukt til runde tomat og 61 % til cocktailtomat. Det ble ikke oppgitt bruk av plantevernmidler. Tomatproduksjonen foregår stort sett bare med bruk av biologiske plantevernmidler.

Øvrig produksjonsmateriell

Gartneri 9 har kjøpt inn 6 000 småplanter til produksjon av runde tomat og 9 000 til produksjon av cocktailtomat. Det ble oppgitt et forbruk av oppbindingskroker til 18 000 stk. Herav ble 39 % tilregnet produksjon av runde tomat og 61 % produksjon av cocktailtomat. Det ble antatt et forbruk av 5 tomatklips pr plante.

Emballasje

Det ble beregnet et forbruk på 6 569 kg papp til tomatesker til produksjon av runde tomat (20 400 esker). Cocktailtomat ble antatt pakket på et pappbrett med plast rundt i enheter på 500 g. Vekten på papp og plast var henholdsvis 20 og 5 gram pr stk.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

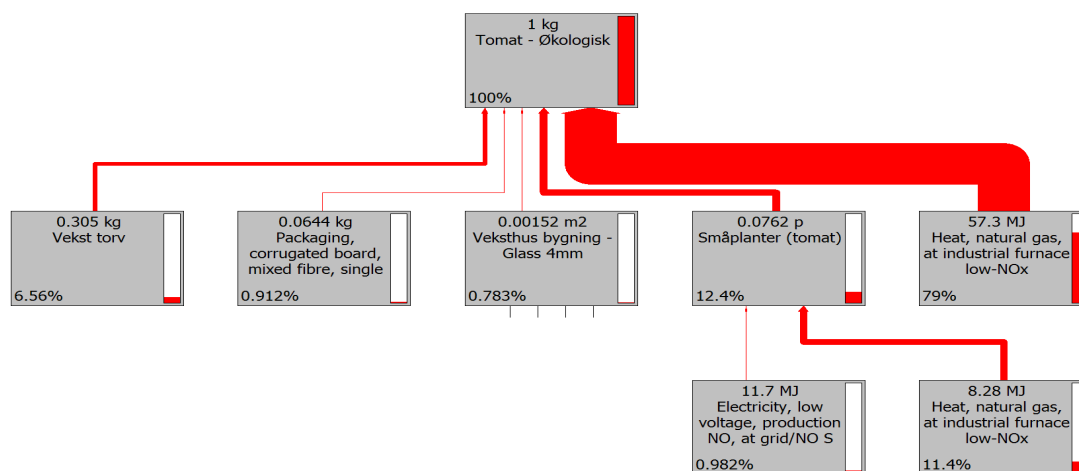
Produksjon av runde tomater og cocktailtomater foregikk i adskilte hus. Gartneriet hadde 2 290 årskvadratmeter med veksthus med glass til produksjon av runde tomater og 3 650 årskvadratmeter med veksthus av glass og et enkelt skyggeanlegg til produksjon av cocktailtomater. Til runde tomater ble det tilregnet forbruk av 115 m² med veksthus av glass (2 290/20) og 256 m² med dyrkingsrenner ((2 290 x 1,12)/10). Til cocktailtomater ble det tilregnet forbruk av 183 m² med veksthus av glass med skyggeanlegg og 409 m² med dyrkingsrenner.

6.5 Økologisk tomatproduksjon

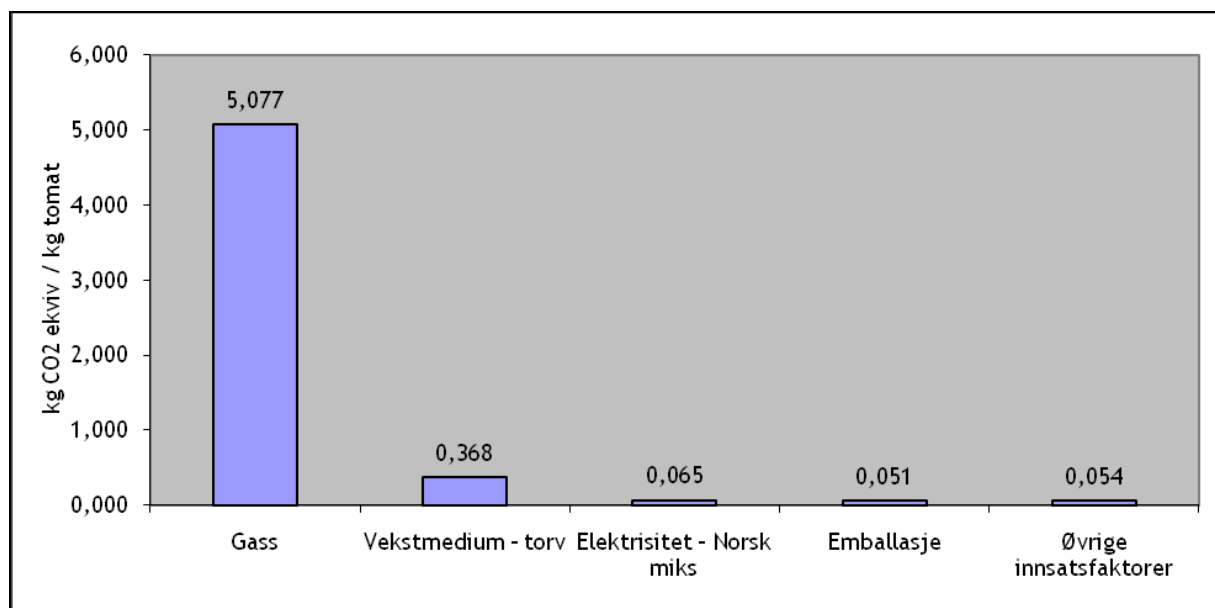
Klimagassutslipp for økologisk produksjon ble estimert basert på tall fra NGF og kunnskap og erfaringer med praktisk produksjon av økologisk tomat i Norge. Samlet areal benyttet til økologisk tomatdyrking i 2009 var på 9 300 årskvadratmeter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Det samlede utslippet fra veksthusproduksjonen av økologiske tomater i 2009 var på 5,62 kg CO₂ ekvivalenter pr kg ferdig pakket tomat (Fig 21). Figur 22 viser at 90 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av naturgass, og 12 % kommer fra produksjon av småplanter. Samlet sett står energiforbruk (forbrenning av gass) for 91 % av CO₂ utslippene. Bruk av torv står for 7 %, emballasje for 1 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 1 %.



Figur 22 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr kg pakket økologisk tomat.



Figur 23 Oversikt over utslipp av CO₂ for ulike innsatsfaktorer for økologisk produksjon av tomat. Samlet utslipp av CO₂ for økologisk produksjon er 5,62 kg CO₂ ekvivalenter pr pakket kg tomat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt variabelt forbruk av øvrige innsatsfaktorer.

Bakgrunnsmaterial økologisk tomatproduksjon (tabell 3)

Produksjon - avling

Gjennomsnittsavlingen i produksjon av vanlig runde tomat i Norge i 2008 var 41,0 kg/m². For økologisk produksjon er det antatt en avling på 80 % av dette, 31,2 kg/m². Med utgangspunkt i en plantetetthet på 2,5 planter pr m², er behovet 23250 småplanter for 9 300 årskvadratmeter. Det ble antatt at klimagassutslipp for å lage økologiske småplanter var like stor som for tradisjonelle småplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Det ble antatt at det ble brukt like mye energi i form av naturgass og strøm som i gartnerier med tradisjonell tomatproduksjon, d.v.s. et forbruk av naturgass på 522 kWh/m² og et forbruk på strøm på 20 kWh/m².

Gjødsel, dyrkingsmedium, plantevern

Gjødsling i økologisk tomatproduksjon er basert på husdyrgjødsel. CO₂ utslipp ved produksjon og bruk av husdyrgjødsel er ikke tatt med i analysen. (Hvor skal den tilregnes??). Som dyrkingsmedium brukes ofte en torvbasert kompost, ca 25 liter pr plante (Verheul, ...). I analysen ble det brukt 25 liter torv pr plante. Økologisk tomatproduksjon foregår kun med bruk av biologiske plantevernmidler.

Øvrig produksjonsmateriell

Forbruk av oppbindingskroker er like store som i tradisjonell tomatproduksjon. Som tau brukes i økologisk produksjon som oftest ikke nylon, men et nedbrytbart tau.

Emballasje

Det ble tatt utgangspunkt i at økologiske tomat ble pakket på samme måte som tradisjonell dyrkede tomat. Dermed ble det beregnet et forbruk på 19 645 kg papp til tomatesker (61 008 esker).

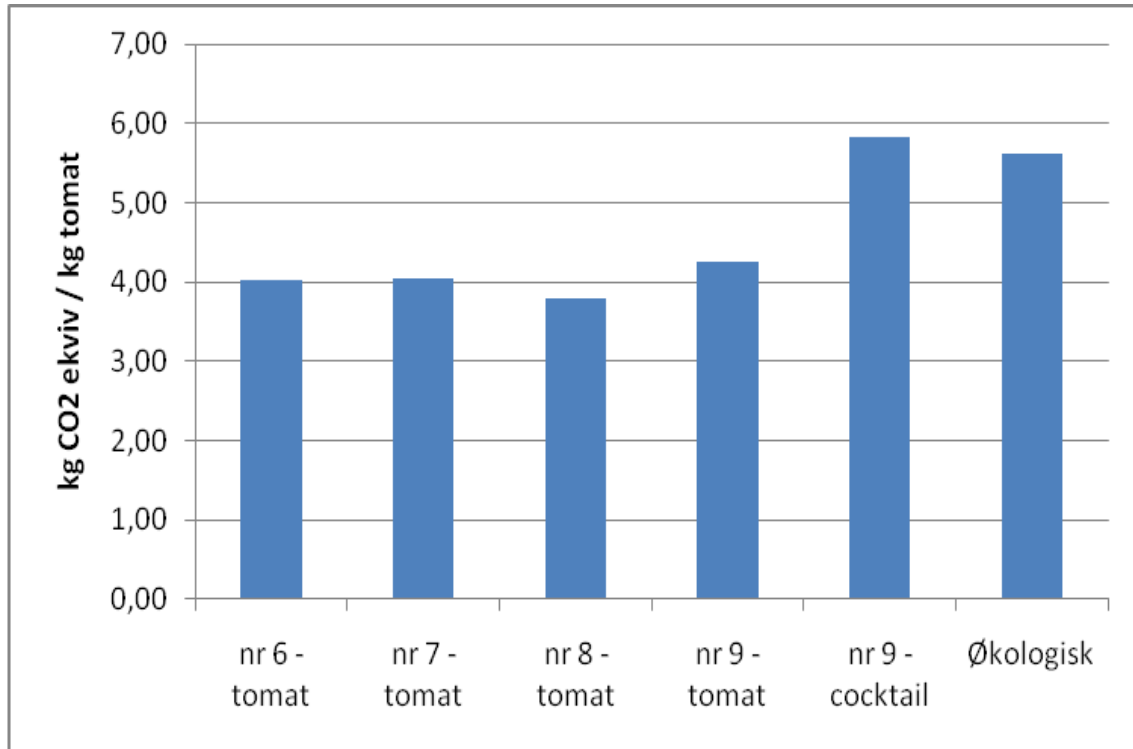
Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

Det ble tatt utgangspunkt i 9 3000 årskvadratmeter med veksthus med glassplater. Det ble ikke tilregnet noen dyrkingsrenne, siden økologisk tomatproduksjon som regel foregår på bakken.

6.6 Sammenstilling av resultater til tomatproduksjon

Resultatene viser variasjoner i CO₂ utslipp pr kg ferdig pakket tomat mellom gartneriene (Figur 23b). CO₂ utslippene varierte lite for gartnerier med vanlig runde tomat og var noe høyere for produksjon av cocktailtomat og økologisk produserte tomat.



Figur 23b Oversikt over den totale CO₂ utslipp (i kg CO₂ ekvivalenter pr kg tomat) for tomatgartnerier.

Alle tomatprodusentene brukte omtrent samme produksjonsopplegg, d.v.s. med brenning av naturgass for oppvarming og CO₂ gjødsling. Det førte til et høyt nivå av CO₂ utslipp pr kg produkt. Sammenlignet med agurkproduksjon er utslippene i tomatgartnerier 2- 9 ganger høyere. Utslippene er særlig store hvis en sammenligner med agurkgartnerier hvor det brukes relativt mye elektrisitet til lys og oppvarming.

Bruk av naturgass til produksjon av vanlig runde tomat bidrar til et klimagassutslipp på ca 3,8 kg CO₂ ekvivalenter pr kg tomat, ca 93 % av det totale klimagassutslippet til tomatproduksjonen. Valg av en fornybar energikilde vil dermed være særlig effektiv for å redusere klimagassutslipp i tomatproduksjon.

Et produksjonsopplegg med bruk av elektrisitet til lys og varme for produksjon av tomat ble utviklet ved Bioforsk Vest Særheim og utprøvd i praksis med god resultat (Verheul, 2008). Avlingen pr m² veksthusareal ble doblet uten at CO₂ utslipp pr m² veksthusareal økte noe særlig. Dermed regnes med en halvering av CO₂ utslipp pr enhet av produkt. Videreutvikling av produksjonsopplegget kan redusere CO₂ utslippet ytterligere. Bruk av spillvarme isteden for naturgass er også en mulighet for å redusere CO₂ utslipp vesentlig ved produksjon av tomat. Produksjonsopplegget blir utprøvd i praksis ved Miljøgartneriet.

Andre muligheter for å redusere CO₂ utslipp i tomatproduksjon er bruk av fornybare energikilder som biogass, biodiesel eller biobrensel (se diskusjon).

Klimagassutslipp pr kg produserte tomat viser seg å være høyere ved produksjon av cocktailtomat og økologiske tomat.

Produksjon av tomattyper med mindre størrelser reduserer som regel avlingsnivået i kg pr m² veksthus. Samtidig er kravene til bruk av energi til oppvarming de samme. Det resulterer i en økning i bruk av energi pr kg tomat. Også et høyere CO₂ utslipp ved produksjon av økologiske tomat henger stort sett sammen med et lavere avlingsnivå.

Energiforbruk i tomatgartneriene var i gjennomsnitt 518 kWh pr m². Avlingsnivå for vanlig runde tomat var 43,1 kg pr m², mens avlingsnivå for cocktailtomat var 27,7 kg pr m² og for økologiske tomat 32,8 kg pr m², henholdsvis 64 og 76 % av avlingsnivået av vanlige runde tomater. CO₂ utslippet av vanlig runde tomater er 69 % av utslippet av cocktailtomater og 72 % av utslippet av økologisk produserte tomater.

Bruk av relativt store mengder med torvbasert dyrkingsmedium er en ekstra årsak til høy klimagassutslipp i økologisk tomatproduksjon. Vekstmedium i økologisk produksjon bidrar med 0,368 kg CO₂ ekvivalenter pr kg tomat.

Andre innsatsfaktorer som bidrar til CO₂ utslipp i tomatproduksjon er nesten uvesentlig.

Bruk av elektrisitet til produksjon av småplanter tilfører 0,06 kg CO₂ ekvivalenter pr kg runde tomat, bruk av papp emballasje 0,05 kg, bruk av steinull 0,03 kg, bruk av gjødsel 0,03 kg, bruk av dyrkingsrenner 0,06 og veksthusbygning samt øvrige innsatsfaktorer 0,07 kg CO₂ ekvivalenter pr kg runde tomat.

7. Resultater salatproduksjon

Det produseres flere typer salat i Norge. I denne undersøkelsen har vi fått inn opplysninger en produsent med crispy- og rapidsalat og en produsent med crispysalat. Produksjon av crispy- og rapidsalat foregikk i adskilte veksthus og miljøbelastning for de ulike salattypene ble beregnet separat. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Tabell 4. Produksjon og forbruk av innsatsfaktorer per år beregnet ut fra innleverte oppgaver for salatprodusenter for 2008.

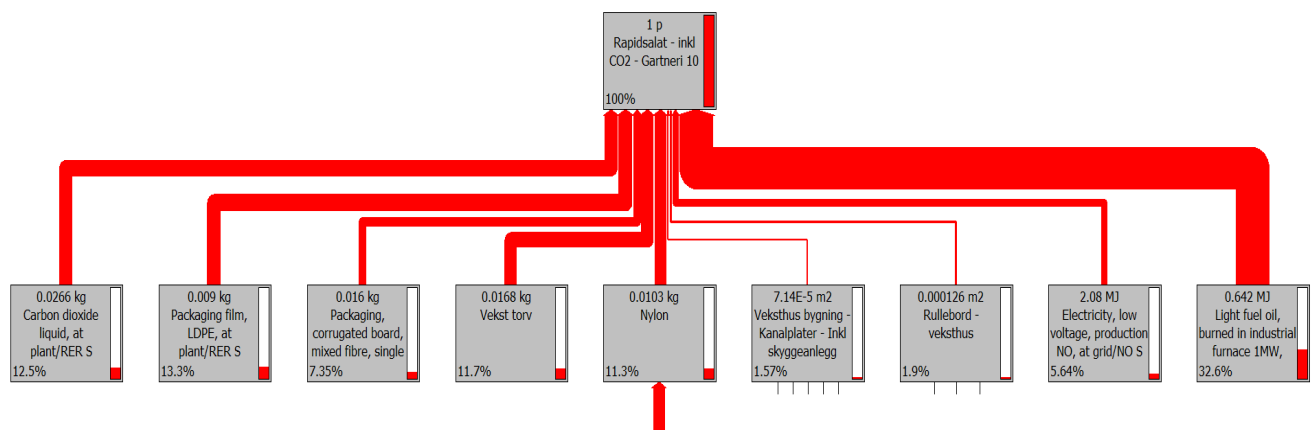
Gartneri	Gartneri 10	Gartneri 10	Gartneri 11
Avling			
Produkt	Rapidsalat	Cripysalat	Cripysalat
Mengde (stk)	1 400 000	800 000	365 390
Innsatsfaktorer - variabelt forbruk			
Elektrisitet (kWh)	807 950	818 603	944 915
Elektr. til lys (kWh) %	74	74	55
Lett fyringsolje (kWh)	249 853	253 147	51 808
Gass (kWh)	0	0	611 747
Gjødsel CO ₂ (kg)	37 216	37 784	0
Gjødsel N (kg)	270	270	263
Gjødsel P (kg)	90	90	145
Gjødsel K (kg)	780	780	685
Gjødsel Mg (kg)	169	169	45
Vann (m ³)	550	550	2 600
Vekst torv (kg)	23 520	13 440	5 760
Plantevern (kg)	-	-	2
Nylon (kg)	14 483	8 276	3 780
Plast (kg)	12 600	7 200	3 330
Papp (kg)	24 219	20 700	6 624
Faste installasjoner			
Årskvadratmeter (m ²)	1 970	2 000	2 250
Veksthus, kanalplate (m ²)	99	100	0
Veksthus, glass (m ²)	0	0	113
Skyggegardin (m ²)	229	232	261
Dyrkingsbord (m ²)	177	180	203
Lysarmaturer (antall)	591	600	160

7.1 Gartneri 10

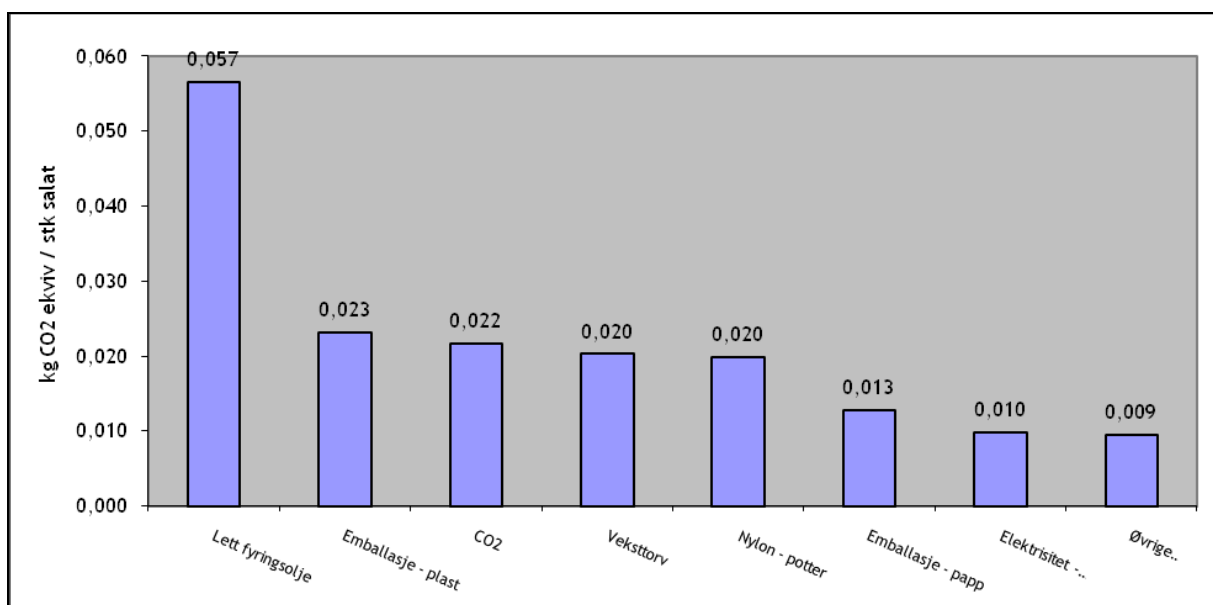
Gartneri 10 hadde et produksjonsareal på 3 970 årskvadratmeter der 1 970 årskvadratmeter (50 %) ble benyttet til produksjon av rapidsalat og 2 000 årskvadratmeter (50 %) til produksjon av crispysalat. Produksjon av de ulike salattypene foregikk i adskilte veksthus med vekstlys og produsenten har oppgitt produksjon og forbruk av energi adskilt for de to ulike salattypene. Produsenten laget sine egne småplanter. Småplanteproduksjon er inkludert i analysen.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂ for rapidsalat

Veksthusproduksjonen av rapidsalat hos Gartneri 10 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,17 kg CO₂ ekvivalenter pr stk ferdig pakket salatplante (Figur 25). Figur 24 viser at 33 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av lett fyringsolje og 6 % fra bruk av strøm. Samlet sett står energiforbruk for 39 % av CO₂ utslippene. Bruk av plastemballasje står for 13 % av utslippene, CO₂ - gjødsling for 13 %, bruk av veksttorv for 12 %, bruk av nylon til potter for 11 %, bruk av papp 7 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 5 %.



Figur 24 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr stk rapidsalat for Gartneri 10.

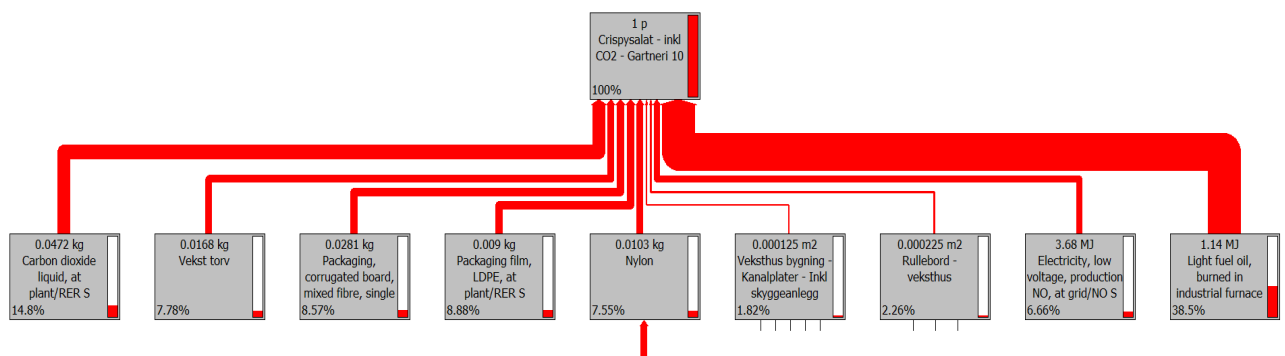


Figur 25 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av rapidsalat. Samlet utslipp av CO₂ er 0,17 kg CO₂ ekvivalenter pr stykk pakket salat. Inkludert i

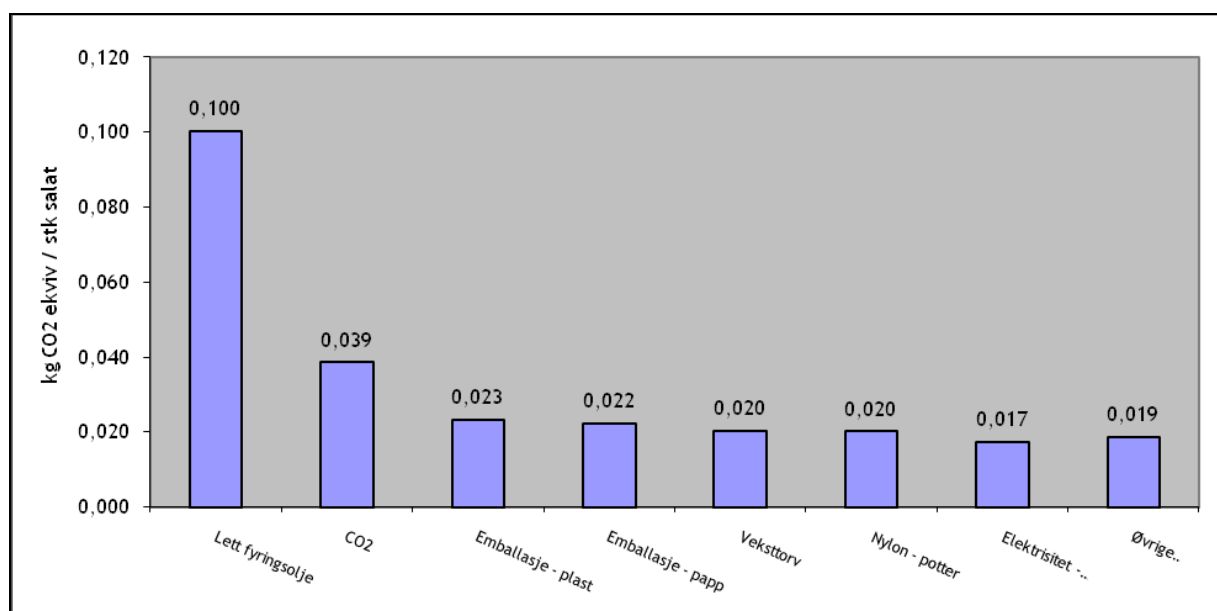
'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrige produksjonsmaterial.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂ for crispysalat

Veksthusproduksjonen av crispysalat hos Gartneri 10 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,26 kg CO₂ ekvivalenter pr stk ferdig pakket salatplante (Figur 27). Figur 26 viser at 39 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av lett fyringsolje og 7 % fra bruk av strøm. Samlet sett står energiforbruk for 45 % av CO₂ utslippene. Bruk av plastemballasje står for 9 % av utslippene, CO₂ - gjødsling for 15 %, bruk av veksttorv for 8 %, bruk av nylon til potter for 8 %, bruk av papp 9 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 6 %.



Figur 26 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr stk rapidsalat for Gartneri 10.



Figur 27 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av crispysalat i Gartneri 10. Samlet utslipp av CO₂ er 0,26 kg CO₂ ekvivalenter pr stykk pakket salat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrige produksjonsmaterial.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 10 (Tabell 4)

Produksjon - avling

Gartneri 10 oppgav en produksjon på 1 400 000 stk rapidsalat og 800 000 stk crispysalat, inklusiv formering.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet brukte i hovedsak strøm som energikilde. Det ble brukt strøm på 807 950 kWh til rapidsalat og 818 603 til produksjon av crispysalat. I begge produksjonene gikk 74 % av strømmen til vekstlys og 26 til oppvarming. Ellers ble det brukt lett fyringsolje til oppvarming, tilsvarende 249 853 kWh til rapidsalat og 253 147 til crispysalat.

Gjødsel, dyrkingsmedium, plantevern

Gartneriet brukte 50 000 kg ren CO₂ som CO₂-gjødsel. Ellers ble det oppgitt 6000 kg av Superba. Mengdene ble tilregnet til rapid og crispysalat i forhold til areal. Tabell 6 viser mengden av CO₂ og virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Gartneriet hadde ikke oppgitt bruk av vekstmedium. Bruk av veksttorv ble estimert ut fra antall produserte planter og en pottestørrelse med et innhold på 0,105 liter og en torvvekt på 0,16 kg pr liter. Produsenten har ikke oppgitt forbruk av kjemiske plantevernmidler.

Emballasje

Bruk av potter ble estimert ut fra antall produserte planter og en vekt av potter på 10,3 g pr stk. Det ble oppgitt bruk av salatposer (2 200 000 stk) og pappesker til rapidsalat (117 000 stk) og crispysalat (100 000 stk). Forbruk av antall plastposer ble for 64 % tilregnet til rapidsalat og 36 % til crispysalat. Vekten på pappesker ble antatt å være 207 g p stk.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

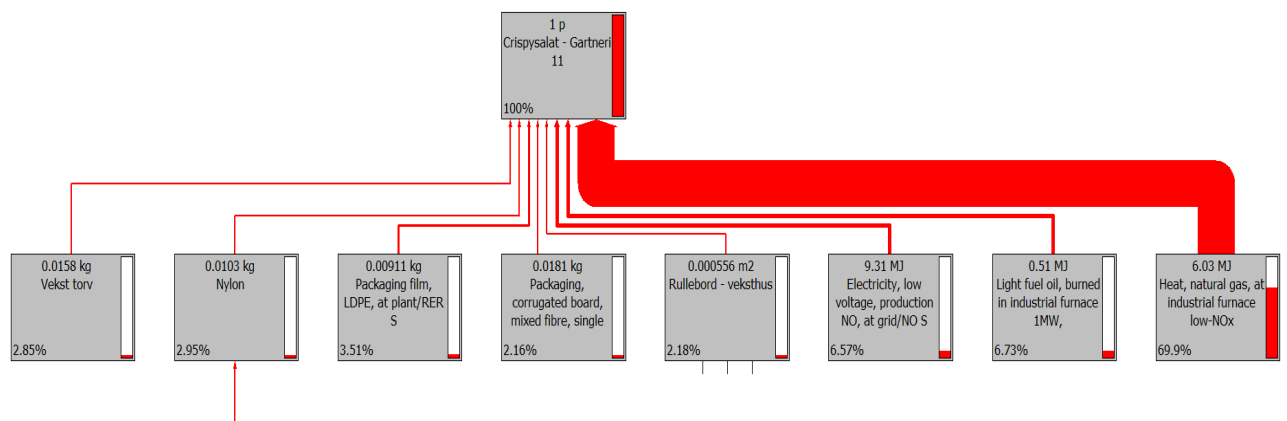
Gartneriet hadde tre veksthus, et på 620 m² til oppal av salatplanter, et til dyrking av rapidsalat på 1600 m² og et på 1750 m² til dyrking av crispysalat. I oppalsavdeling ble 370 m² brukt til oppal av rapidsalat og 250 m² til oppal av crispysalat. Alle veksthusene hadde enkelt skyggeanlegg, dyrkingsbord og lysanlegg. Forbruk av skyggeanlegg, dyrkingsbord og lys ble fordelt over de ulike produksjoner etter areal.

7.2 Gartneri 11

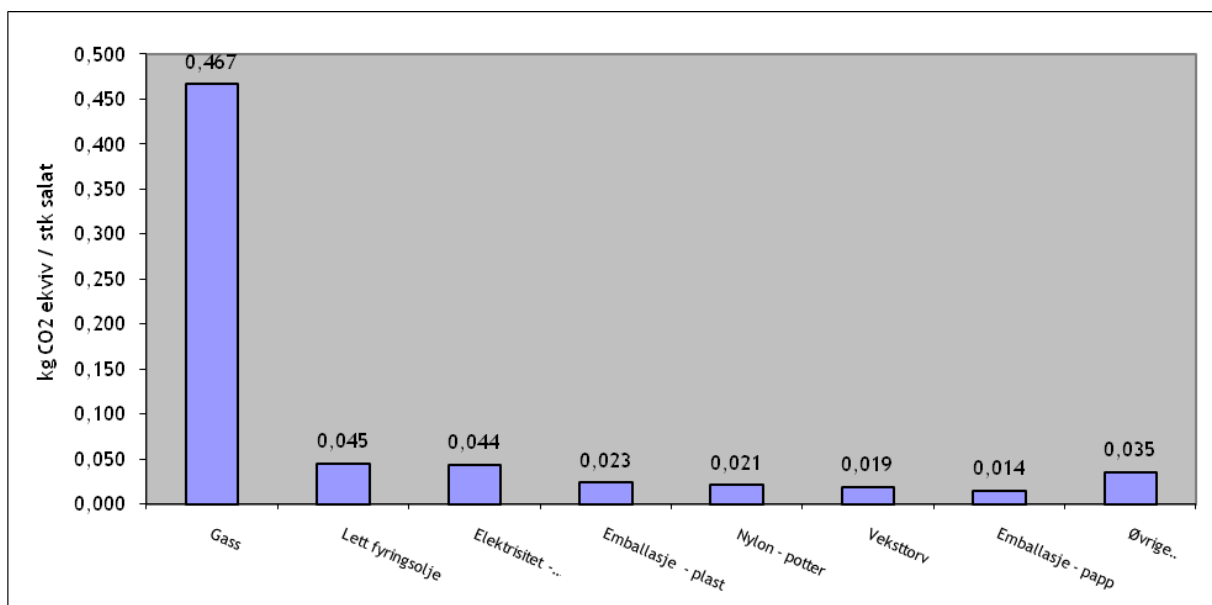
Gartneri 11 produserte crispysalat på et produksjonsareal på 2 250 årskvadratmeter. Produsenten laget egne småplanter. Gartneriet produserte også agurk (se gartneri 3). Salat ble dyrket i et adskilt veksthus og produsenten har oppgitt forbruk av innsatsfaktorene adskilt for begge produksjoner. Resultatene nedenfor gjelder kun salatproduksjon.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂ for crispysalat

Veksthusproduksjonen av crispysalat hos Gartneri 11 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,67 kg CO₂ ekvivalenter pr stk ferdig pakket salatplante (Fig 29). Figur 28 viser at 70 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra brenning av propangass. Samlet sett står energiforbruk (forbrenning av gass, lett fyringsolje og elektrisitet) for 83 % av CO₂ utslippene for produksjon av crispysalat. Bruk av emballasje og pottes står for 9 % av utslippene, bruk av veksttorv for 3 % og de øvrige innsatsfaktorene inklusiv veksthusbygningen for 5 %.



Figur 28 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr stk pakket salatplante for Gartneri 11.



Figur 29 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av crispysalat i Gartneri 11. Samlet utslipp av CO₂ for hele salatproduksjonen er 0,67 kg CO₂ ekvivalenter pr stykk pakket salat. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning og inventar, samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 11 (Tabell 4)

Produksjon - avling

Gartneri 11 oppgav en produksjon på 365 390 stk crispysalat, inklusiv småplanter.

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet har spesifisert energibruken knyttet til salatproduksjonen. Det ble oppgitt et forbruk av strøm til salatproduksjon på 850 423 kWh, derav 55 % til belysning og 45 % til oppvarming. Gartneriet forbrente i tillegg lett fyringsolje 46 627 kWh til oppvarming, og propangass tilsvarende 550 573 kWh til både oppvarming og CO₂ - gjødsling.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Det ble rapportert følgende gjødselprodukter: Superba Pluss, Magnesiumsulfat, Monokaliumfosfat, Kaliumnitrat, Kalksalpeter og Resistim. Bruk av gjødsel og vann var ikke oppgitt adskilt for salat og agurk. Siden 26 % av arealet i gartneriet ble brukt til salatproduksjon, ble det tilregnet 26 % av vann og gjødsel til salatproduksjon. Tabell 4 viser mengden av virkestoffene N, P, K og Mg som er brukt i beregningene. Gjødselvann ble stort sett resirkulert. Det ble oppgitt et forbruk på 36 m³ vekst torv til salatproduksjon. Samlet forbruk av kjemiske plantevernmidler var 2 kg.

Emballasje

Det ble oppgitt et forbruk på 32 000 salatesker. Gartneriet har ikke oppgitt forbruk av plastposer.

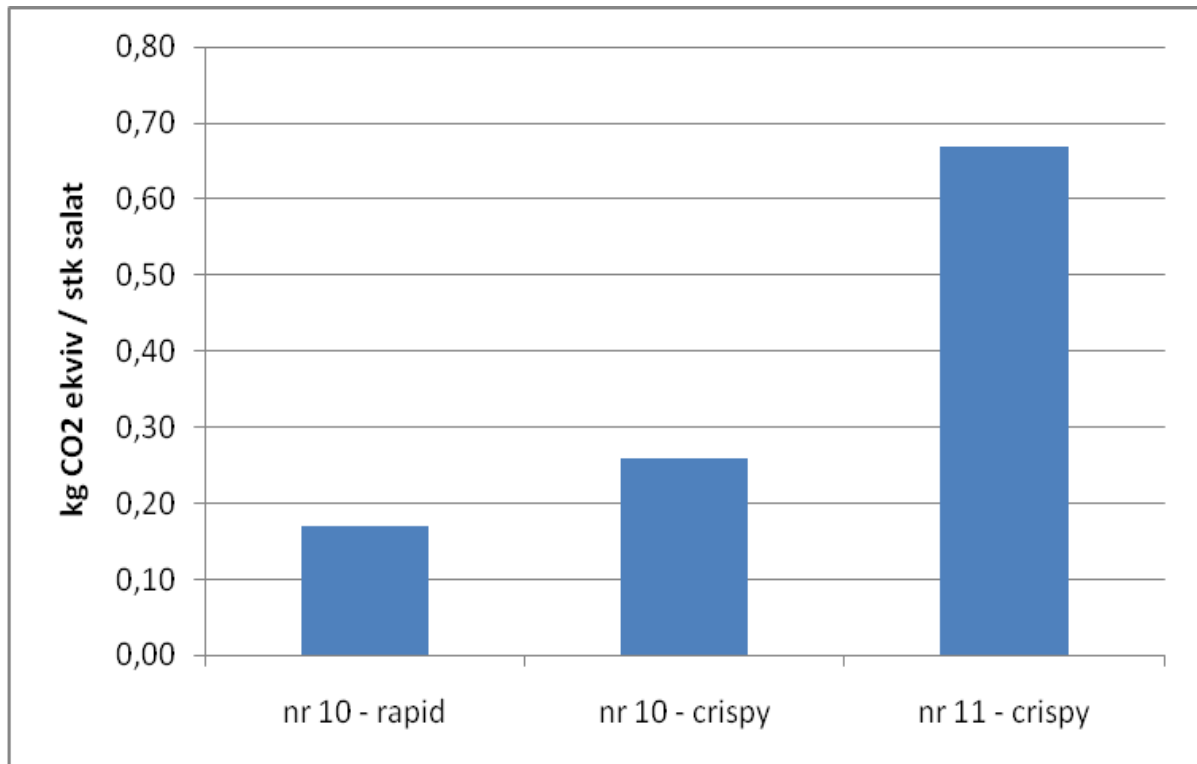
Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

Gartneri 3 hadde 2 250 årskvadratmeter med veksthus med glassplater, enkelt skyggeanlegg, rullebordinnredning og lysarmaturer til produksjon av crispysalat.

7.3 Sammenstilling av resultater til salatproduksjon

Resultatene viser store variasjoner i CO₂ utslipp i produksjonen av ferdig pakket salat (Figur 29b).



Figur 29b Oversikt over den totale CO₂ utslipp (i kg CO₂ ekvivalenter pr stk salat) for salatgartnerier.

Forskjellene i CO₂ utslipp mellom ulike salatgartnerier har sammenheng med en kombinasjon av energieffektivitet og valg av energikilde. Gartneri 10, som produserer samme type salat som i gartneri 11, bruker 1,3 kWh pr stk salat, mens gartneri 11 bruker 4,4 kWh pr stk salat. Energieffektiviteten i gartneri 11 er lavere på grunn av en lavere avling pr m², 162 stk pr m² sammenlignet med 400 stk pr m² i gartneri 10, samt et høyere forbruk av energi pr m², 715 kWh pr m² sammenlignet med 536 kWh pr m². I tillegg bruker gartneri 11 gass til 38 % av det totale energiforbruket, noe som utgjør 0,467 kg CO₂ ekvivalent pr stk salat, mens gartneri 10 ikke bruker gass. Bruk av elektrisitet var omtrent likt i begge gartneriene, men i gartneri 10 ble 74 % av elektrisiteten brukt til lys og i gartneri 11 kun 55 %. Det kan tyde på at bruk av elektrisitet til lys gir bedre energieffektivitet.

Forskjellene i CO₂ utslipp mellom ulike salattyper har sammenheng med produksjonsopplegg. Det kan produseres flere rapidsalat på samme areal enn crispysalat, både på grunn av mindre størrelsen av salat og potte og av en kortere produksjonstid. I gartneri 10 produsertes 711 stk rapidsalat pr m² veksthus og 400 stk crispysalat (56 %). Energiforbruk pr stk rapidsalat er tilsvarende (56 %) lavere enn energiforbruk pr stk crispysalat, og CO₂ utslipp pr enhet av rapidsalat er 65 % av det av crispysalat.

Hos de undersøkte salatprodusenter stod bruk av gass for mesteparten av CO₂ utslippene (0,467 kg CO₂ ekvivalent pr stk salat i gartneri 11). Andre innsatsfaktorene som bidrog til

CO₂ utslippene var bruk av lett fyringsolje (0,07 kg CO₂ ekvivalent pr stk salat), bruk av elektrisitet (0,03 kg CO₂ ekvivalent pr stk salat), bruk av emballasje og potter (0,06 kg CO₂ ekvivalent pr stk salat), bruk av CO₂ gjødsling (0,02 kg CO₂ ekvivalent pr stk salat) og bruk av veksttorv (0,02 kg CO₂ ekvivalent pr stk salat). Bruk av veksthus, dyrkingsbord og øvrige innsatsfaktorene stod for 0,02 kg CO₂ ekvivalenter pr stk salat.



8. Resultater potteplanteproduksjon

Det produseres flere typer potteplanter i Norge. Noen produsenter har spesialisert seg på enkelte typer av potteplanter, mens andre produserer en stor variasjon av potteplanter og utplantingsplanter. I denne undersøkelsen har vi fått inn opplysninger fra fire produsenter. Et gartneri (12) har spesialisert seg på potteroser og produserte standard potteroser i potter på 12 cm. Et gartneri (13) produserte kalanchoe (ildtopp) i to pottestørrelser, 11 og 6 cm. LCA ble beregnet for de to ulike typene. To gartnerier (14 og 15) produserte diverse potte- og utplantingsplanter. LCA ble beregnet som gjennomsnitt for alle plantetyperne.

Tabell 5 Produksjon og forbruk av innsatsfaktorer per år beregnet ut fra innleverte oppgaver for potteplanteprodusenter for 2008.

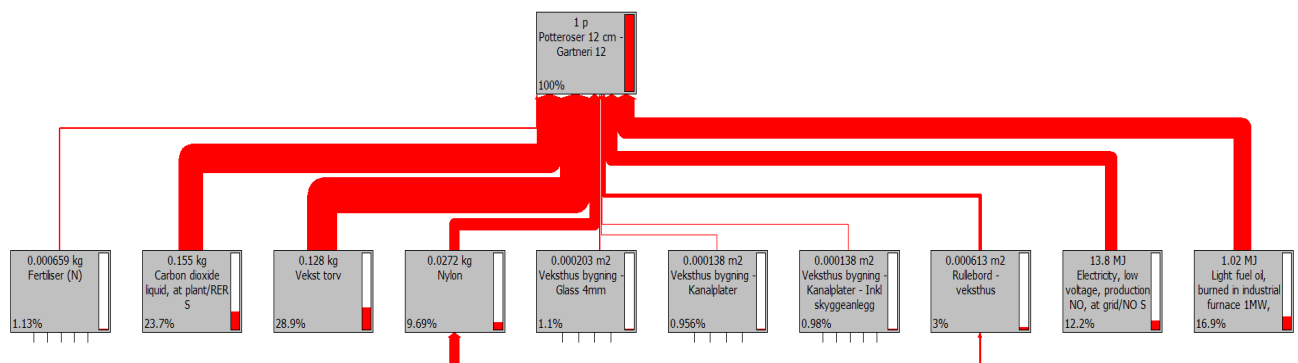
Gartneri	Gartneri 12	Gartneri 13	Gartneri 13	Gartneri 14	Gartneri 15
Avling					
Produkt	Potteroser (12 cm)	Kalanchoe (11 cm)	Kalanchoe (6 cm)	Diverse	Diverse
Mengde (stk)	1 600 000	528 078	309 736	2 483 718	216 000
Innsatsfaktorer - variabelt forbruk					
Elektrisitet (kWh)	6 124 841	2 061 298	378 821	9 868 287	1 293 357
Elektr. til lys (kWh) %	-	56	58	36	28
Lett fyringsolje (kWh)	454 857	-	-	-	-
CO ₂ (kg)	247 930	-	-	61 105	-
Gjødsel N (kg)	1 054	638	113	3 109	89
Gjødsel P (kg)	11	51	9	574	15
Gjødsel K (kg)	1 178	442	78	3 371	98
Gjødsel Mg (kg)	94	-	-	-	25
Vann (m ³)	4 749	1 873	331	10 157	1 300
Vekst torv (kg)	204 263	52 793	15 483	147 617	25 600
Plantevern (kg)	302	46	8	-	31,5
Øvrig materiell					
Nylon (kg)	43 518	7 972	2 171	99 791	7 586
Emballasje					
Plast (kg)	990	1 616	285	5 940	-
Papp (kg)	1 697	9 168	3 148	24 649	93
Faste installasjoner					
Årskvadratmeter (m ²)	10 898	4 208	732	23 136	2 803
Veksthus, kanalplate (m ²)	220	210	37	450	140
Veksthus, glass (m ²)	325	0	0	707	0
Skyggeanlegg (m ²)	220	488	85	1192	325
Dyrkingsbord (m ²)	981	379	66	2082	252
Lysarmaturer (antall)	1828	627	110	3698	292

8.1 Gartneri 12

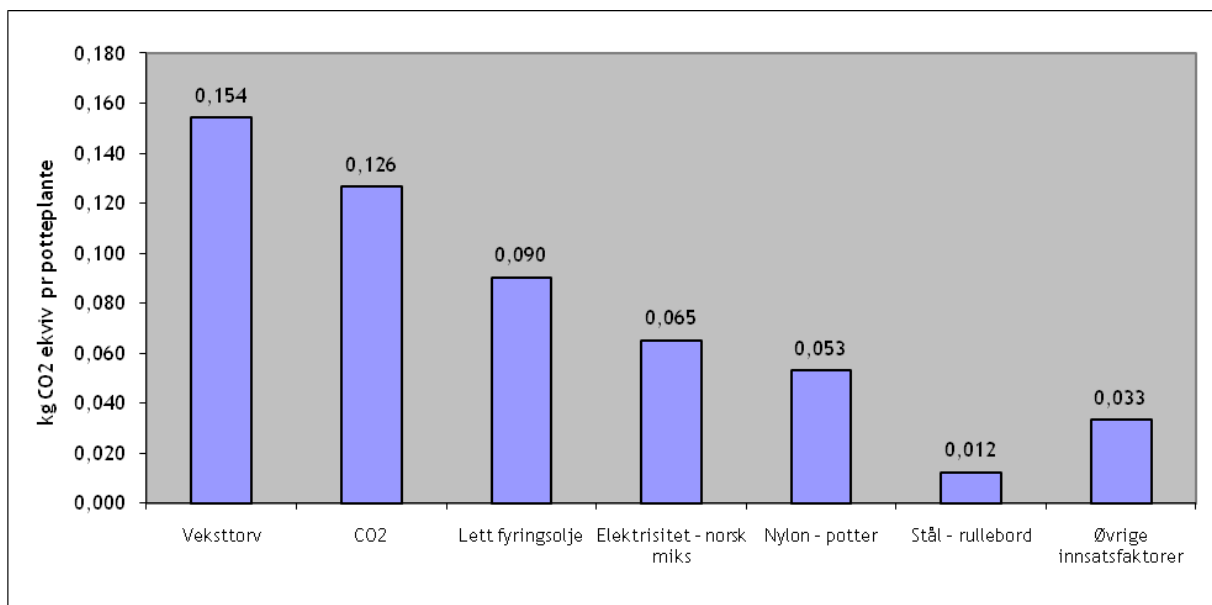
Gartneri 12 produserte standard potteroser i pottes på 12 cm samt noen minipotteroser og formerte plantene selv. I LCA beregningene er produksjonen av minipotteroser utelatt. Produksjonsarealet for standard potteroser samt formering var 11 473 årskvadratmeter

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av standard potteroser hos Gartneri 12 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,53 kg CO₂ ekvivalenter pr stk ferdig produsert plante (Figur 31). Figur 30 viser at bruk av veksttorv står for 29 %, bruk av CO₂ - gjødsling for 24 %, forbrenning av lett fyringsolje 17 %, forbruk av elektrisitet for 12 %, forbruk av pottes for 10 %, bruk av dyrkingsbord for 3 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygning for 6 % av CO₂ utslippene.



Figur 30 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr levert potteplante for Gartneri 12.



Figur 31 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av potteroser ved Gartneri 12. Samlet utslipp av CO₂ for hele produksjonen er 0,53 kg CO₂ ekvivalenter pr stykk plante. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 12 (Tabell 5)

Produksjon - avling

Gartneri 12 oppgav en produksjon på 1 600 000 stk standard (12 cm) potteroser og 300 000 minipotteroser. Gartneriet har egen formering. For standard potteroser ble det oppgitt et areal på 10 898 årskvadratmeter og for minipotteroser et areal på 525 årskvadratmeter. I analysen ble produksjon av minipotteroser utelatt. Forbruk av innsatsfaktorene ble tilregnet standard potteroser etter areal (95,4 %).

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet hadde et samlet strømforbruk på 6 448 000 kWh, inkludert strøm til belysning. I tillegg ble det brukt lett fyringsolje tilsvarende 478 856 kWh til oppvarming. Herav ble 95,4 % tilregnet produksjon av standard potteroser.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Gartneriet brukte 261 000 kg ren CO₂ som gjødsling. Ellers ble følgende gjødselprodukter rapportert: Calcinit, Kaliumnitrat, Koppersulfat, Magnesiumnitrat, Magnesiumsulfat, Mangansulfat, Monoammoniumsulfat, Natriummolybdat, Pioner Jernchelate, Pioner Mikro Pluss, Resistim, Solubor DF og Zinksulfat. 95,4 % ble tilregnet produksjon av standard potteroser. Tabell 5 viser mengden av virkestoffene N, P, K og Mg som er brukt i beregningene. Produsenten har oppgitt et forbruk av torv på 217 212 kg. Da er det antatt en tetthet på 0,16 kg pr liter. 95,4 % ble tilregnet produksjon av standard potteroser. Produsenten har oppgitt et samlet forbruk av kjemiske plantevernmidler på 28 kg, der fabrikatet er spesifisert. I tillegg er det benyttet 290 kg retarderingsmiddel. Vi har i denne undersøkelsen valgt å slå sammen dette til et samlet forbruk av plantevernmidler til 318 kg. Herav ble 95,4 % tilregnet produksjon av standard potteroser.

Øvrig produksjonsmateriell

Gartneri 12 har opplyst et samlet forbruk av diverse pottar og pottebrett til bruk av standard potteroser som tilsvarer 43 518 kg nylon.

Emballasje

For standard potteroser hadde gartneriet et forbruk av blomsterposer tilsvarende 990 kg og et forbruk av papp til blomstertrau tilsvarende 1 697 kg.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

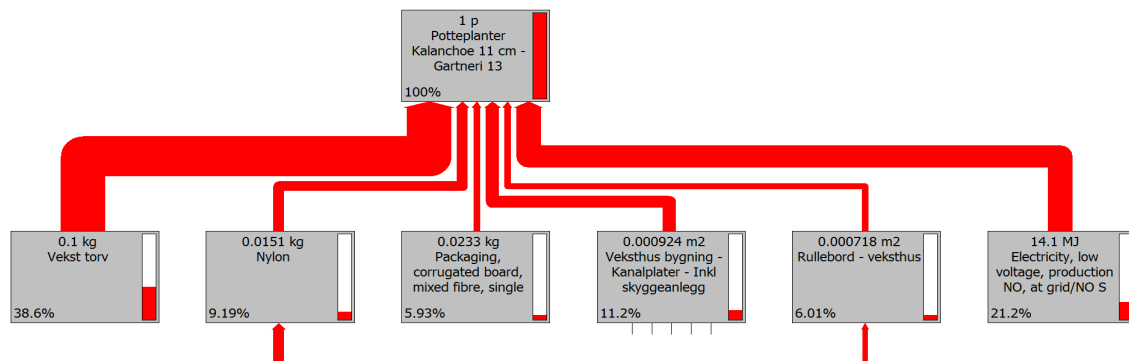
Gartneriet hadde 11 473 årskvadratmeter med veksthus hvorav 6 833 m² er glasshus, 2 640 m² er i kanalplater og 2000 m² er i kanalplater med enkelt skyggeanlegg. Veksthusene var innredet med palettbord og lysarmaturer. 95,4 % ble tilregnet produksjon av standard potteroser.

8.2 Gartneri 13

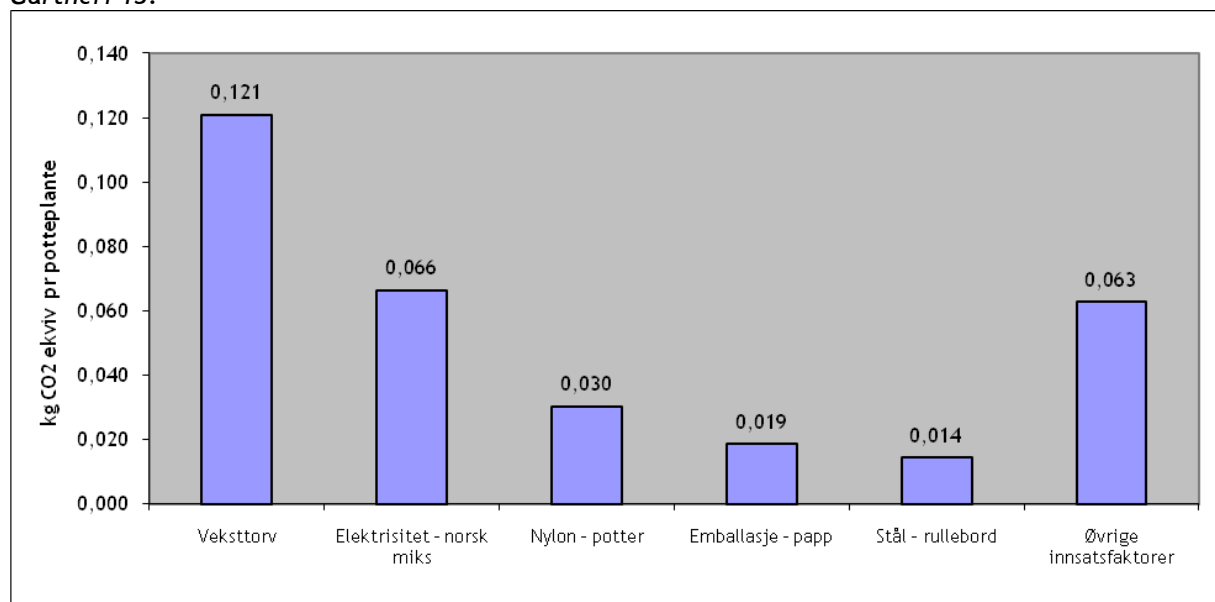
Gartneri 13 produserte kalanchoe i to pottestørrelser, 11 og 6 cm. Produsenten har oppgitt areal og forbruk av innsatsfaktorene separat for produksjonstypene. LCA ble beregnet for de to ulike typene. Gartneriet laget egne stiklinger men kjøpte også småplanter til supplement. Produksjon av stiklinger ble utelatt i beregningene. Samlet produksjonsareal som ble oppgitt var 5 115 årskvadratmeter, hvorav 4 208 til produksjon av standard kalanchoe (i 11 cm potter) og 732 årskvadratmeter til produksjon av minikalanchoe (i 6 cm potter).

Samlet utslipp av klimagassen CO₂ for standard kalanchoe

Veksthusproduksjonen av standard kalanchoe hos Gartneri 13 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,31 kg CO₂ ekvivalenter pr stk ferdig produsert plante (Figur 33). Figur 32 viser at 39 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra bruk av vekstmediet torv. Energiforbruk (elektrisitet) står for 21 %, bruk av potter for 9 %, bruk av emballasje for 6 %, bruk av rullebord for 6 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 19 % av CO₂ utslippene for produksjon av standard kalanchoeplanter ved dette gartneriet.



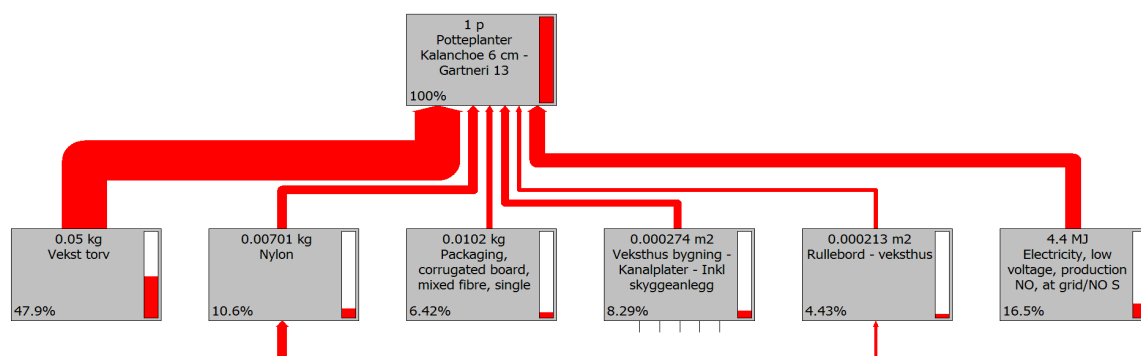
Figur 32 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr levert 11 cm kalanchoeplante for Gartneri 13.



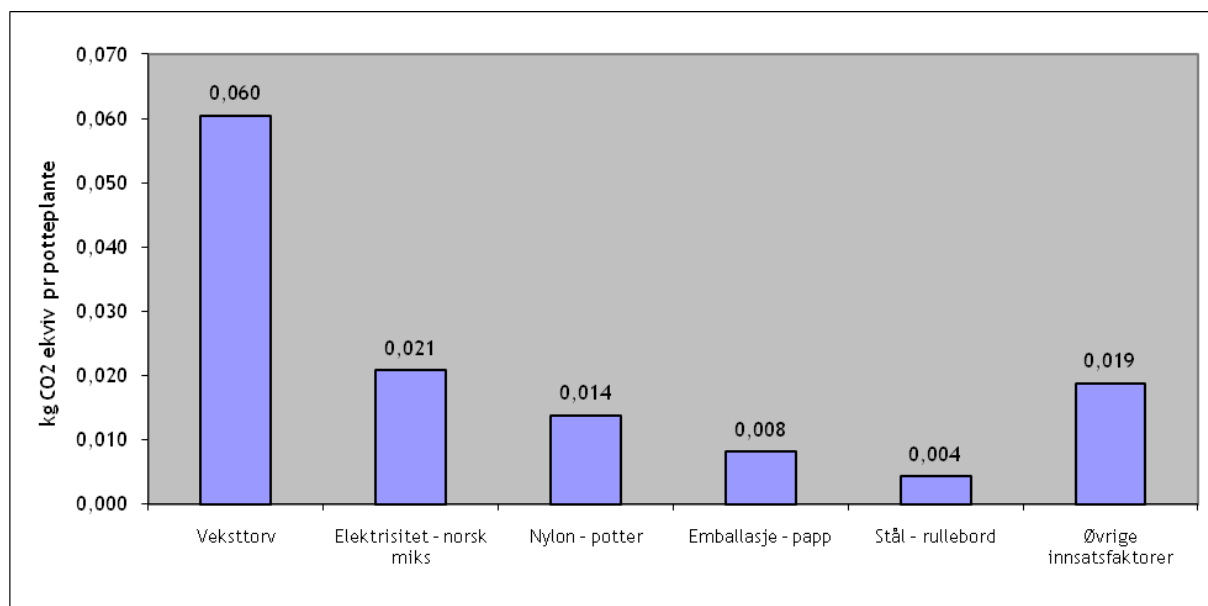
Figur 33 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av standard kalanchoeplanter ved Gartneri 13. Samlet utslipp av CO₂ for hele produksjonen er 0,31 kg CO₂ ekvivalenter pr plante. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂ for minikalanchoe

Veksthusproduksjonen av minikalanchoe hos Gartneri 13 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,13 kg CO₂ ekvivalenter pr plante (Figur 35). Figur 34 viser at 48 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra bruk av vekstmediet torv. Energiforbruk (elektrisitet) står for 17 %, bruk av pletter for 11 %, bruk av emballasje for 6 %, bruk av rullebord for 4 % og de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen for 14 % av CO₂ utslippene for produksjon av minikalanchoe planter ved dette gartneriet.



Figur 34 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr levert 6 cm minikalanchoeplante for Gartneri 13.



Figur 35 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av minikalanchoeplanter ved Gartneri 13. Samlet utslipp av CO₂ for hele produksjonen er 0,13 kg CO₂ ekvivalenter pr plante. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 13 (Tabell 5)

Produksjon - avling

Gartneri 13 oppgav en produksjon på 528 078 stk standard kalanchoe (11 cm potter) og 309 736 stk minikalanchoe (6 cm potter).

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet hadde et forbruk av strøm på 2 061 298 for produksjon av standard kalanchoe og på 378 821 kWh for produksjon av minikalanchoe. Derav ble henholdsvis 56 og 58 % brukt til belysning og resten til oppvarming. Det ble ikke oppgitt andre oppvarmingskilder.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Det ble ikke oppgitt bruk av ren CO₂ til gjødsling. Ellers ble det rapportert bruk av Calcinit og Superex. Av det ble 85 % tilregnet produksjon av standard kalanchoe og 15 % produksjon av minikalanchoe. Tabell 5 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Gjødselvann ble resirkulert. Produsenten har oppgitt forbruk av gartnerjord separat for standard og minikalanchoe. Det ble oppgitt et samlet forbruk av kjemiske plantevernmidler på 21,4 kg der fabrikatet er spesifisert. I tillegg er det benyttet 33 kg retarderingsmiddel. Vi har i denne undersøkelsen valgt å slå sammen dette til et samlet forbruk av plantevernmidler til 54,4 kg. Herav ble 85 % tilregnet produksjon av standard kalanchoe og 15 % produksjon av minikalanchoe.

Øvrig produksjonsmateriell og emballasje

Gartneriet opplyste forbruk av diverse potter, pottebrett, plast, papp og blomstertrau separat for de to ulike kulturer. Tabell 5 viser mengdene omregnet i kg nylon, plast og papp.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

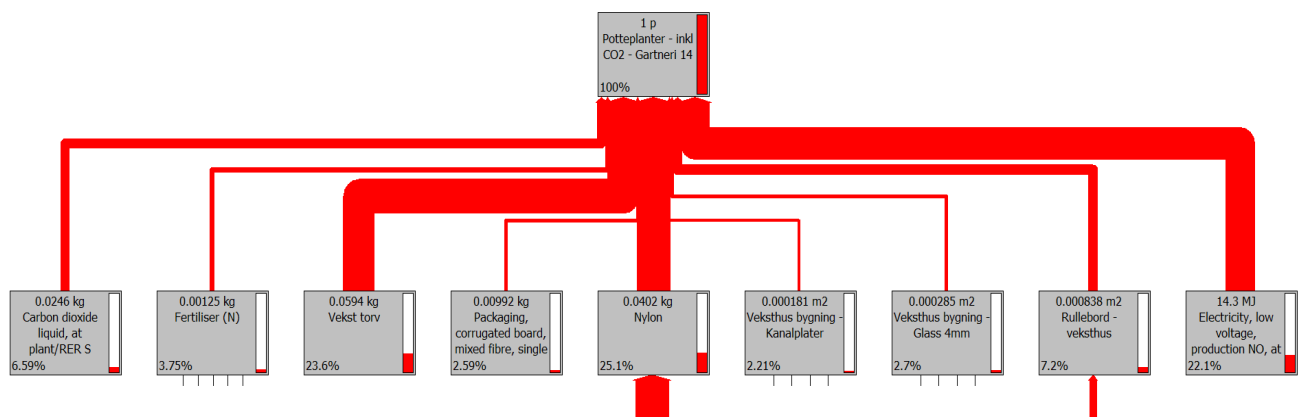
Gartneriet hadde 8 frittstående veksthus med størrelse varierende fra 350 til 950 m². Alle hus var lagt av kanalplater og hadde enkelt skyggeanlegg og innredning med rullebord og vekstlys.

8.3 Gartneri 14

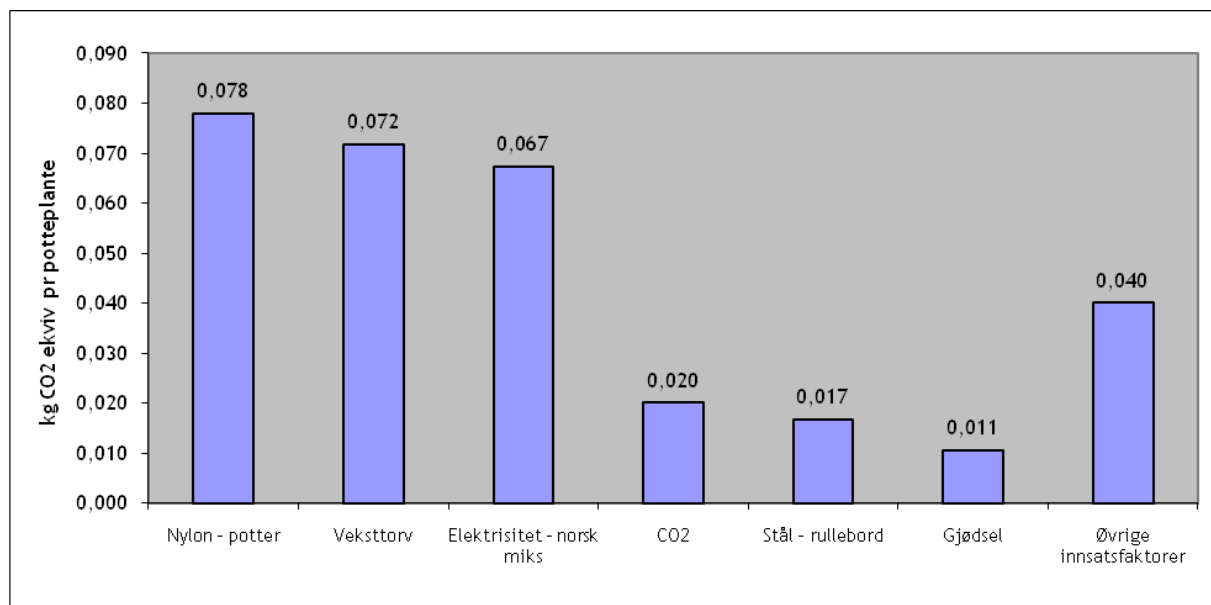
Gartneri 14 produserte diverse potte- og utplantingsplanter (tabell 6) på et produksjonsareal på 23 136 årskvadratmeter. Gartneriet kjøpte inn småplantene og dyrket de fram til salgbare planter. LCA blir beregnet som gjennomsnitt for alle plantetypene. Småplanteproduksjonen er ikke inkludert i beregningene.

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av potteplanter hos Gartneri 14 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,30 kg CO₂ ekvivalenter pr stk ferdig produsert plante (Figur 37). Figur 36 viser at 25 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra bruk av diverse plastprodukter (nylon), 24 % av utslippene kommer fra bruk av gartnerjord, 22 % kommer fra bruk av strøm, 7 % fra bruk av CO₂ til gjødsling, 7 % fra bruk av rullebord, 4 % fra bruk av gjødsel, 3 % fra emballasje og 8 % fra de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen.



Figur 36 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr levert potteplante for Gartneri 14.



Figur 37 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av potteplanter ved Gartneri 14. Samlet utslipp av CO₂ for hele produksjonen er 0,30 kg CO₂ ekvivalenter pr plante. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning samt forbruk av øvrigt produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 14 (Tabell 5)

Produksjon - avling

Gartneriet oppga produksjon av potteplanter som: pottekrysantemum i ulike pottestørrelser (mini, 11 cm, 20cm), kalanchoe (vanlig og mini), azalea, asters, julestjerner i flere størrelser, hortensia, hagepelargonium (total 1 992 767 stk), samt diverse utplantingsplanter som celosia, osteospermum, million bells, superpetunia og margeritter (total 490 951 stk).

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet brukte strøm som hovedkilde av energi og hadde et samlet strømforbruk på 9 868 287 kWh, hvorav 64 % til oppvarming og 36 % til belysning.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Gartneriet brukte 61 105 kg ren CO₂ som gjødsel. Ellers ble det rapportert bruk av Aluminiumsulfat, Calcinit, Magnesiumsulfat, Pioneer Gul, Pioneer Mikro, Pioneer NK, Pioneer Rød og Wuxal calcium suspension. Tabell 7 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Produsenten har oppgitt et samlet forbruk av vekstjord på 913 380 liter, tilsvarende 147 617 kg. Da er det antatt en tetthet på 3,2 kg pr 19,8 liter. Produsenten har ikke spesifisert forbruk av kjemiske plantevernmidler. Det benyttes i hovedsak biologiske plantevernmidler.

Emballasje og øvrig produksjonsmateriell og emballasje

Gartneriet hadde et forbruk av pappbrett til blomster tilsvarende 24 649 kg. Det ble opplyst et samlet forbruk av diverse potter, pottebrett og blomstersvøp og poser som tilsvarer 105 731 kg nylon.

Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

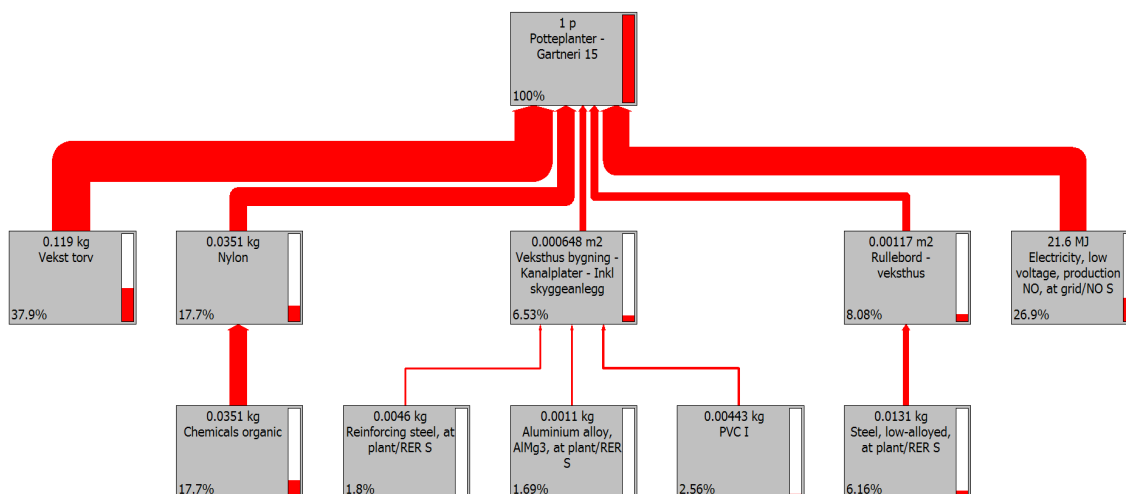
Gartneri 14 hadde 8 999 årskvadratmeter med veksthus i kanalplater (10 frittstående hus), og 14 137 årskvadratmeter med veksthus i glass (7 avdelinger i et blokkhus). Alle hus hadde rullebord eller palettbord. Skyggeanlegg var installert på 10 277 årskvadratmeter og det var installert 3698 lysarmaturer.

8.4 Gartneri 15

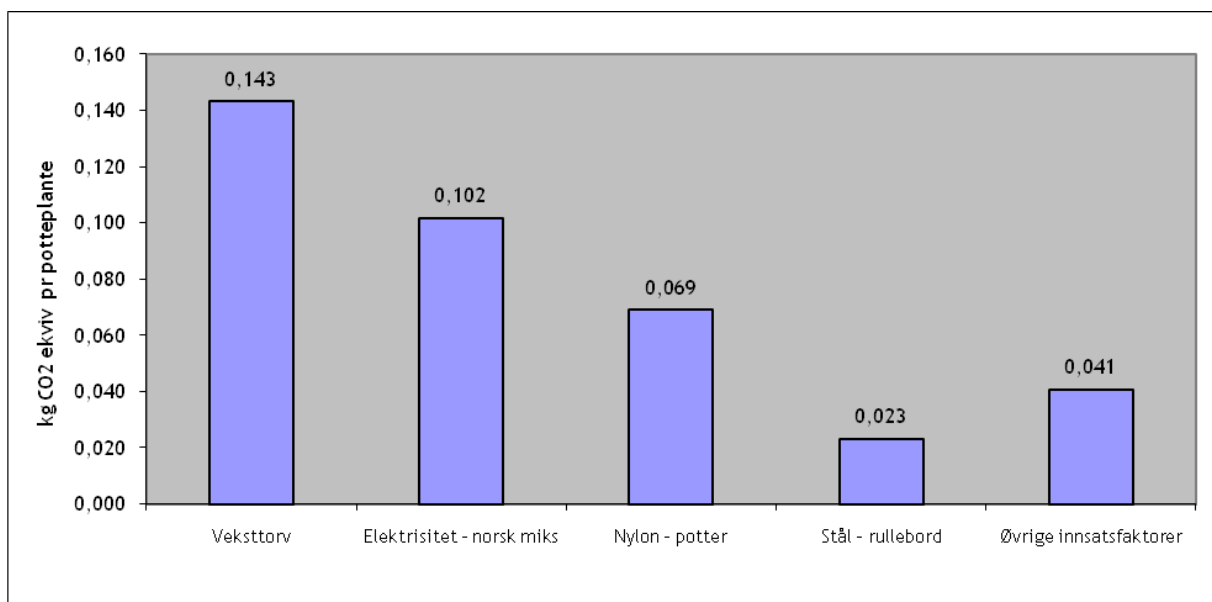
Gartneri 15 produserte diverse potte- og utplantingsplanter (tabell 7) på et samlet produksjonsareal på 2 803 årskvadratmeter, og kjøpte inn småplanter. LCA blir beregnet som gjennomsnitt for alle plantetyperne. Småplanteproduksjonen er ikke inkludert i beregningene

Samlet utslipp av klimagassen CO₂

Veksthusproduksjonen av pottplanter hos Gartneri 15 hadde for 2008 et samlet utslipp av CO₂ på 0,38 kg CO₂ ekvivalenter pr stk ferdig produsert plante (Figur 39). Figur 38 viser at 38 % av bidraget til drivhuseffekt kommer fra bruk vekstjord, 27 % kommer fra bruk av strøm, 18 % fra bruk av diverse plastprodukter (nylon), 8 % fra bruk av dyrkingsbord og 9 % fra de øvrige innsatsfaktorene inkludert veksthusbygningen.



Figur 38 Bidrag til drivhuseffekt vist i % CO₂-ekvivalenter pr levert pottplante for Gartneri 15.



Figur 39 Oversikt over hvordan utslipp av CO₂ fordeles på ulike innsatsfaktorer for produksjon av pottplanter ved Gartneri 15. Samlet utslipp av CO₂ for hele produksjonen er 0,38 kg CO₂ ekvivalenter pr plante. Inkludert i 'Øvrige innsatsfaktorer' er bl.a. veksthusbygning samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Bakgrunnsmateriale Gartneri 15 (Tabell 7)

Produksjon - avling

Gartneriet oppga produksjon av potteplanter som: begonia, julebegonia, betlehemsstjerne, azalea, fuksia, alpefiol, pelargonium (total 201 000 stk), samt utplantingsplanter som margeritter (total 15 000 stk).

Innsatsfaktorer - variabelt forbruk

Energi

Gartneriet hadde et samlet strømforbruk på 1 293 357 kWh, hvorav 72 % ble brukt til oppvarming og 28 % til belysning.

Gjødsel, vann, dyrkingsmedium og plantevern

Gartneriet har rapportert følgende gjødselprodukter: Kalksalpeter, Pioner Blå, Pioner Mikro og Resistim. Tabell 7 viser mengden av virkestoffene N, P og K som er brukt i beregningene. Gjødselvann ble resirkulert. Produsenten har oppgitt et samlet forbruk av vekstjord på 158 400 liter, tilsvarende 25 600 kg. Da er det antatt en tetthet på 3,2 kg pr 19,8 liter. Produsenten har oppgitt et samlet forbruk av kjemiske plantevernmidler på 21,5 kg der fabrikatet er spesifisert. I tillegg er det benyttet 10 kg retarderingsmiddel. Vi har i denne undersøkelsen valgt å slå sammen dette til et samlet forbruk av plantevernmidler til 31,5 kg.

Emballasje og øvrig produksjonsmateriell

Gartneriet hadde et forbruk av pappbrett til blomster tilsvarende 93 kg. Det ble også opplyst samlet forbruk av diverse pottes, pottebrett og blomstersvøp og poser som tilsvarer 7 586 kg nylon.

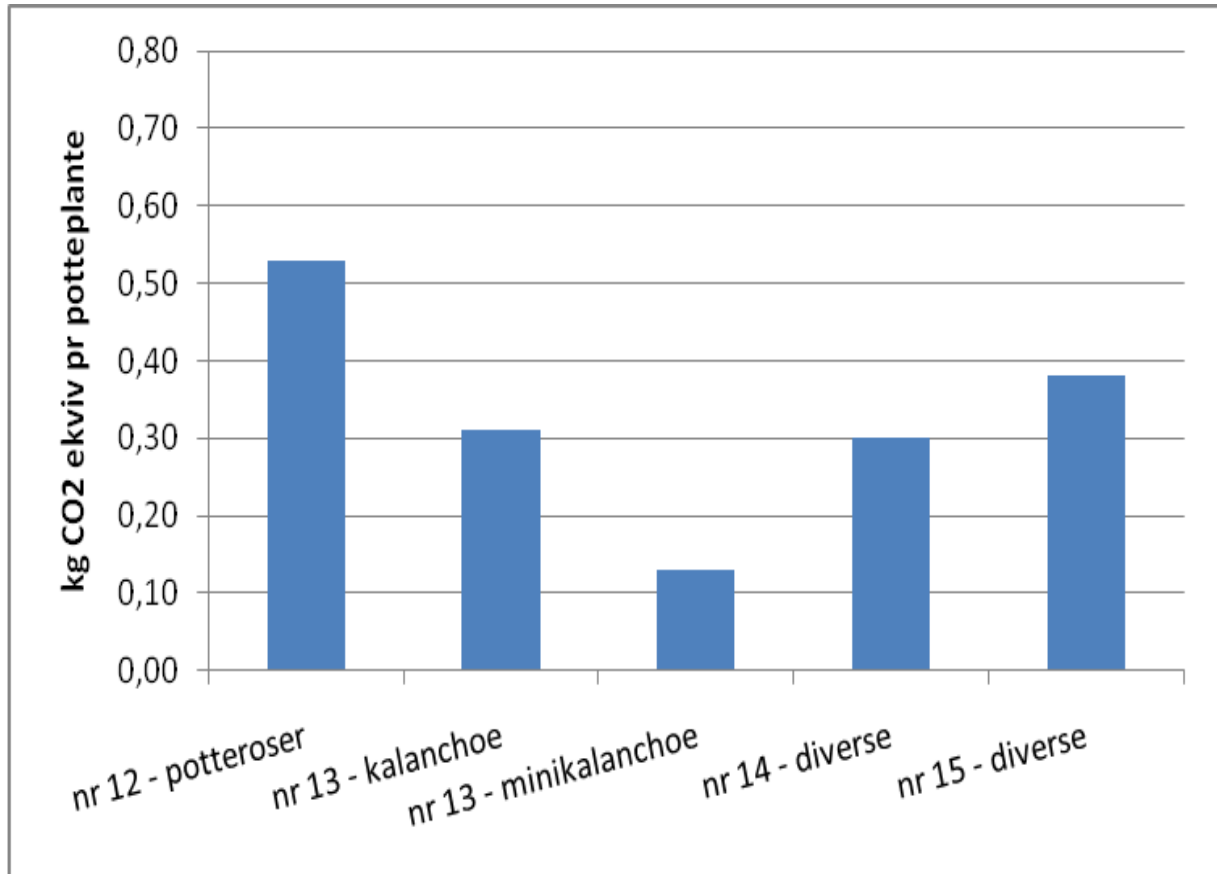
Innsatsfaktorer - faste installasjoner

Veksthusbygning, øvrig inventar

Gartneri 15 hadde 2 803 årskvadratmeter med veksthus i kanalplater med enkelt skyggeanlegg og rullebord. Gartneriet hadde installert 292 lysarmaturer.

8.5 Sammenstilling av resultater til potteplanteproduksjon

Resultatene viser store variasjoner i CO₂ utslipp pr potteplante for de ulike gartnerier (Figur 40). Utslippene varierte fra 0,13 kg CO₂ ekvivalent pr potteplante i gartneri 13 til 0,53 kg CO₂ ekvivalent pr potteplante i gartneri 12.



Figur 40 Oversikt over den totale CO₂ utslipp (i kg CO₂ ekvivalenter pr potteplante) for gartnerier med potteplanter og utplantingsplanter.

Forskjellene i CO₂ utslipp mellom ulike potteplantegartnerier kan ikke forklares ut fra den valgte energikilde, som ved de andre kulturene. Alle potteplanter ble produsert uten bruk av gass og hovedsakelig ved bruk av elektrisitet til både oppvarming og belysning.

Forbruk av energi pr m² veksthus varierte noe mellom de ulike gartneriene, henholdsvis 604 (gartneri nr 12), 500 (nr 13), 427 (nr 14) og 461 (nr 15) kWh pr m². Utslipp av CO₂ pr potteplante kan dermed delvis relateres til energiforbruk pr m² veksthus. Utnytting av veksthusarealet og produksjonsopplegg som relateres til energiforbruk pr enhet produkt er en annen årsak til forskjeller i CO₂ utslipp pr potteplante. Det kan produseres flere minikalanchoe planter på samme areal enn vanlige kalanchoeplanter, både på grunn av mindre størrelsen på plante og potte og av en kortere produksjonstid. I gartneri 13 produsertes 423 stk minikalanchoe pr m² veksthus og 125 stk kalanchoe (30 %). Energiforbruk pr stk minikalanchoe er tilsvarende (30 %) lavere enn energiforbruk pr stk kalanchoe. CO₂ utslipp pr stk minikalanchoe er 42 % av det av vanlige kalanchoe. Energiforbruk pr enhet produkt var henholdsvis 4,1 (potteroser), 3,9 (kalanchoe), 1,3 (minikalanchoe), 4,0 (diverse gartneri 13) og 6,0 kWh pr m² (diverse gartneri 14). Lengre produksjonstid kan muligens forklare høyere energiforbruk pr enhet av produkt i gartneri 15 i forhold til gartneri 14.

Bruk av ren CO₂ gjødsel kan delvis forklare forskjellene i CO₂ utslipp mellom produksjon av potteroser (12 cm potter) i gartneri 12 og kalanchoe (i 11 cm potter). I gartneri 12 utgjør bruk av CO₂ 0,13 kg CO₂ ekvivalent pr plante, mens det ikke ble tilført CO₂ gjødsel i gartneri 13.

I tillegg til energiforbruk pr pottedplante, kan også forskjeller i bruk av veksttorv delvis forklare forskjeller i CO₂ utslipp mellom gartneri 14 og 15. CO₂ utslipp ved bruk av veksttorv er to ganger så høy i gartneri 15 enn i gartneri 14, henholdsvis 0,14 kg og 0,07 kg CO₂ ekvivalent pr plante.

Hos de undersøkte pottedplanteprodusenter stod bruk av energi for kun 26 % av CO₂ utslippene. Innsatsfaktorene som bidrog til CO₂ utslippene var bruk av veksttorv (0,11 kg CO₂ ekvivalent pr plante), bruk av elektrisitet (0,07 kg CO₂ ekvivalent pr plante), bruk av emballasje og potter (0,06 kg CO₂ ekvivalent pr plante), bruk av CO₂ gjødsling (0,05 kg CO₂ ekvivalent pr plante), bruk av lett fyringsolje (0,03 kg CO₂ ekvivalent pr plante) og bruk av gjødsling (0,01 kg CO₂ ekvivalent pr plante). Bruk av inventar (dyrkingsbord) stod for 0,02 kg CO₂ ekvivalenter pr plante og bruk av veksthus og øvrige innsatsfaktorene for 0,04 kg CO₂ ekvivalenter pr plante.

9. Diskusjon

Resultatene

Resultatene viser at det er store forskjeller i klimagassutslipp til produksjon av ulike veksthusprodukter i Norge. Det er også store forskjeller mellom ulike gartnerier. Klimagassutslipp i ulike gartnerier til produksjon av agurk varierte fra 0,64 til 2,01 kg CO₂ ekvivalenter pr kg, til tomat fra 3,79 til 5,82 kg CO₂ ekvivalenter pr kg, til salat fra 0,17 til 0,67 kg CO₂ ekvivalenter pr stk og til potteplanter fra 0,13 til 0,53 kg CO₂ ekvivalenter pr stk (tabell 8). Disse variasjonene gir gode utgangspunkter til å komme med anbefalinger som kan redusere klimagassutslipp i norsk veksthusproduksjon framover.

I LCA analysen ble det direkte klimagassutslippet fra forbrenning av fossile energikilder, utslipp av klimagasser fra produksjon og transport av olje, gass, elektrisitet og fra forbruk av andre innsatsfaktorer som gjødsel, dyrkingsmedia, emballasje og veksthusbygning medregnet.

Tabell 8. Oversikt av klimagassutslipp (i kg CO₂ ekvivalenter pr enhet av produkt), energiforbruk og andel av ulike energikilder ved produksjon av agurk, tomat (samt økologisk tomat), salat og potteplanter for 15 gartnerier.

Gartneri	CO ₂ ekvivalenter (kg) pr enhet produkt	Energiforbruk (kWh) pr enhet produkt	Andel elektrisitet - olje- gass i % av energiforbruk
nr 1 - agurk	1,42	10,99	66-2-32
nr 2 - agurk	2,01	12,13	48-0-52
nr 3 - agurk	1,43	14,83	73-2-25
nr 4 - agurk	0,64	9,13	93-7-00
nr 5 - agurk	1,26	14,81	79-0-21
nr 6 - tomat	4,03	12,07	4-0-96
nr 7 - tomat	4,04	12,08	4-0-96
nr 8 - tomat	3,79	11,46	4-0-96
nr 9 - tomat	4,25	12,85	3-0-97
nr 9 - cocktailtomat	5,82	17,21	4-0-96
Økologisk tomat	5,62	16,52	4-0-96
nr 10 - rapid salat	0,17	0,76	76-24-0
nr 10 - crispy salat	0,26	1,34	76-24-0
nr 11 - crispy salat	0,67	4,40	59-3-38
nr 12 - potteroser	0,53	4,11	93-7-0
nr 13 - kalanchoe	0,31	3,90	100-0-0
nr 13 - minikalanchoe	0,13	1,22	100-0-0
nr 14 - diverse	0,30	3,97	100-0-0
nr 15 - diverse	0,38	5,99	100-0-0
Agurk (nr 1-5)	1,23	12,19	75-2-23
Tomat (nr 6-9)	4,35	13,00	4-0-96
Salat (nr 10-11)	0,27	1,46	69-15-16
Potteplanter (nr 12-15)	0,37	3,93	98-2-0

Hovedårsaken for CO₂ utslipp for veksthusprodukter i de undersøkte gartneriene er, ikke overraskende, knyttet til bruk av energi. I gjennomsnitt for agurk, tomat, salat og potteplanter var henholdsvis 83, 94, 55 og 26 % av CO₂ utslippene knyttet til bruk av energi. Bruk av gass, både naturgass og propan til oppvarming og CO₂ gjødsling, står for mesteparten av CO₂ utslippene i agurk og tomatproduksjon, henholdsvis 63 og 93 %. Utslipp knyttet til bruk av elektrisitet, for både oppvarming og belysning, er betydelig lavere (tabell 9). Bruk av lett fyringsolje, for oppvarming, bidrar til 7 (agurk), 0 (tomat), 25 (salat) og 8 % (potteplante) av utslippene pr produsert enhet.

Andre innsatsfaktorer som bidrar til klimagassutslipp er bruk av veksttorv (28 % i potteplanteproduksjon og 7 % i økologisk tomatproduksjon), bruk av ren CO₂ gjødsel (henholdsvis 6 (agurk), 0 (tomat), 9 (salat) og 13 % (potteplanter), emballasje (henholdsvis 3 (agurk), 1 (tomat), 22 (salat) og 17 % (potteplanter) og veksthusbygning samt forbruk av øvrige produksjonsmateriale (henholdsvis 4 (agurk), 2 (tomat), 6 (salat) og 10 % (potteplanter)).

Tabell 9: Klimagassutslipp (i kg CO₂ ekvivalenter pr enhet av produkt) for innsatsfaktorene ved produksjon av agurk, tomat, salat og potteplanter for 15 gartnerier.

Innsatsfaktor	Agurk				Tomat			
	min	maks	gjennsnitt	%	min	maks	gjennsnitt ⁽²⁾	%
Gass	0,00	1,75	0,77	63	3,56	5,34	4,04	93
Elektrisitet	0,10	0,20	0,16	13	0,05	0,08	0,06	1
Lettfyringsolje	0,00	0,19	0,08	7	0,00	0,00	0,00	0
CO ₂ -gjødsel	0,00	0,21	0,07	6	0,00	0,00	0,00	0
Vekstmedium	0,03	0,07	0,01	1	0,03	0,37 ⁽¹⁾	0,03	1
Gjødsling	0,01	0,05	0,03	2	0,03	0,07	0,03	1
Emballasje	0,01	0,06	0,04	3	0,05	0,05	0,05	1
Inventar	0,02	0,05	0,02	2	0,06	0,06	0,03	1
Øvrige ⁽⁵⁾	0,04	0,10	0,05	4	0,07	0,11	0,10	2

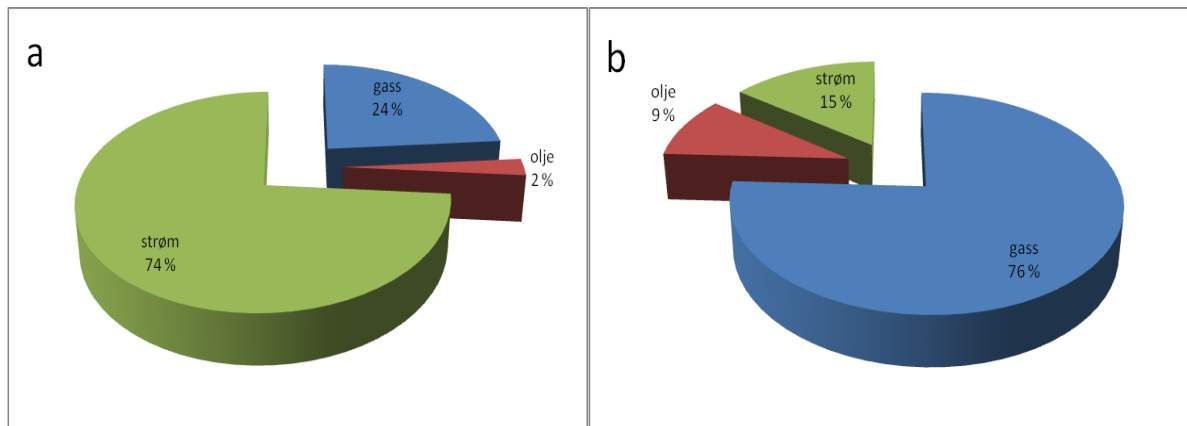
Innsatsfaktor	Salat				Potteplanter			
	min	maks	gjennsnitt	%	min	maks	gjennsnitt	%
Gass	0,00	0,47	0,07	24	0,00	0,00	0,00	0
Elektrisitet	0,01	0,04	0,02	6	0,02	0,10	0,07	18
Lettfyringsolje	0,05	0,10	0,07	25	0,00	0,09	0,03	8
CO ₂ -gjødsel	0,00	0,04	0,02	9	0,00	0,13	0,05	13
Vekstmedium	0,02	0,02	0,02	7	0,06	0,15	0,11	28
Gjødsling	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,01	0,01	1
Emballasje ⁽³⁾	0,06	0,07	0,06	22	0,02	0,08	0,06	17
Inventar	⁽⁴⁾	⁽⁴⁾	⁽⁴⁾	0	0,00	0,02	0,02	4
Øvrige ⁽⁵⁾	0,01	0,04	0,02	6	0,02	0,06	0,04	10

⁽¹⁾ økologisk tomat, ⁽²⁾ uten økologisk, ⁽³⁾ inklusiv potter, ⁽⁴⁾ inkludert i øvrige innsatsfaktorene, ⁽⁵⁾ veksthusbygning samt forbruk av øvrig produksjonsmateriale.

Når ulike kulturer sammenlignes, viser resultatene at CO₂ utslippet er høyere for tomat enn for agurk (tabell 8). I gjennomsnitt var utslippene 4,0 kg CO₂ ekvivalenter pr kg vanlig runde tomat og 1,2 kg CO₂ ekvivalenter pr kg agurk. Dette til tross for at energiforbruk pr kg produkt omtrent er likt, dvs. 12,1 kWh pr kg vanlig runde tomat og 12,2 kWh pr kg agurk. Forskjellen i CO₂ utslipp henger sammen med energikilde som brukes. I gartnerier hvor det produseres tomat er det utstrakt bruk av naturgass, mens agurk oftere blir

produsert med bruk av elektrisitet. Også variasjoner i klimagassutslipp mellom ulike gartnerier henger sammen med bruk av gass. I gartnerier hvor det produseres agurk er CO₂ utslipp pr enhet produkt desidert minst der hvor andelen gass i energiforbruket er minst. Det samme gjelder for gartnerier som produserer salat eller potteplanter (tabell 8).

Figur 41 viser samlet energiforbruk (a) og klimagassutslipp knyttet til bruk av energi (b) for de 15 gartnerier som var med i undersøkelsen, fordelt over ulike energikilder. Resultatene viser at 24 % av energien kommer fra forbrenning av gass, og står alene for 76 % av CO₂ utslippene knyttet til bruk av energi. For bruk av elektrisitet er situasjonen omvendt.



Figur 41. Samlet energiforbruk (kWh) (a) og klimagassutslipp (kg CO₂ ekvivalenter) knyttet til bruk av energi (b) for de 15 gartnerier som var med i undersøkelsen, fordelt i % over ulike energikilder, gass (naturgass og propan), olje (lett fyringsolje) og strøm (elektrisitet, norsk miks).

Klimagassutslipp henger også sammen med energiforbruk pr enhet av produkt, da energi er hovedårsaken for CO₂ utslipp for veksthusprodukter. Sammenlignes ulike kulturer, viser resultatene at et lavere energiforbruk i kWh pr enhet av produkt (for salat og potteplanter i sammenligning med agurk og tomat) fører til et lavere klimagassutslipp i CO₂ ekvivalenter pr enhet av produkt. Det samme gjelder som regel hvis en sammenligner ulike gartnerier som produserer samme veksthusproduktet (tabell 8). I rapporten ble det klart at årsakene til variasjoner i energiforbruk pr enhet av produkt i de ulike gartneriene kan være biologiske (kulturens behov for energi i form av lys og varme, produktstørrelse og produksjonstid), tekniske (bruk av vekstlys, bruk av gardiner, hustype) eller en kombinasjon av begge (valg av produksjonsopplegg, klimastyring, energieffektivitet).

Energiforbruk pr enhet av produkt har ofte en negativ sammenheng med antall produserte enheter pr arealenhet. For eksempel til produksjon av salat er energiforbruk (i kWh) pr enhet av produkt og antall produserte enheter pr m² veksthusareal henholdsvis 0,76 og 711 (gartneri 10, rapid salat), 1,34 og 400 (gartneri 10, crispy salat) og 4,40 og 162 (gartneri 11, crispy salat).

Antall produserte enheter for agurk (gartneri 1 til og med 5) og vanlig runde tomat (i gartneri 6 til og med 9) var henholdsvis 89 og 42 kg pr m² veksthus. Det viser at det, i produksjonsopplegg hvor det brukes energi til både lys og varme, ble produsert flere enheter pr m² med mindre CO₂ utslipp (agurk) enn i opplegg hvor energien bare ble brukt til varme (tomat).

Økologisk produksjon av veksthusomater er ikke ensbetydende med en mer miljøvennlig produksjon med hensyn til CO₂ utslipp. Det er også bekreftet i andre rapporter (Halberg et al., 2006)

Material og metodene

Valg av funksjonell enhet er noe som nesten alltid kan diskuteres. At det ble valgt 1 kg tomat eller agurk og et stk salathode eller potteplante er fordi avlingen i norsk produksjon som regel oppgis i disse enhetene. En annen grunn er at disse enhetene ofte lettest kan sammenlignes med produksjoner i andre land. Valg av et salathode eller potteplante kan være problematisk i tilfelle det er store forskjeller fra planteslag til planteslag. I rapporten er det tatt høyde for det ved å skille ut noen planteslag med ulik størrelse. Valg av 1 kg tomat kan være problematisk i tilfelle det produseres tomat med ulik størrelse. Ofte har tomattyper med mindre størrelse lavere avling, men høyere markedsverdi. I slike tilfeller kan det være aktuelle å beregne klimagassutslipp pr enhet av omsetning. I rapporten er det lagt mest vekt på produksjon av vanlig rund tomat. Denne produksjonstypen kan også sammenlignes best med tomatproduksjon i andre land.

At porten til gartneriet er valgt som ytre grense kan være problematisk, siden tap under transport ikke blir inkludert. Ved produksjon og salg av norske veksthusprodukter er det likevel rimelig å anta at tapet fra produsent til forbruker er rimelig konstant for de ulike gartnerier. Ved sammenligning med andre studier er det også viktig å sjekke hvilke grenser som er valgt i LCA beregningen.

Valg av prosesser brukt i SimaPro er også noe som kan diskuteres. Prosessene som er valgt i denne studien er oppsummert i vedlegg 2. Mange av prosessene er hentet fra databasene Ecoinvent (v 2.0) og LCA Food (Danmark). Ecoinvent er utviklet i Sveits og mange av prosessene er basert på produksjonsforholdene i Sveits. Pr i dag er dette det beste datamaterialet som finnes, men det er mulig at noen prosesser kan avvike noe fra produksjonsforholdene i Norge. For eksempel kan produksjon av stål i Sveits være annerledes enn i Norge og dermed føre til en litt annen mengde CO₂ utslipp. Det antas at dette avviket er lite.

I rapporten er det valgt å vise fram resultat med hensyn til CO₂ utslipp. For å kunne sammenligne alle miljøpåvirkninger må det gjennomføres en fullstendig LCA analyse.

Allokering av CO₂ utslipp kan diskuteres. I rapporten ble bruk av ren CO₂ allokert til veksthusproduktene (gartnerier 4, 10, 12 og 14). I tilfeller hvor den CO₂ som brukes allerede i sin helhet er allokert eller tilregnet som avfallsprodukt til gjødselindustrien kan en se bort fra dette utslippet til veksthusproduktene. CO₂ utslipp til produksjon av agurk i gartneri 4 vil i så fall være kun 0,43 kg CO₂ ekvivalenter pr kg agurk, CO₂ utslipp til produksjon av salat i gartneri 10 kun 0,15 (rapidsalat) eller 0,22 (crispysalat) kg CO₂ ekvivalenter pr stk pakket salat, CO₂ utslipp til produksjon av potteroser i gartneri 12 kun 0,40 kg CO₂ pr plante og CO₂ utslipp til produksjon av potteplanter i gartneri 14 kun 0,28 kg CO₂ pr plante.

CO₂ utslipp og energikilde

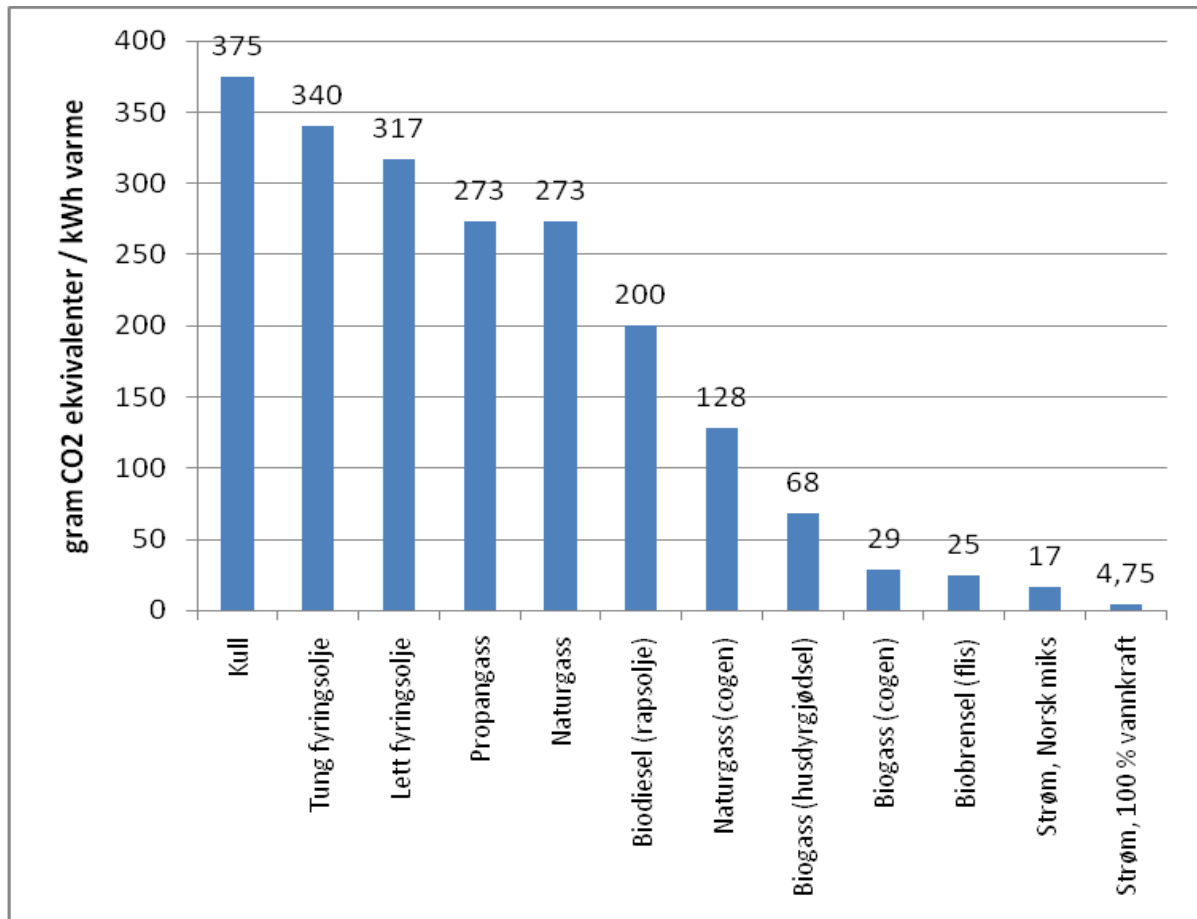
Resultatene viste at klimagassutslipp i norsk veksthusproduksjon har sterk sammenheng med valg av energikilde. Figur 42 gir en oversikt over CO₂ utslipp ved bruk av ulike brenseltyper per kWh varme. Resultatene viser høyt utslipp for fossile energikilder og lav utslipp for fornybare energikilder.

I Combined Heat Power (CHP) anlegg brukes energikilden (gass) til å generere både varme og strøm (cogenerering). Gass blir dermed utnyttet bedre (Bævre et al., 2006) og CO₂ utslipp fordeles over begge former av energi. I tillegg kan en del av CO₂ benyttes som gjødsel til planteproduksjon. I land som Nederland brukes mye naturgass i veksthusproduksjon. Store CHP anlegg har blitt tatt i bruk i Nederland siden 1990, men

også i andre land som Danmark og England. Det bidrar vesentlig til reduisering av klimagassutslipp ved produksjon av veksthusproduktene i disse land.

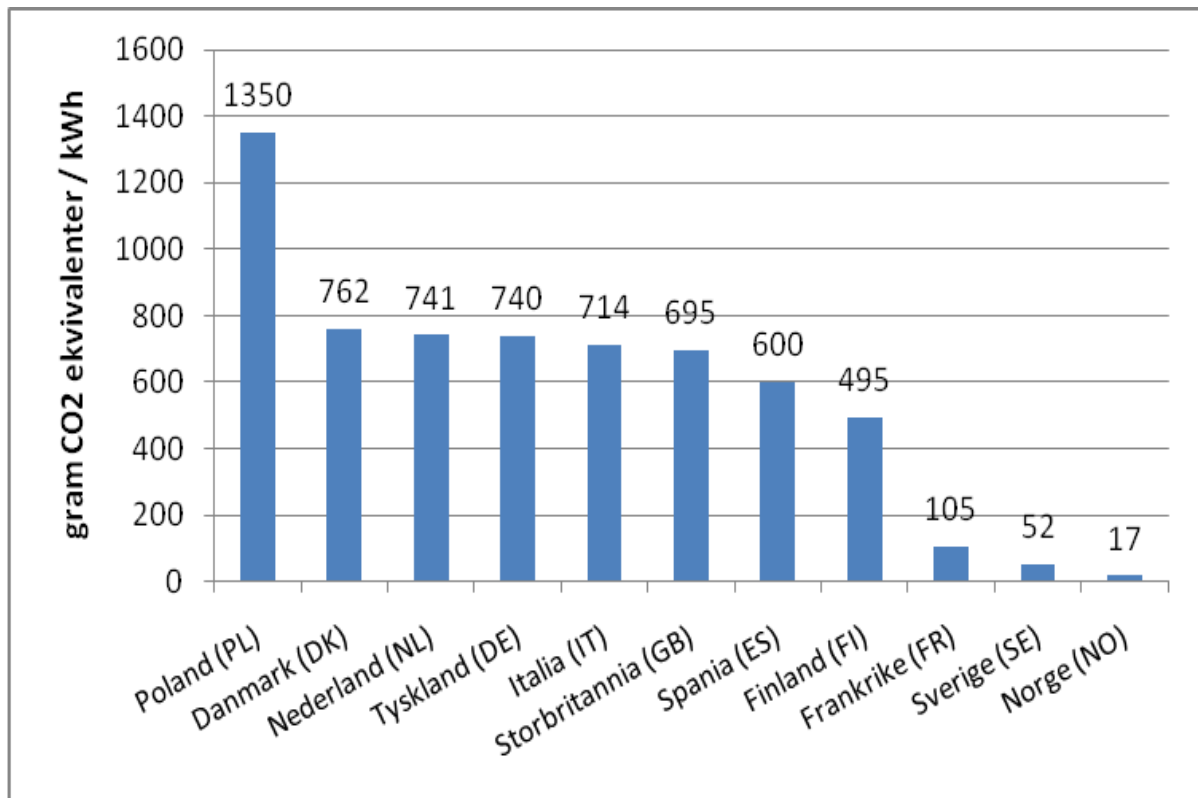
Fig 42 viser at bruk av strøm (Norsk miks), biobrensel (flis) og biogass med cogenerering gir minst CO₂ utslipp. Bruk av biodiesel gir mer CO₂ utslipp enn bruk av naturgass med cogenerering.

Ved bruk av spillvarme må det utarbeides en metode for å allokere utslipp av CO₂ til den aktuelle industribedriften som produserer varmen og gartneriet som bruker varmen.



Figur 42. Klimagassutslipp (Life cycle global warming potential) etter brenselstype in CO₂ ekvivalenter pr kWh varme. Kilde: NVE (2007), SimaPro (Ecoinvent v 2.0) (Vedlegg 3). Data basert på europeiske produksjonsforhold.

Ved bruk av strøm er klimagassutslippet avhengig av hvordan strømmen blir produsert. Figur 43 gir en oversikt over CO₂ utslipp ved bruk av strøm i ulike land. Resultatene viser tydelig at bruk av strøm i Norge, basert på vannkraft, har ekstremt lavt utslipp av CO₂ ekvivalenter i forhold til andre land. Norske produsenter har dermed en stor konkurransefordel. Den fordelene av å kunne bruke elektrisk energi fra vannkraft har en nå hatt i mange år til relativt lave kostnader. Bygging av sjøkabler og innføring av 'grønne sertifikater' vil føre til at denne type av energi etter hvert også vil bli tilgjengelig for andre produsenter i Europa. Dermed vil prisene ved bruk av vannkraftenergi øke. I tillegg kan import av strøm basert på fossil energi i Norge øke, noe som vil føre til at CO₂ utslipp ved bruk av norsk strøm miks etter hvert kan øke.



Figur 43. Utslipp av CO₂ for ulike lands strøm miks. Kilde: SimaPro (Ecoinvent v 2.0 (referanseåret 2005)).

Sammenligning av CO₂ utslipp for produksjon av veksthusprodukter i andre land

Ved sammenligning av CO₂ utslipp for produksjon av veksthusprodukter i andre land er det viktig å sammenligne samme funksjonelle enhet. Forskjeller kan oppstå på grunn av forskjeller i produksjonsmetoder, energikilde, kunnskapsnivå, tekniske utviklinger m.m.

Komparative fordeler i Norge i forhold til andre land

Utvikling av visse produksjonstyper i et land eller område blir ofte påvirket av forhold som ligger eller legges til rette for det. Så har for eksempel aluminiumsindustri i Norge blitt store i verdenssammenheng på grunn av tilgang til rimelig vannkraftsenergi. Produksjonsforholdene i ulike land er forskjellige, og utvikling av produksjonsopplegg er avhengig av hvordan en klarer å finne og benytte seg av sine komparative fordeler og reduserer ulemper.

Forhold som er viktige for at veksthusproduksjon utvikles i land og områder er bl.a. et stabilt klima, tilgang til arbeidskraft, tilgang til energi, rent vann, gjødsel og tilgang til markedet. Veksthusproduksjon i Spania har vokst på grunn av tilgang til billig arbeidskraft rundt 1980-1990. Begrenset tilgang til rent vann og problemer med sykdommer og skadedyr begrenser nå videreutviklingen. Veksthusproduksjon i Nederland og Norge har startet i kyststrøk med mildt og stabilt klima, d.v.s. med relativ lite forskjeller mellom vinter og sommerklima. Disse klimaforholdene viser seg å være særlig egnet for å oppnå en effektiv og ren veksthusproduksjon på grunn av gode muligheter til å regulere klimaforhold og å styre plantevekst, samt å kontrollere problemer med sykdommer og skadedyr med bruk av nyttedyr. I Nederland har veksthusindustrien vokst rundt 1960-1970 på grunn av tilgang til rimelig energi (naturgass). Nederlandere har deretter beholdt sin posisjon fra 1980 til nå

på grunn av en sterk satsning på kunnskapsutvikling og energiinnsparende teknikker. Veksthusproduksjonen i Finland har vokst fra 1995 på grunn av tilgang til rimelig energi til vekstlys, og et marked som er villig til å betale mer enn det doble for finske veksthusprodukter sammenlignet med produktene importert fra EU. I Sverige, hvor det finnes store skogsområder, er det naturlig å bruke flis som alternativ energikilde for å redusere utslipp av klimagasser.

De komparative fordelene for veksthusproduksjon i Norge er bl.a. tilgang til energi fra vannkraft, kjølig og stabil klima, lang vintersesong, tilgang til både mineralsk og organisk gjødsel og dyrkingsmedia, og en omtale som et rent og sunt land. Produksjonen foregår på relativ små enheter på i gjennomsnitt 2 daa, gjerne i kombinasjon med annet gårdsbruk. En mildt og stabilt klima, samt en lang vintersesong, gjør det mulig å styre veksthusklimaet optimalt i forhold til plantenes behov. Dermed kan det oppnås en effektiv produksjon med høy avling av høy kvalitet. Lys er en begrensende faktor i norsk veksthusproduksjon i store deler av året. Bruk av norsk elektrisitet til lys er effektivt for å senke CO₂ utslipp av veksthusprodukter i Norge, både fordi det øker avlingen og fordi CO₂ utslipp av norsk elektrisitet er lav. Agurkproduksjonen pr m² veksthus har blitt firedoblet ved bruk av tilleggslys i forhold til uten bruk av lys. Norske agurkgartnerier har høyest produksjon i verden og kan tilby agurk av høy kvalitet hele året. Grossistene og forbrukerne foretrekker norsk kvalitet foran kvaliteten av importerte agurk også utenom tollvernperioden. Et høyt kunnskapsnivå trengs for å kunne utnytte disse komparative fordeler. Bedre kunnskap gjør at avlingen pr m² veksthus øker uten at bruk av energi øker tilsvarende. Kunnskapsnivået i tomatproduksjon er for tiden for lav, men bl.a. med ved hjelp av forskning på helårsproduksjon, en mer markedsrettet orientering (Verheul, 2007; Hansen, 2007) og bruk av nettverksgrupper (Verheul og Maessen, 2008) er den nå på vei opp. Også i agurkproduksjon er potensialet ikke nådd ennå. Også her kan kunnskapsnivået om klimaregulering og styring av plantevekst med fordel økes.

De komparative fordelene som tilgang til gjødsel og dyrkingsmedia og en småskalaproduksjon i et område med husdyrhold gir muligheter for en bærekraftig og/eller økologisk veksthusproduksjon (Verheul, 2008). I slike områder, som for eksempel på Vestlandet på Finnøy, kan biogass brukes som energikilde. Restproduktet av biogassproduksjon (bioresten) kan brukes som gjødsel og dyrkingsmedium i veksthusproduksjon (Verheul, 2008). For tiden er en slik driftsform ikke økonomisk, da det er billigere å bruke naturgass enn biogass. Tilgang til trepelletsflis og halm kan gi muligheter for en bærekraftig veksthusproduksjon på Østlandet.

Tekniske utviklinger

Det finnes pr i dag mange tekniske løsninger som kan redusere energiforbruk i veksthus. Noen av dem er isolering med gardiner, tekkematerialer, isolering av rør og shunter, kjelestyring og klimastyring. For å kunne utnytte tekniske løsninger kreves kunnskap om sammenhengen mellom energibruk, bruk av energireduserende tiltak og avlingsutvikling.

Varmepumper kan levere 2-5 ganger så mye energi i form av varme som det varmepumpe forbruker av strøm. Derfor regnes 50-80 % av varmen fra en varmepumpe som fornybar. Varme til en varmepumpe kan hentes i luft (også via oppvarmet luft i veksthuset), vann (sjøvann, grunnvann) eller borehull i fjell og fra spillevarme fra industri.

I Combined Heat Power (CHP) anlegg brukes energikilden til å generere både varme og strøm (cogenerering). Energikilden blir dermed utnyttet mye bedre enn ved vanlig forbrenning og CO₂ utslipp fordeles over begge former av energi. Et CHP anlegg kan ha en virkningsgrad til over 90 %, dobbelt så mye som vanlig gassforbrenning til varme. Energikilden til et CHP anlegg kan være fossil brensel, men også en fornybar energikilde (biogass, flis). CHP anlegg basert på naturgass har bidratt til en halvering av CO₂ utslipp av

veksthusprodukter i Nederland, i tillegg til at det produseres 10 % av landets behov for elektrisk energi. CHP- løsninger er foreløpig ikke brukt i norske veksthus. Med det rådende prisnivå i Norge og det større behovet for lys enn i andre land, er det vanskelig å forsvare investering i CHP anlegg hvis det ikke kan integreres med sekundærbrukere eller varmelagre som gjør at energiutnyttelsesgraden maksimeres (Bævre et al., 2006).

Et veksthus er en solfanger som mottar mer energi fra sola enn det som kreves for oppvarming i løpet av et år. Ulempen er at solinnstrålingen ikke er jevn fordelt gjennom året og døgnet. Utnyttelse av solvarme krever derfor lagring av energi fra dag til natt og fra sommer til vinter.

Konseptet av et lukket veksthus ble utviklet i 1998 i Nederland og installert i flere gartnerier for å redusere bruk av energi i veksthusproduksjon. Ved å lukke vinduene i veksthuset går varmeoverskuddet ikke tapt. Solenergi blir lagret om dagen/sommeren, ved å kjøle ned veksthuset og lagre overskuddsvarme i buffertank eller i underjordiske brønner (aquifers). Energien blir brukt til oppvarming om natten/vinteren. Opplegget stiller store krav til tekniske hjelpemidler og det ble tatt i bruk nye varmevekslingssystemer, luftfukting og tørkingssystemer, luftfordelingssystemer sammen med CHP anlegg (med avgassrensing), akkumulatortank (for kortvarig varmelagring) og aquifers (for langvarig varmelagring). For optimal regulering av varme og kjøling ble det utviklet en energi management system som styrer samspill mellom aquifers, buffertank, varmepumper og luftbehandling (Verheul, 2005). Konseptet viste å føre til en forbedring i energi effisiens på 34 % sammenlignet med et konvensjonelt veksthus (med CHP anlegg). Lukkete vinduer reduserer i tillegg direkte CO₂ utslippene fra veksthuset. Dyrkingsklima kan styres mer optimal, noe som også fører til redusert angrep av sykdommer og skadedyr. Konseptet og deler av konseptet (semi-lukket veksthus) er tatt i bruk i kommersiell veksthusproduksjon i Nederland siden 2003.

Bruk av Light Emitting Diodes (LED) belysning er en mulighet å redusere energiforbruk i veksthusproduksjon i framtiden. Til tross for tidligere løfter er lysutbyttet (i mikromol pr watt) for slike lampetyper fortsatt lavere enn for de høytrykknatriumdampslampene (SON-T) som brukes til vanlig.

10. Anbefalinger

Aktuelle tiltak for å redusere utslipp av klimagasser i norsk veksthusproduksjon er:

1. Valg av energikilde

Bruk av olje og gass er den største kilde til CO₂ utslipp i norsk veksthusproduksjon. Bruk av en fornybar energikilde vil redusere klimagassutslipp betraktelig. Dette gjelder særlig i tomatproduksjon, hvor hele 90 % foregår i Rogaland. De mest aktuelle mulighetene til å redusere klimagassutslipp er bruk av strøm og/eller bioenergi. Bruk av strøm er mest effektiv for å redusere klimagassutslipp, men kan kreve et annet dyrkingsopplegg i tomat. Et egnet opplegg ble utviklet ved Bioforsk Vest Særheim og prøvd ut med gode resultater i praksis (Verheul, 2008). I Rogaland utredes også bygging av gårdsbiogassanlegg basert på husdyrproduksjon. Bruk av biogass i kombinasjon med CHP (cogenerering) er effektiv for å redusere klimagassutslipp. Bruk av biogass kan bli aktuelt i praktisk produksjon hvis prisen på biogass nærmer seg prisen på naturgass. Noen produsenter på Østlandet har tatt i bruk biobrensel (flis, pellets eller halm). Bruk av spillvarme er tatt i bruk i Miljøgartneriet i Rogaland.

2. Valg av produksjonsopplegg

Både agurk og tomat kan produseres med samme type produksjonsopplegg med utvidet sesong eller helårsproduksjon ved bruk av tilleggslys. Overgang til helårsproduksjon ved hjelp av tilleggslys i tomatproduksjon kan redusere CO₂ utslipp pr enhet av produkt betraktelig.

3. Forbedring av energieffektivitet

Bruk av energi står for mesteparten av klimagassutslipp i de ulike gartneriene. Tiltak som forbedrer energieffektiviteten vil derfor også redusere CO₂ utslipp pr enhet produkt. Energieffektiviteten kan forbedres ved å øke avling pr enhet av energi og/eller ved å redusere bruk av energi pr enhet av produkt.

Avling pr enhet av energi kan økes ved:

- Forbedre gartnerens kunnskap om og styring av produksjonsutvikling
- Forbedre produksjonsmetoder (sesong-, helårs-, lysproduksjon)
- Bruk av plantevekster eller sorter med bedre energiutnyttelse
- Redusere utgang på grunn av sykdommer og/eller skadedyr (klimaregulering har ført til bedre kontrollmuligheter)

Bruk av energi pr enhet av produkt kan reduseres ved:

- Bruk av energireduserende tiltak og teknikker (bruk av energiskjerm (kan gi opptil 30 % reduksjon i energiforbruk), tekkematerialer, luftbehandlingssystemer)
- Forbedre gartnerens kunnskap om sammenhengen mellom energibruk, bruk av energireduserende tiltak og avlingsutvikling
- Bedre utnytting av energikildene (bruk av varmepumper, restvarme, cogenereringsanlegg (CHP), varmelagring (buffertank, underjordisk varmelagring bør undersøkes), energimanagement systemer og LED belysning (i tilfelle når den blir mer energieffektiv i framtiden))

4. Redusere CO₂ utslipp av andre kilder:

Bruk av veksttorv er en betydelig kilde for CO₂ utslipp ved produksjon av potteplanter og ikke minst ved produksjon av økologiske veksthusgrønnsaker. Kompostering og gjenbruk av veksttorv vil kunne redusere CO₂ utslipp pr enhet produkt særlig i økologisk produksjon

med opptil 0,3 kg CO₂ ekvivalenter pr kg tomat eller agurk. Gjenbruk av emballasje kan redusere CO₂ utslipp med ca 0,05 kg CO₂ ekvivalenter pr produsert enhet. Resirkulering av gjødselvann reduserer bruk av gjødsel og dermed CO₂ utslipp med ca 0,02 kg CO₂ ekvivalenter pr enhet produkt. Bruk av aluminium er den største forurensingskilde i veksthusbygningen.

Tas også omsetningen av veksthusprodukter med i betraktning, kan CO₂ utslipp reduseres mye med en reduksjon av svinn. Bedre logistikk, bedre lagringsmetoder og en raskere omsetning kan ha et vesentlig bidrag.

For å kunne øke konkurransekraft i Norsk veksthusproduksjon er det viktig å velge tiltak som støtter de norske komparative fordelene.

11. Konklusjon

Resultatene viser at det er store forskjeller i klimagassutslipp til produksjon av ulike veksthusprodukter i Norge. Det er også store forskjeller mellom ulike gartnerier. Klimagassutslipp i ulike gartnerier til produksjon av agurk varierte fra 0,64 til 2,01 kg CO₂ ekvivalenter pr kg, til tomat fra 3,79 til 5,82 kg CO₂ ekvivalenter pr kg, til salat fra 0,17 til 0,67 kg CO₂ ekvivalenter pr stk og til potteplanter fra 0,13 til 0,53 kg CO₂ ekvivalenter pr stk. Disse variasjonene gir gode muligheter til å redusere klimagassutslipp i norsk veksthusproduksjon framover.

Hovedårsaken for CO₂ utslipp for veksthusprodukter i de undersøkte gartneriene er, ikke overraskende, knyttet til bruk av energi. I gjennomsnitt for agurk, tomat, salat og potteplanter var henholdsvis 83, 94, 55 og 26 % av CO₂ utslippene knyttet til bruk av energi. Bruk av gass, både naturgass og propan til oppvarming og CO₂ gjødsling, står for mesteparten av CO₂ utslippene i agurk og tomatproduksjon, henholdsvis 63 og 93 %. Utslipp knyttet til bruk av elektrisitet, for både oppvarming og belysning, er betydelig lavere, henholdsvis 13 (agurk), 1 (tomat), 6 (salat) og 18 % (potteplanter). Bruk av lett fyringsolje, for oppvarming, bidrar til 7 (agurk), 0 (tomat), 25 (salat) og 8 % (potteplante) av utslippene pr produsert enhet.

Andre innsatsfaktorer som bidrar til klimagassutslipp er bruk av veksttorv (28 % i potteplanteproduksjon og 7 % i økologisk tomatproduksjon), bruk av ren CO₂ gjødsel (henholdsvis 6 (agurk), 0 (tomat), 9 (salat) og 13 % (potteplanter), emballasje (henholdsvis 3 (agurk), 1 (tomat), 22 (salat) og 17 % (potteplanter) og veksthusbygning samt forbruk av øvrige produksjonsmateriale (henholdsvis 4 (agurk), 2 (tomat), 6 (salat) og 10 % (potteplanter)).

Årsaker til variasjon i CO₂ utslipp for ulike produkter og mellom ulike gartnerier er knyttet til:

1. Valg av energikilde.

Fossile energikilder bidrar mest til klimagassutslipp. Samlet for de 15 gartnerier står elektrisitet for 74 % av energiforbruket og 15 % av klimagassutslippet, mens olje og gass står for 26 % av energiforbruket og 85 % av utslippet. Gass og olje bidro henholdsvis med 76 og 9 % av klimagassutslippet tilknyttet til bruk av energi.

2. Energiforbruk i kWh pr enhet av produkt.

Årsaker til variasjoner i energiforbruk pr enhet av produkt i de ulike gartneriene er både biologiske (kulturens behov for energi i form av lys og varme, produktstørrelse og produksjonstid), tekniske (bruk av vekstlys, skyggegardiner, oppvarming og lufting, veksthusstype) og måten hvordan biologiske og tekniske behovene blir kombinert (valg av produksjonsopplegg, klimastyring, energieffektivisering, kunnskap). I produksjonsopplegg hvor det brukes energi til både lys og varme blir det produsert flere enheter pr m² med mindre CO₂ utslipp pr enhet av produkt enn i opplegg hvor energien bare blir brukt til varme.

3. Bruk av andre innsatsfaktorer.

Bruk av veksttorv, ren CO₂ gjødsel og emballasje (plast, papp og potter) bidrar til variasjoner i CO₂ utslipp.

Aktuelle tiltak for å redusere utslipp av klimagasser i norsk veksthusproduksjon er:

1. Valg av fornybare energikilder.

Valg av fornybare energikilder er nødvendige for å redusere klimagassutslipp i norsk veksthusproduksjon, særlig i tomatproduksjon. Dyrkingsforholdene for veksthusproduksjon

i Norden krever energi i form av både lys og varme. De mest aktuelle energikilder er norsk el kraft (basert på vannkraft eller eventuelle andre fornybare energikilder), bioenergi (biogass eller biobrensel), solenergi (varmelagring) og evt. vindenergi. Biodiesel er mindre aktuelle, da den gir mer klimagassutslipp en naturgass med cogenerering.

2. Redusere energiforbruk pr enhet av produkt.

Energien som blir brukt i veksthusproduksjon kan brukes mer effektivt ved å øke kunnskapsnivået og ved å ta i bruk nye tekniske og biologiske hjelpemidler. Avling pr enhet av energi kan økes ved å forbedre produksjonsmetoder og kunnskap om styring av produksjon med hensyn til energi (klimastyring) og evt. bruk av plantevekster eller sorter med bedre energiutnyttelse. Bruk av energi pr enhet av produkt kan reduseres ved å ta i bruk tekniske hjelpemidler som energiskjerm, varmevekslere og ventileringsystemer. Eksisterende energikildene kan brukes mer effektiv med bruk av varmepumper, cogenereringsanlegg (CHP), varmelagring (buffertank, underjordisk lagring), energimanagement systemer og LED belysning (i tilfelle når den blir mer energieffektiv i framtiden).

3. Redusere klimagassutslipp av andre innsatsfaktorer

Kompostering og gjenbruk av veksttorv, gjenbruk av emballasje og resirkulering av gjødselvann vil bidra til videre reduksjon i klimagassutslipp, særlig ved produksjon av potteplanter, salat og økologiske veksthusgrønnsaker.

Komparative fordeler for veksthusdyrking som en har i Norge i forhold til andre land bør utnyttes bedre og mer bevist for å utvikle konkurransedyktig produksjon. Det finnes gode muligheter å redusere klimagassutslipp for norske veksthusprodukter til et lavere nivå enn for importerte produkter.

12. Kilder

- Blonk, H., Kool, A., Luske, B., Ponsioen, T. (2009). Berekening van broeikasgasemissie door de productie van tuinbouwproducten. *Rapport Blonk Milieuadvies BV Gouda*.
- Bævre, O.A., Bø, Ø, Jelsa, R., Randaberg E og Verheul, M.J (2006). Energi til norsk veksthusnæring. *Bioforsk Rapport 1 (119) 2006 : 1:36*
- Defra (2009). Life Cycle Assessment og Ultra Efficient Lamps. Department for Environment, Food and Rural Affairs, May 2009.
- Grimstad, S.O. (1991). Vinterproduksjon av veksthusgrønnsaker. *Norsk Landbruksforskning* 5: 333-341.
- Halberg N., Rasmussen M.D (2006). Miljøvurdering af konventionel og økologisk avl af grøntsager. *Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr 5. Danmark*
- Hansen, O.B. (2007). Tomatforskning: Rasjonell produksjon med høy kvalitet hele veien. *Gartneryrket 2, 2007: 16-17*.
- NGF (2007). Energiundersøkelse 2006: 1-13.
- NVE (2007). Håndbok nr 1-07. Kostnader ved produksjon av kraft og varme.
- SSB (2008). Veksthus- og planteskoletelling 2007. Endelige tall 2006. Statistisk Sentralbyrå.
- Teknologirådet (2008). Matens klimaspør. *Teknologirådet rapport. 1: 1-46*.
- Verheul, M.J. og S.O. Grimstad (2000). Tilleggslys til tomat kan fordoble avlingen. *Gartneryrket 11, 2000*.
- Verheul, M.J. (2005). 'Lukket veksthus' konseptet. *Notat Planteforsk Særheim, 14.09.05*.
- Verheul, M.J. and Grimstad, S.O (2005). Effects of light on production and quality of greenhouse vegetables grown at northern latitudes. *Proceedings First International Workshop on Growing Plants for Increased Nutritional Value*. University of Stavanger, May 12th -14th 2005.
- Verheul, M.J. (2006). FoU i veksthus tomat. *Oppsummeringsmøte tomatprodusenter, Forus, 18.12.06*.
- Verheul, M.J. (2008). FoU på tomat ved Bioforsk Vest Særheim. *Fagmøte for tomatprodusenter, Rennesøy, 24.04.2008*.
- Verheul, M.J. (2008). Lønnsom produksjon av økologiske veksthusgrønnsaker. *Gartneryrket 4 (2008)*.
- Verheul, M.J. og Maessen, H. (2008). Produksjonsplanlegging i tomat. Registrering og resultater sesong 2008. *Møte nettverksgruppe i tomat, Bioforsk Vest Særheim*.

Williams, A.G., Audsley, E., Sandars, D.L. (2006). Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. *Main Report. Defra Research Project ISO205. Bedford: Cranfield University and Defra.* Available on www.silsoe.cranfield.ac.uk, and www.defra.gov.uk

www.formflex.nl

13. Vedlegg

Vedlegg 1 Spørreskjema sendt ut til produsenter.

Rådata LCA					
Gartneri					
Adresse					
Kontaktperson					
Epost					
Tlf					
Avdeling					Merknad
Produkt					
Mengde					
Innsatsfaktorer					
Faste installasjoner	Totalt	Enhet	Avd	Avd	Merknad
Veksthus, byggeår					Merknad
Veksthus, restaurering					
Veksthus, glass		m2			
Veksthus, glass tak PC vegg					
Veksthus, Akryl/PC		m2			
Veksthus Plast		m2			
Skyggeanlegg					
Kortdagsanlegg					
Bord		m2			
Renner		m2			
Betonggulv		m2			
Betong, ringmur		m			
Andre driftsbygninger					
Kjele olje		kW			
Kjele gass		kW			
Kjele bio		kW			
Kjele 2		kW			
Varmepumpe		kW			
Resirkulering gjødselvann		% resirkulert			
Variablet forbruk					
Innsatsfaktor	Totalt	Enhet	Avd	Avd	Merknad
Avd					
Olje					
Strøm					
Strøm-styrestrøm, kjøler etc					
Naturgass					
Propangass					
Bioenergi					
Torv					
Steinull					
Perlite					
Plastpotter					
Kunstgjødsel					
Organisk gjødsel					
Flytende CO2					
Småplanter					
Emballasje, papp					
Emballasje, plast					
Nyttedyr					
Plantevernmidler					
Arbeid					

Avfall

Avfallshåndering torv/planterester

Transport

Transport ut - km til grossist

Transport ut - transportmiddel

Transport inn - flytende CO2

Transport inn - diverse

Vedlegg 2. Oversikt over prosessene som er brukt i SimaPro samt kilder og databaser for innsatsfaktorene i veksthusproduksjon (tabell 2).

Innsatsfaktorer	Prosesser brukt i SimaPro	Kilde
Elektrisitet	Electricity, low voltage, production NO, at grid/NO S	Ecoinvent
Lett fyringsolje	Light fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating/CH S	Ecoinvent
Gass (propan)	Heat, natural gas, at industrial furnace low-NOx > 100kW/RER S	Ecoinvent
Gjødsel CO ₂		Ecoinvent
Gjødsel, N	Fertiliser (N)	Ecoinvent
Gjødsel, P	Fertiliser (P)	Ecoinvent
Gjødsel, K	Fertiliser (K)	Ecoinvent
Gjødsel, Mg	Magnesium oxide, at plant/RER S	Ecoinvent
Grodan Rockwool	Grodan (rockwool for horticulture)	LCA- food
Perlite	Expanded perlite, at plant/CH S	Ecoinvent
Veksttorv	Veksttorv	Blonk (2009)
Plantevern	Pesticide unspecified, at regional storehouse/RER S	Ecoinvent
Vann	Water (tap)	LCA-food
Nylon (tråd, potter, skyggeanlegg)	Nylon	LCA-food
Stål (kroker)	Tin plate 50 % scrap	BUWAL 250
Plast (plastfolie)	Packaging film, LDPE, at plant/RER S	Ecoinvent
Småplanter	Small plants	LCA Food, modifisert
Papp (eske)	Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/CH S	Ecoinvent
Glass	Glass, 4 millimeter	Ecoinvent
PVC (kanalplater)	PVC I	IDEMAT 2001
Stål (konstruksjon, varmerør)	Reinforcing steel, at plant/RER S	Ecoinvent
Betong	Concrete, reinforced I	IDEMAT 2001
Aluminium (sprosser, rullebord)	Aluminium, alloy, at plant/RER S	Ecoinvent
Aluminium (skyggeanlegg)	Aluminium foil	BUWAL 250
Dyrkingsrenne	X5CrNi18(304)l	IDEMAT 2001
Aluminium (reflektorhus)	Aluminium, production mix, at plant/RER S	Ecoinvent
Ledning	Cable, three-conductor cable, at plant/GLO S	Ecoinvent
Lyspære (400 W-HPS)	Lyspære	Defra (2009)

Vedlegg 3. Oversikt over prosessene brukt i SimaPro (Ecoinvent v 2.0) til beregning av klimagassutslipp (i CO₂ ekvivalenter pr kWh varme) for ulike brenseltyper (Figur 42).

Life-Cycle CO ₂ eq emissions of energy production from several sources		
Ecoinvent v2.0 process:	Simplified Name	Global warming (GWP100) kg CO ₂ eq per kWh
Electricity, low voltage, production NO, at grid/NO U	Elec Norway Mix	0.016973808
Heat, softwood chips from forest, at furnace 50kW/CH U	Chip Boiler	0.024589306
Heat, at cogen with biogas engine, allocation exergy/CH U	Biogas Heating 2	0.029238147
Heat, at cogen with biogas engine, agricultural, allocation exergy/CH U	Biogas Heating 1	0.032518892
bio oil-rape, burned in boiler 100kW, non-modulating/CH U	Bio- Rape Seed Oil	0.199097265
Electricity, low voltage, production NORDEL, at grid/NORDEL U	Elec NORDEL Mix	0.211363261
Heat, natural gas, at boiler modulating <100kW/RER U	Natural gas	0.27250524
Heat, light fuel oil, at boiler 100kW, non-modulating/CH U	LFO heating	0.337308983

