

Faglig redegørelse og teknologiliste 2018 til brug i forbindelse med ordningen vedrørende tilskud til investeringer i nye teknologier

Udarbejdet af: Peter Kai¹, Michael Jørgen Hansen¹, Michael Nørremark¹, Bo Melander³, Peter Kryger Jensen³, Jørn Nygaard Sørensen², Carl-Otto Ottosen², Hanne Lindhard Pedersen², Karen Koefoed Petersen² og Lene Birksø Bødskov¹

¹Aarhus Universitet, Institut for Ingeniørvidenskab

²Aarhus Universitet, Institut for Fødevarer

³Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

Indholdsfortegnelse

Forord	6
Æg & Fjerkræ, konventionel inkl. friland	7
1. Reduktion af ammoniakudledningen	7
1.1 Gødningsbånd i hønsesalder med etagesystem (skrabe- eller fritgående høner)	7
1.2 Gødningsbånd i opdrætsstalde med etagesystem (hønniker)	10
1.3 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i slagtekyllingestalde (konventionelle og skrabe slagtekyllinger)	10
1.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (skrabe- eller fritgående høner)	13
1.5 Gylletank til lagring af gødning fra hønnikeopdræt opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (hønniker)	16
1.6 Overdækning af gylletanke indeholdende fjerkrægødning	16
2. Reduktion af energiforbruget	18
2.1 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i konventionelle slagtekyllingestalde	18
2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde	18
2.3 LED-lys i opdrætsstalde til hønnikeproduktion	20
2.4 LED-lys i hønsesalder (skrabe- eller fritgående høner)	20
2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde ..	20
2.6 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i konventionelle slagtekyllingestalde.....	23
2.7 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i stalde til æglæggende høner (skrabe- eller fritgående høner)	24
2.8 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i stalde til æglæggende høner (skrabe- eller fritgående høner)	24
2.9 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i opdrætsstalde (hønniker).....	25
2.10 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i opdrætsstalde (hønniker)	25
2.11 Opvarmning af slagtekyllingestalde med varmerør og regulérbar cirkulationspumpe (konventionelle slagtekyllinger)	25
Æg & Fjerkræ, økologisk	27
3. Reduktion af ammoniakudledningen	27
3.1 Gødningsbånd i hønsesalder med etagesystem (økologiske høner).....	27
3.2 Gødningsbånd i opdrætsstalde med etagesystem (økologiske hønniker)	27
3.3 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i slagtekyllingestalde (økologiske slagtekyllinger)...	28

3.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (økologiske høner)	28
3.5 Gylletank til lagring af gødning fra hønnikeopdræt opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (økologiske hønniker)	29
3.6 Overdækning af gylletanke indeholdende økologisk fjerkrægødning	29
4. Reduktion af energiforbruget	30
4.1 Varmeveksler i økologiske slagtekyllingestalde	30
4.2 LED-lys i økologiske slagtekyllingestalde	30
4.3 LED-lys i opdrætsstalde til økologisk hønnikeproduktion	30
4.4 LED-lys i hønsestalde med etagesystem (økologiske høner)	31
4.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i økologiske slagtekyllingestalde	31
4.6 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i økologiske slagtekyllingestalde.....	32
4.7 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i stalde til æglæggende høner (økologiske høner).....	32
4.8 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i stalde til æglæggende høner (økologiske høner).....	33
4.9 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i opdrætsstalde (økologiske hønniker).....	33
4.10 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer i opdrætsstalde (økologiske hønniker)	34
4.11 Opvarmning af slagtekyllingestalde med varmerør og regulérbar cirkulationspumpe (økologiske slagtekyllinger)	34
Gartneri	35
5. Reduktion af energiforbrug	35
5.1 Trempler til isolering af væksthuses nordvendte vægge (og evt. tag)	35
5.2 Højisolerende to- eller flerlags dækkematerialer til isolering af væksthuse.....	36
5.3 Gardinanlæg til isolering af væksthuse	40
5.4 Kaloriferer til væksthuse	44
5.5 Klimacomputer til dynamisk klimastyring i væksthuse	45
5.6 LED belysning i væksthuse.....	46
5.7 Hybridinstallation med SONT og LED lamper til væksthuse.....	47
6. Reduktion af næringsstofforbruget	49
6.1 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthusproduktion af tomat og agurk	49
6.2 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthusproduktion af grøntsager, bær og potteplanter	50
6.3 Gødningsanlæg til styring af gødning i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer	50
6.4 Recirkulering af gødevand i væksthusproduktion af tomat og agurk	51
6.5 Recirkulering af gødevand i væksthusproduktion af grøntsager, bær og potteplanter.....	52

6.6 Recirkulering af gødevand i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer	53
7. Reduktion af pesticidforbruget.....	54
7.1 Rækkedyrkningsystemer.....	54
7.2 Båndsprøjtning	55
7.3 Sprøjteteknologi: Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske.....	56
7.4 Sprøjteteknologi: Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter	56
7.5 Sensorbaseret ukrudtssprøjte	57
7.6 Lugerobot til rækkeafgrøder af grøntsager.....	58
7.7 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager.....	59
7.8 Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer.....	61
7.9 Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bæravl	62
7.10 Tunneler til dyrkning af bær.....	62
7.11 Tunneler til dyrkning af grøntsager.....	64
7.12 Regntag over frugt og bær	65
7.13 Høstmaskine til skånsom høst af bær	65
7.14 Vandrensning af recirkuleret vandingsvand.....	66
Planteavl	70
8. Reduktion af pesticidforbruget	70
8.1 Autostyring og sektionsafblænding af sprøjte	70
8.2 Sensorbaseret ukrudtssprøjte	71
8.3 Radrensere med rækkestyringssystem og sektionsstyring i rækkeafgrøder.....	72
8.4 Kornradrensere med rækkestyringssystem og sektionsstyring	74
8.5 Ukrudtsstrigle (ukrudtskarve)	75
8.6 Kartoffelradrenser	76
9. Reduktion af næringsstofforbruget, økologisk planteavl	78
9.1 Nedfælding af gylle i voksende korn og blandsæd.....	78
Definitioner / ordliste	80
Æg & Fjerkræ, konventionel inkl. friland og økologisk.....	80
Nettoareal	80
Fritgående høner.....	81
Nytteareal.....	81
Overfladeareal (gylletank).....	81
Skrabehøner	81

Økologiske høner	81
Standardmiljøeffekt	81
Referencer	83

Forord

Nærværende rapport er udarbejdet af forskere ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (AU/DCA) på bestilling fra Landbrugsstyrelsen (LBST). Rapporten er udarbejdet som led i ”Aftale mellem Aarhus Universitet og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening m.v. ved Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, 2016-2019”.

Rapporten giver en teknologibeskrivelse af forskellige miljøteknologier, som LBST har ønsket at Aarhus Universitet udregner standard miljøeffekt for. Rapporten anvendes af LBST til prioritering af ansøgninger i anledning af Miljø- og Fødevareministeriets miljøteknologiordning 2018, omfattende tilskud til investeringer i miljøteknologier i den primære jordbrugsproduktion.

Miljøteknologiordningen er målrettet tilskud til investeringer i ny teknologi inden for følgende ni indsatsområder: 1) Æg og fjerkræ konventionel inkl. friland, reduktion af ammoniakudledning 2) Æg og fjerkræ konventionel inkl. friland, reduktion af energiforbruget 3) Æg og fjerkræ økologi, reduktion af ammoniakudledning 4) Æg og fjerkræ økologi, reduktion af energiforbruget 5) Gartneri, reduktion af energiforbruget 6) Gartneri, reduktion af næringsstofforbruget 7) Gartneri konventionel, reduktion af pesticidforbruget 8) Planteavl konventionel, reduktion af pesticidforbruget 9) Planteavl økologi, Reduktion af næringsstofforbruget.

I opdraget fra LBST er det beskrevet, at for at en teknologi kan komme i betragtning til medtagning i nærværende rapport, skal der være tale om en teknologi med en miljøforbedring til følge.

Reduktionssatsen varierer mellem hvert indsatsområde. I indsatsområde ”Æg og Fjerkræ” er kun teknologier med en ammoniakreducerende effekt på mindst 15 % og en energibesparende effekt på mindst 30 % medtaget, set i forhold til ”standardteknologi”. For pesticidbesparende teknologier for Gartneri og Planteavl er minimumseffekten sat til 10 %, mens minimumseffekten er sat til 5% for pesticidreducerende teknologier for Planteavl. For energibesparelse i Gartneri gælder, at reduktionen skal være mindst 10 %. For næringsstofbesparelse i både Gartneri og Planteavl er det ligeledes minimum 10 %.

Rapporten blev første gang udarbejdet i 2010 og er siden opdateret i 2011, 2012, 2014, 2015 og 2016.

AU Foulum, maj 2018

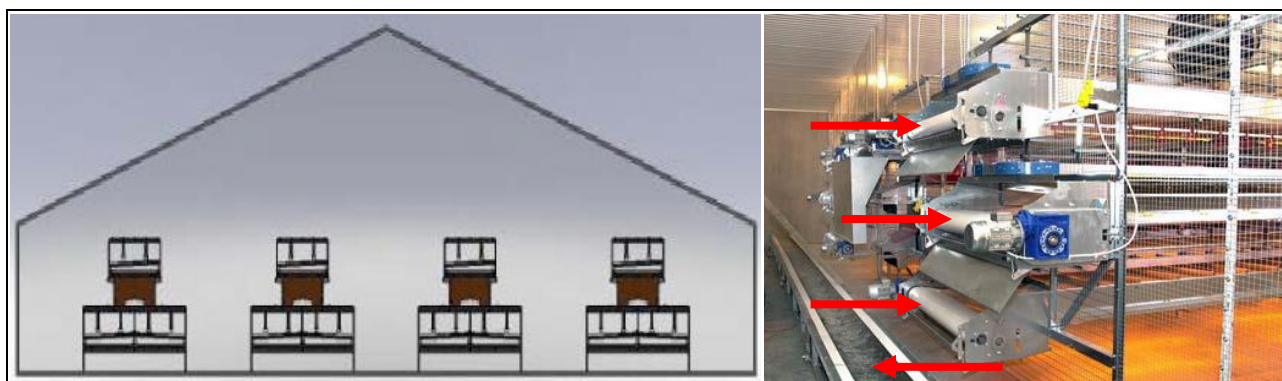
Æg & Fjerkræ, konventionel inkl. friland

1. Reduktion af ammoniakudledningen

1.1 Gødningsbånd i hønsestalde med etagesystem (skrabe- eller fritgående høner)

Også gældende for teknologierne: 1.2, 3.1, 3.2

Etagestalde er stalde til skrabehøner, fritgående høner, økologiske høner, hvor der i tillæg til gulvarealet etableres op til to plateauer over gulvet, som hønerne frit kan bevæge sig mellem og opholde sig på. Foder- og vandforsyning samt redekasser forefindes på plateauerne. Etagesystem anvendt til opstaldning af æglæggende høner skal have gødningsbånd under hvert af plateauerne jf. bekendtgørelse om beskyttelse af æglæggende høner (BEK nr. 881 af 28/06/2016) som sikring for, at gødningen ikke falder ned på det underliggende plateau. Gødningen på gødningsbåndene afleveres for enden af etagerækkerne i en tværkanal/transportbånd, som transporterer gødningen ud af stalden (Figur 1.1).



Figur 1.1. Tv: Snit af æglæggestald med etagesystem med gødningsbånd (tegning: Miljøstyrelsen, 2011a). Th: Foto visende etagesystem med gødningsbånd (røde højre-pile), som afleverer fjerkrægødningen for enden af systemet i et tværkanal/transportbånd (rød venstre-pil), der transporterer gødningen ud af stalden (Foto: Miljøstyrelsen 2011b).

Det skønnes, at 75 % af gødningen i skrabeægsstalde og 70 % af gødningen i stalde til fritgående og økologiske høns falder på gødningsbåndene (Kai et al., 2016a). Ved hyppig drift (1-3 gange ugentligt) fjernes hovedparten af gødningen således fra stalden til ekstern lagring eller udbringning, inden der sker væsentlig nedbrydning af gødningens indhold af urinsyre til ammonium og ammoniak. Dette bevirker, at ammoniakemissionen fra stalden er lavere sammenlignet med det traditionelle gulvsystem med gødningskumme. Gulvarealet tilføres strøelse og fungerer som hønernes skrabeområde.

Gødningsbånd i stalde med etagesystem til opdræt af hønniker

Etagesystem findes også i stigende grad i stalde til hønnikeopdræt. Når hønnikerne i en tidlig alder lærer at færdes på de forskellige plateauer, styrkes deres muskulatur, og som konsumægshøner er de mindre tilbøjelige til at lægge æg på gulvet i stedet for i rederne. Etagesystem til hønnikeopdræt findes både med og uden gødningsbånd. Gødningsbånd er påkrævet for, at systemet kan benyttes med hyppig ud-mugning og dermed forventes at være forbundet med en reduceret ammoniakemission.

Miljøeffekter

Energi og klimagasser. Der bruges strøm til at drive gødningsbåndene ved udmugning. Elforbruget vurderes dog at være uden større betydning for det samlede energiforbrug. Etablering af etagesystem med gødningsbånd og hyppig tømning af gødningsbåndene medfører et lavere denitrifikationstab på ca. 4,8 kg N/100 årshøner fra stald og gødningslager sammenlignet med gulvsystem med gødningskumme. En ikke kendt andel af denitrifikationstabet udgøres af lattergas, som er en potent drivhusgas. Det sparede denitrifikationstab kan derfor ikke omsættes kvantitativt til CO₂-ækvivalenter.

Ammoniak. Miljøeffekten afhænger af såvel produktionsform som udmugningshyppighed. Ved tømning af gødningsbåndene tre gange om ugen reduceres ammoniaktabet fra stald og gødningslager med 65-67 % sammenlignet med en stald med gødningskumme (Provstgaard & Cortina, 2009).

Standardmiljøeffekten er baseret på beregnede ammoniaktab fra stald og gødningslager fordelt på nettostaldarealet og fremgår af nedenstående Tabel 1.1.

For stalde til fritgående høner og økologiske høner antages det, at hønerne har permanent adgang til det befæstede verandaareal, hvorfor det er indregnet i nettostaldarealet.

For hønniker fremgår ammoniaktabene fra stald og gødningslager ligeledes af Tabel 1.1. Tallene er skønnede, idet der ikke er udarbejdet officielle tabsfaktorer for stalddtab og lagertab i normtal for husdyrgødning for denne staldtype til hønnikeopdræt. Effekten af hyppig udmugning er ligeledes skønnet og baseret på den dokumenterede effekt fra æglæggende høner.

Tabel 1.1. Effekt på ammoniakemissionen fra konsumægsproduktion og hønnikeopdræt ved etablering af etagesystem med gødningsbånd (tømning 3 gange pr. uge) sammenlignet med gulvdrift + gødningskumme (bidrag fra stald og gødningslager). Standardmiljøeffekten er beregnet på grundlag af staldens nettostaldareal.

Skrabehøner , gulvdrift + gødningskumme, kg NH ₃ -N/100 årshøner	29,7
Skrabehøner, etagesystem med gødningsbånd, kg NH ₃ -N/100 årshøner	10,3
Reduktion, kg NH ₃ -N/100 årshøner	19,4
Antal årshøner/høneplads	0,92
Nettostaldareal, m ² /100 hønepladser	5,83
Standardmiljøeffekt, kg NH₃-N/år pr. m²	3,3
Fritgående høner , gulvdrift + gødningskumme, kg NH ₃ -N/100 årshøner	27,5
Fritgående høner, etagesystem med gødningsbånd, kg NH ₃ -N/100 årshøner	9,2
Reduktion, kg NH ₃ -N/100 årshøner	18,3
Antal årshøner/høneplads	0,92
Nettostaldareal, m ² /100 hønepladser	7,24 ¹
Standardmiljøeffekt, kg NH₃-N/år pr. m²	2,5
Økologiske høner , gulvdrift + gødningskumme, kg NH ₃ -N/100 årshøner	31,0
Økologiske høner, etagesystem med gødningsbånd, kg NH ₃ -N/100 årshøner	10,4
Reduktion, kg NH ₃ -N/100 årshøner	20,6
Antal årshøner/høneplads	0,92
Nettostaldareal, m ² /100 hønepladser	12,2 ¹
Standardmiljøeffekt, kg NH₃-N/år pr. m²	1,7
Hønniker, gulvdrift, kg NH ₃ -N/1.000 producerede hønniker	3,1
Hønniker, etagesystem med gødningsbånd, kg NH ₃ -N/1.000 producerede hønniker	1,6
Reduktion, kg NH ₃ -N/1.000 producerende hønniker	1,6
Antal producerede hønniker/år pr. hønnikeplads	2,45
Nettostaldareal, m ² /1.000 hønniker	2,18
Standardmiljøeffekt, kg NH₃-N/år pr. m²	1,8

Forudsætninger: Beregningerne er baseret på 100 årshøner eller 1.000 producerede hønniker. Gødningsafsætning er fordelt på henholdsvis gødningsbånd og dybstrøelse med: skrabehøner: 75 % / 25 %, fritgående og øko-høner: 70 % / 20 % og hønniker: 67 % / 33 %. Ammoniaktab fra gødning på gødningsbånd: 3,4 % af total-N ab dyr ved tømning af gødningsbåndene 3 gange om ugen. Ammoniaktabet fra dybstrøelsen: 25 % af total-N ab dyr. Tab under lagring: 5 % af total-N ab stald i form af ammoniak-N og 10 % af total-N ab stald i form af denitrifikation. Tallene for hønnikestalde med etagesystem er baserede på stalde fra æglæggende høner, da der ikke findes måledata for hønnikeopdræt.

¹For stalde til fritgående høner og økologiske høner er befæstet verandaareal indregnet i nettostaldarealet, idet det antages, at hønerne har permanent adgang til verandaarealet.

Levetid

Levetiden af etagesystemets faste strukturer skønnes at være 20 år, og gødningsanlægget (transportør med gødningsbånd) skønnes at have en levetid på 10 år.

1.1 Gødningsbånd i hønsestalde med etagesystem (skrabe- eller fritgående høner)			
Formål: Ammoniakreduktion ved hyppig fjernelse af gødning fra stalden			
Anvendelse: Stalde til skrabe- eller fritgående høner			
Teknologi: Gødningsbånd			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,5 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	10	25 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² nettostaldareal med skrabe- eller fritgående høner

1.2 Gødningsbånd i opdrætsstalde med etagesystem (hønniker)

Se afsnit ”1.1 Gødningsbånd i hønsestalde med etagesystem (skrabe- eller fritgående høner)”.

1.2 Gødningsbånd i opdrætsstalde med etagesystem (hønniker)			
Formål: Ammoniakreduktion ved hyppig fjernelse af gødning fra stalden			
Anvendelse: Stalde til opdræt af hønniker			
Teknologi: Gødningsbånd			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,8 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	10	18 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² nettostaldareal med hønniker

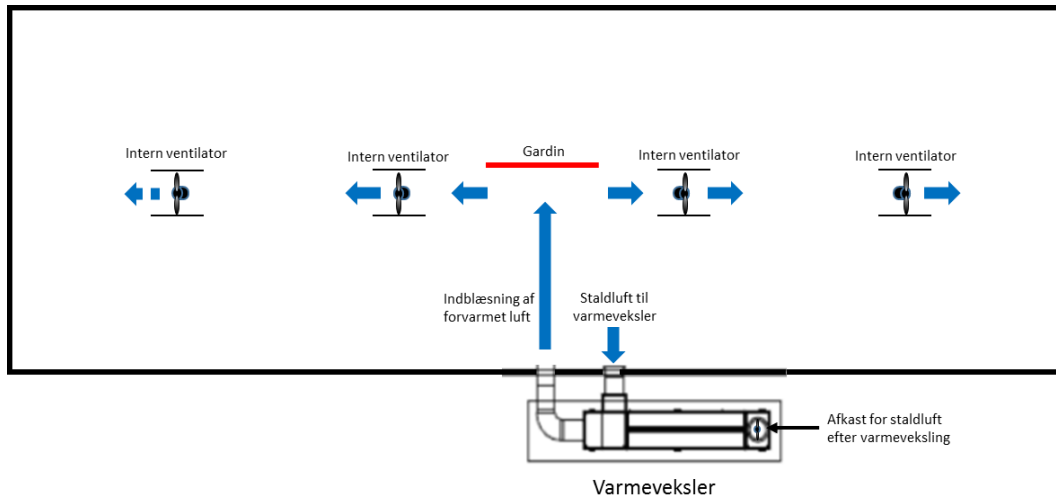
1.3 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i slagtekyllingestalde (konventionelle og skrabe slagtekyllinger)

Også gældende for teknologierne: 2.1, 3.3, 4.1

Ved varmeveksler forstås luft-til-luft varmevekslere, der i drift anvendes til varmegenindvinding og ammoniakreduktion (afhængig af model) i slagtekyllingestalde.

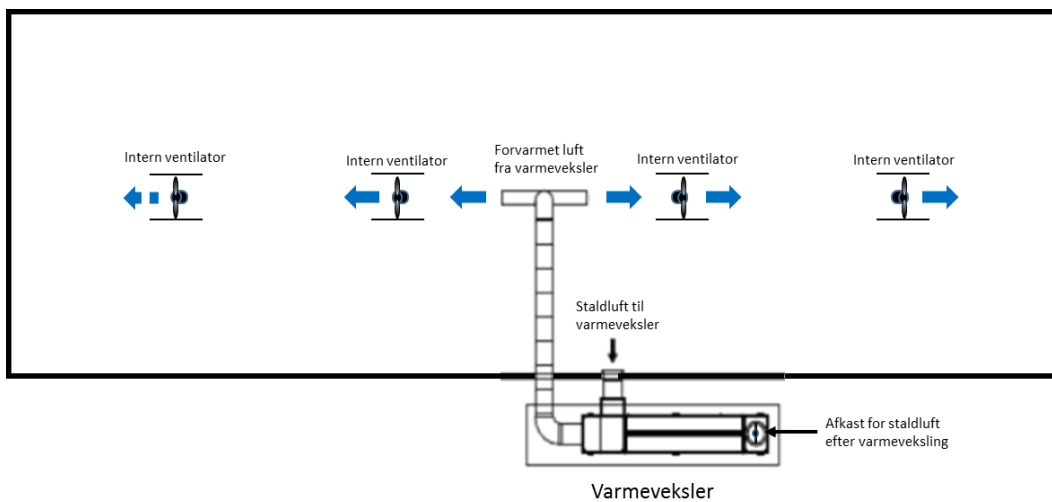
Luft-til-luft varmevekslere fungerer i kyllingestalde ved, at varm afkastluft fra stalden ledes til varmeveksleren, hvor varmen i afkastluften veksles med kold indgående luft. Ved afkøling af den varme luft vil der, afhængig af lufttemperatur og –fugtindhold, ske fortætning af vand, hvorfor varmeveksleranlæg producerer kondensvand indeholdende ammoniak og støv og som bør behandles som flydende gødning. Dertil kommer vaskevand fra rengøring af anlæggene. Installering af interne cirkulationsventilatorer i kyllingestalden sikrer endvidere en bedre fordeling af den tilførte varme i staldrummet og har som sidegevinst, at ammoniakemissionen reduceres, formodentligt som følge af en udtørring af gødningsmåtens overflade.

Anlægget består af et kabinet indeholdende varmeveksler-unit(s) og ventilator(er), som monteres uden for stalden. Varmeveksleren forbindes til stalden via ventilationsrør for hhv. luftudsugning og luftindblæsning. Luftindblæsningen blæser luften fra varmeveksleren op under kippen i stalden i en opadrettet vinkel svarende til taghældningen. Under tagkippen monteres et gardin, som bremser luften, mens op-hængte, interne luftfordelingsventilatorer leder luften i staldens længderetning.



Figur 1.2. Planskitse af kyllingestald med eksempel på varmeveksler-løsning, hvor den forvarmede luft fra varmeveksler blæses i en opadrettet bevægelse mod tagkip. Et gardin ophængt under kippen skal bremse luften og lede den i staldens længderetning mod facaderne. Denne løsning kan benyttes, hvis det kun er en energibesparelse, der er målet.

Ét varmeveksler-fabrikat har en dokumenteret ammoniakreducerende effekt, hvilket fremgår af Miljøstyrelsens teknologiliste. Denne varmeveksler er testet med en opbygning, hvor den forvarmede luft føres til tagkip ved hjælp af et ventilationsrør påmonteret et T-stykke i toppen (figur 1.2.a). Hvis anlægget skal kunne indgå i en miljøgodkendelse af stalden med en ammoniakreducerende effekt, skal denne anlægsopbygning benyttes.



Figur 1.2a. Planskitse af kyllingestald med eksempel på varmeveksler-løsning, hvor den forvarmede luft fra varmeveksler føres til tagkip via ventilationsrør. Denne løsning skal benyttes, hvis den ammoniakreducerende effekt skal bruges i forbindelse med miljøgodkendelse af stalden.

Miljøeffekter

Energi og klimagasser. Energi til opvarmning af stalde uden varmevekslere varierer efter årstid og staldtype, men svinger omkring 2,2 kWh pr. kylling (baseret på rentabilitetsmålinger for enkelte bedrifter fra Trioiva, citeret i Jakobsen, 2012). Det stemmer overens med Johansen (2012), der beregnede et varmeforbrug på en gasopvarmet kyllingestald på 2,1 kWh pr. produceret kylling ved en gennemsnitlig

udetemperatur på 9 °C. Varmevekslere med en kapacitet på ca. 14 m³ luft/time pr. m² nettostaldareal giver ca. 80 % reduktion i energi til opvarmning (Jakobsen, 2012; Johansen, 2012). Det svarer til en besparelse på ca. 1.700 kWh/1.000 producerede slagtekyllinger eller **276 kWh/år pr. m² nettostaldareal** i stalden (40 kg kylling/m²; 2,14 kg/kylling; 8,7 hold/år). Ekstra elforbrug til drift af varmeveksler og evt. intern luftfordeling i stalden vurderes kun at have marginal effekt på det samlede energiforbrug og er derfor udeladt af nærværende beregning.

Økologiske slagtekyllingestalde adskiller sig fra de konventionelle på flere områder, bl.a. i forhold til belægningsgrad, flokstørrelse og anvendelse af hhv. startstalde og voksestalde. Der foreligger ingen dokumentation for effekten af anvendelse af varmevekslere i økologiske slagtekyllingestalde. Varmeforbrug og besparelse ved anvendelse af varmeveksler er derfor estimeret på grundlag af en StaldVent-simulering af en økologisk slagtekyllingestald med 3x4800 = 14400 kyllingepladser. Da der ikke foreligger dokumentation af varmevekslere i økologiske kyllingestalde, er det i simuleringen antaget, at de økologiske kyllinger går i samme stald fra indsættelse til slagtning. Simuleringen resulterede i et reference-varmeforbrug på 4.950 kWh pr. 1.000 producerede økologiske slagtekyllinger, mens varmeforbruget for en tilsvarende økologisk slagtekyllingestald med varmeveksler med en ydelse på 9.400 m³/time og en skønnet effektivitet på 90 % resulterede i et varmeforbrug på 1.630 kWh pr. 1.000 producerede økologiske slagtekyllinger svarende til en besparelse på 3.320 kWh pr. 1.000 producerede økologiske slagtekyllinger eller omregnet til standardmiljøeffekten: **168 kWh/år pr. m² nettostaldareal** i stalden (21 kg kylling/m²; 2,15 kg/kylling; 5,2 hold/år).

Ammoniak. Reduktionen i ammoniakemission tilskrives bedre luftfordeling og dermed formentlig mere tør overflade på gødningsmåtten. En VERA-test har påvist en ammoniakreduktion på 30 % over en produktionsperiode på et år i to slagtekyllingestalde med en varmeveksler model Agro Clima+ 200 fra Rokkedahl Energi i forhold til tilsvarende stalde uden varmeveksler (Hansen, 2016). Varmevekslerne havde en kapacitet på 22.300 m³/time svarende til henholdsvis 12 og 15 m³/time pr. m² nettostaldareal for de to slagtekyllingestalde i testen. I slagtekyllingestaldene var desuden installeret 6 interne luftfordelingsventilatorer med en samlet kapacitet på henholdsvis 28 og 47 m³/time pr. m² nettostaldareal.

Effekten af varmevekslere på ammoniakemissionen fastsættes til 30 %, idet det skal pointeres, at kun Agro Clima+ er optaget på Miljøstyrelsens teknologiliste og således eneste varmeveksler, der er godkendt med en ammoniakreducerende effekt i Danmark. Der bør regnes med en minimumsventilationskapacitet af varmeveksleren på 12 m³/time pr. m² nettostaldareal samt interne luftcirkulationsventilatorer med en luftydelse på minimum 28 m³/time pr. m² nettostaldareal.

Ammoniaktabet fra stald og gødningslager for slagtekyllinger med en produktionstid på 35 dage er beregnet til 7,71 kg NH₃-N pr. 1.000 producerede slagtekyllinger eller 0,78 kg NH₃-N/år pr. m² nettostaldareal for en slagtekyllingestald uden varmeveksler. Ved anvendelse af varmeveksler reduceres ammoniaktabet fra stalden med 30 %, men der kan forventes et marginalt højere tab fra gødningslageret pga.

højere N-indhold i gødningen. Samlet set reduceres ammoniakudledningen med 1,34 kg NH₃-N pr. 1.000 producerede slagtekyllinger svarende til 0,22 kg NH₃-N/år pr. m² nettostaldareal.

Ammoniaktabet fra stald og gødningslager for økologiske slagtekyllinger med en produktionstid på 63 dage er beregnet til 18,39 kg NH₃-N pr. 1.000 producerede slagtekyllinger eller 0,64 kg NH₃-N/år pr. m² nettostaldareal for en økologisk slagtekyllingestald uden varmeveksler. Ved anvendelse af varmeveksler reduceres ammoniaktabet fra stalden med 30 %, men der kan forventes et marginalt højere tab fra gødningslageret pga. højere N-indhold i gødningen. Samlet set reduceres ammoniakudledningen fra stald og lager med 3,54 kg NH₃-N pr. 1.000 producerede økologiske slagtekyllinger svarende til 0,18 kg NH₃-N/år pr. m² nettostaldareal.

Da forskellen mellem konventionelle og økologiske kyllinger er lille, er standardmiljøeffekten fastsat som middelværdien svarende til **0,20 kg NH₃-N/år pr. m² nettostaldareal**, og er så gældende for alle typer af slagtekyllingestalde.

Levetid

Levetiden af varmevekslere skønnes at være 20 år for varmeveksler-kabinettet og 10 år for ventilatorerne.

<p>1.3 Varmeveksler og interne luftfordelings-ventilatorer i slagtekyllingestalde (konventionelle og skrabe slagtekyllinger)</p> <p>Formål: Ammoniakreduktion (tørring af gødningsmåtte) Anvendelse: Stalde til konventionelle og skrabe-kyllinger Teknologi: Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer</p>			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,2 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	15	3 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² nettostaldareal med skrabe- eller konventionelle slagtekyllinger

1.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (skrabe- eller fritgående høner)

Også gældende for teknologierne: 1.5, 3.4, 3.5

Fast fjerkrægødning fra stalde med etagesystem og gødningsbånd opslæmmes med vand til ca. 12 % tørstof i en gyllebeholder. I forhold til opbevaring i gødningshus eller møddingplads, hvor ammoniaktabet under lagring ifølge normtal for husdyrgødning er 10 % af tilført total-N for fast staldgødning og dybstrøelse, hvortil der kommer yderligere et tab på 10 % ved denitrifikation (frit kvælstof og lattergas). Med en overdækning af stakken anses tabet for at være det halve. Opbevaring som en opslæmning i gyllebeholder med flydelag eller lignende er forbundet med ammoniaktab på 2 % af tilført total-N, og denitrifikationstabets anses for at være ubetydeligt. Ved etablering af teltoverdækning eller betonlåg på gyllebeholderen reduceres ammoniaktabet yderligere til 1 % af tilført total-N.

Opblanding af fast hønsegødning med vand for lagring som flydende gødning er primært interessant i forbindelse med hønsestalde med etagesystem med gødningsbånd, hvor gødningen fjernes hyppigt fra stalden (min. 1 gang pr. uge). Systemet kan indrettes således, at gødningsbåndet, der transporterer gødningen ud af stalden, afleverer gødningen i en fortank, hvor gødningen tilsættes vand, fx opsamlet tagvand, opblandes og derefter pumpes til en gylletank for videre lagring. Såfremt der allerede forefindes en højtipvogn eller lignende, kan fortanken spares, og højtipvognen benyttes til at overføre gødningen fra stalden til gylletanken under omrøring og tilsætning af vand.

Miljøeffekter

Energi og klimagasser. Der er et øget energiforbrug til opblanding af gødning med vand og senere omrøring af gylletank inden udbringning af gyllen. Det vurderes dog ikke at være væsentligt højere end energiforbruget i forbindelse håndtering af fast gødning, dvs. transport til gødningshus samt efterfølgende udbringning af husdyrgødningen.

Lagring af fast fjerkrægødning er ifølge normtal for husdyrgødning forbundet med et kvælstoftab i form af denitrifikation. Denitrifikationstab udgør beregningsmæssigt 10 % af den tilførte mængde total-N til lageret, hvilket ifølge normtal for husdyrgødning 2016/17 svarer til i gennemsnit 7,0 kg N pr. 100 årshøner for skrabe høner, fritgående høner og økologiske høner. En mindre andel af denitrifikationstab udgøres af lattergas, som er en potent drivhusgas. Andelen kendes dog ikke, hvorfor det ikke er muligt at angive en lattergasemission. Ved lagring af gylle anses kvælstoftabet i form af denitrifikation som ubetydeligt, og dermed forventes der heller ikke produktion af lattergas af betydning. Petersen et al. (2013) fandt dog, at der blev dannet lattergas under lagring af svinegylle med flydelag af halm om sommeren, mens der ikke blev dannet lattergas ved lagring om vinteren.

Ammoniak. Ved lagring af hønsegødning som gylle reduceres ammoniaktabet under lagring fra 5 % til 2 % af den tilførte mængde total-N svarende til en reduktion på 60 % (Kai & Hansen, 2014). Lagring af fjerkrægødning opslæmmet i vand som gylle vurderes at være mest relevant i forhold til stalde med etagesystem, hvor en relativ stor andel af gødningen afsættes på et gødningsbånd, som tømmes mindst 1 gang om ugen og gødningen transporteres til en gylletank. Gødning afsat i dybstrøelsen på gulvet antages at blive kørt i overdækket markstak og lagret som dybstrøelse.

Tabel 1.21.2 viser den beregnede standardmiljøeffekt for lagring af fjerkrægødning som gylle i stedet for i gødningshus eller møddingsplads. Beregningen er baseret på fjerkræstalde med etagesystem og gødningsbånd, der tømmes tre gange pr. uge. Beregningerne viser, at der ikke er nævneværdig forskel i standardeffekten mellem de tre konsumægsproduktioner, hvorfor standardmiljøeffekten fastsættes som middelværdien, dvs. **1,2 kg NH₃-N/år pr. m² gylle.**

Standardmiljøeffekten for hønneestalde med etagesystem og gødningsbånd er lidt lavere: **0,8 kg NH₃-N/år pr. m² gylle.**

Tabel 1.2. Effekt på ammoniaktabet lagring af gødning fra hhv. konsumægshøner (100 årshøner) og hønniker (1.000 producerede) som gylle sammenlignet med traditionel lagring i overdækket mødding eller gødningshus. Standardmiljøeffekten er beregnet på grundlag af det estimerede areal af gylle i gylletanken.

	Skrabehøner	Fritgående høner	Økologiske høner	Hønniker
Reference: Fast gødning og dybstrøelse i overdækket gødningshus, kg NH ₃ -N/100 årshøner el. 1.000 producerende hønniker	3,51	3,28	3,71	3,85
Gylletank med flydelag, kg NH ₃ -N/100 årshøner el. 1.000 producerende hønniker	1,82	1,65	1,86	2,67
Sparet ammoniak-N, kg NH ₃ -N/100 årshøner el. 1.000 producerende hønniker	1,69	1,63	1,83	1,18
Gylle pr. 100 årshøner eller 1.000 producerede hønniker, ton	7,9	7,4	7,6	7,8
Gylleareal pr. 100 årshøner eller 1.000 producerede hønniker, m ²	1,5	1,4	1,4	1,5
Standardmiljøeffekt, kg NH₃-N/år/m²	1,1	1,2	1,3	0,8

Forudsætninger: konsumægshøner: gødning fra stalde med etagesystem med gødningsbånd, der tømmes 3 gange om ugen, skrabehøner: 75 % af gødningen falder på båndet, fritgående og økologiske høner: 70 % af gødningen falder på båndet. Alle: tilsætning af vand til 12 % tørstof, lagring i 4 meter dyb gylletank, 9 måneders lagring.

Levetid

Levetiden af gylletanke skønnes at være 25 år.

1.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (skrabe- eller fritgående høner)			
Formål: Ammoniakreduktion ved lagring af fjerkrægødning som gylle			
Anvendelse: Stalde med etagesystem til skrabe- eller fritgående høner			
Teknologi: Gylletank med opslemmet fjerkrægødning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,2 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	25	30 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² overfladeareal på gylletank med gødning fra konsumægshøner

1.5 Gylletank til lagring af gødning fra hønnikeopdræt opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (hønniker)

Se afsnit ”1.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (skrabe- eller fritgående høner)”.

1.5 Gylletank til lagring af gødning fra hønnikeopdræt opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (hønniker)			
Formål: Ammoniakreduktion ved lagring af fjerkrægødning som gylle Anvendelse: Stalde med etagesystem og gødningsbånd til opdræt af hønniker Teknologi: Gylletank med opslemmet fjerkrægødning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,8 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	25	20 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² overfladeareal på gylletank med gødning fra hønnikeopdræt

1.6 Overdækning af gylletanke indeholdende fjerkrægødning

Også gældende for teknologien: 3.6

Fast overdækning i form af teltoverdækning, flydedug eller betonlåg på gyllebeholderen halverer ammoniaktabet sammenlignet med naturligt flydelag svarende til ammoniaktab på 1 % af tilført total-N.

Miljøeffekter

Energi og klimagasser. Petersen et al. (2013) fandt, at lagring af svinegylle uden flydelag og uden nedbør (svarende til lagring med fast overdækning) kun førte til dannelse af en ubetydelig mængde lattergas om sommeren og ingen om vinteren. Petersen et al. (2013) fandt desuden, at flydelag (halm) på svinegylle førte til dannelse af lattergas om sommeren, mens der ikke blev dannet lattergas ved lagring om vinteren. Dette peger på, at fast overdækning af gylle, som ikke danner flydelag, kan reducere produktionen af lattergas fra gylletanke. Forsøget giver dog ikke mulighed for at kvantificere effekten.

Ammoniak. Ved lagring af fjerkrægødning som gylle med fast overdækning reduceres ammoniaktabet under lagring fra 2 % til 1 % af den tilførte mængde total-N. Tabel 1.3 viser den beregnede standardmiljøeffekt ved anvendelse af fast overdækning af gylletank beregnet på grundlag af gødning fra stalde til konsumægsproduktion og hønnikeopdræt. Beregningerne viser, at der er lille forskel i miljøeffekten for så vidt angår konsumægsstalder, stalde til økologiske slagtekyllinger og hønnikeopdræt, hvorfor standardmiljøeffekten af teltoverdækning af gylletanke med fjerkrægødning fra de nævnte produktioner fastsættes til middelværdien svarende til **0,4 kg NH₃-N/år m² gylle**.

Tabel 1.3. Effekt af fast overdækning på gylletank på ammoniaktabet ved lagring af gødning fra hhv. konsumægshøner (100 årshøner) og hønniker (1.000 producerede) sammenlignet med lagring i gylletank med naturligt flydelag. Standardmiljøeffekten er beregnet på grundlag af arealet af gylle i gylletanken.

	Skrabehøner	Fritgående høner	Økologiske høner	Hønniker
Gylletank med flydelag, kg NH ₃ -N	1,13	1,08	1,22	1,40
Gylletank med fast overdækning, kg NH ₃ -N	0,56	0,54	0,61	0,70
Sparet NH ₃ -N, kg NH ₃ -N	0,56	0,54	0,61	0,70
Gylleproduktion, ton	7,9	7,4	7,6	7,8
Gylleareal, m ²	1,5	1,4	1,4	1,5
Standardmiljøeffekt, kg NH₃-N/år/m²	0,37	0,39	0,44	0,47

Forudsætninger: Konsumægshøner: gødning fra stalde med etagesystem og gødningsbånd (tømming 3 gange pr. uge). Gødning fra båndene lagres som gylle, mens dybstrøelsen lagres som dybstrøelse i overdækket markstak.

Levetid

Levetiden af teltoverdækninger skønnes at være 20 år (Miljøstyrelsen, udateret).

1.6 Overdækning af gylletanke indeholdende fjerkrægødning			
Formål: Ammoniakreduktion ved overdækning af gylletanke med fjerkrægylle			
Anvendelse: Stalde med etagesystem og gødningsbånd til æglæggende høner (alle typer)			
Teknologi: Teltoverdækning af gylletanke med opslemmet fjerkrægødning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,4 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	20	8 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² overfladeareal på gylletank med gødning fra fjerkræ

2. Reduktion af energiforbruget

2.1 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i konventionelle slagtekyllingestalde

Se afsnit ”1.3 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i slagtekyllingestalde (konventionelle og skrabe slagtekyllinger)”.

2.1 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i konventionelle slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse ved varmegenindvinding			
Anvendelse: Stalde til konventionelle og skrabe-kyllinger			
Teknologi: Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
276 kWh/år pr. m ²	15	4.140 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med slagtekyllinger

2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde

Også gældende for teknologierne: 2.3, 2.4, 4.2, 4.3, 4.4

Standard-armaturer med pulverrør udskiftes til LED-baserede armaturer. I slagtekyllingestalde kræves ensartet og stabil staldbelysning. Der tilstræbes en lysstyrke i gulvniveau på ca. 25 lumen. Afhængig af de konkrete forhold og ved hensigtsmæssig placering af armaturer kræver det et 50 watt LED armatur pr. 80 - 100 m² gulvareal.

Miljøeffekter

Energi og klimagasser. Tages der udgangspunkt i en 3.000 m² kyllingestald vil der typisk monteres 33 stk. 50 watt LED armaturer (effekttag 51 W pr. armatur (Rasmussen, 2013) svarende til ca. 0,56 W/m² stald. Med en forventet driftstid på 6.900 timer pr. år (Rokkedahl Energi), svarer det til et årligt elforbrug til belysning på 11.613 kWh eller 3,9 kWh/år pr. m² nettostaldareal. Besparelsen ved anvendelse af LED-belysning er målt til 33 % i forhold til belysning med traditionelle lystofarmaturer (Rasmussen, 2013) svarende til en standardmiljøeffekt på **1,3 kWh/år pr. m² nettostaldareal**. Denne værdi skønnes at være repræsentativ for alle typer af slagtekyllingeproduktion (konventionel, skrabe-, økologisk).

Opdrætsstalde til hønnikeproduktion: Belysningen i opdrætsstalde med etagesystem skønnes dimensioneret som konventionelle slagtekyllingestalde, dvs. 3,9 kWh/år pr. m² nytteareal. Nyttearealet skønnes på grund af etagearealet at være ca. 2,3 gange nettostaldarealet i stalden. Belysningsbehovet kan derfor estimeres til (3,9 kWh/år pr. m² · 2,3 m² nytteareal pr. m² nettostaldareal) = 9,0 kWh/år pr. m² gulv-

areal. Besparelsen ved anvendelse af LED-belysning skønnes at være 33 % sammenlignet med traditionelle lysstofarmaturer svarende til en standardmiljøeffekt på **3,0 kWh/år pr. m² nettostaldareal**. Veranda-arealet tæller med i nettostaldarealet, såfremt der monteres LED-belysning.

Belysningen i stalde til æglæggende høner (konsumægshøner og rugeægshøns; konventionelle og økologiske) skønnes dimensioneret som konventionelle slagtekyllingestalde, dvs. ca. 0,56 W/m² nytteareal. Idet der skønsmæssigt anvendes kunstig belysning i 5840 timer pr. år (67 % af årets timer jf. bekendtgørelse om beskyttelse af æglæggende høner (BEK nr. 881 af 28/06/2016) kan det årlige energiforbrug til belysning beregnes til 3,3 kWh pr. m² nytteareal. Besparelsen ved anvendelse af LED-belysning skønnes at være 33 % sammenlignet med traditionelle lysstofarmaturer svarende til 1,1 kWh/år pr. m² nytteareal. I henhold til bekendtgørelse om beskyttelse af æglæggende høner (BEK nr. 881 af 28/06/2016) må belægningsgraden for skrabe- og frilandshøner ikke overstige 9 høner pr. m² nytteareal, og i stalde med etagesystem må der maksimalt være 18 høner pr. m² af det gulvareal, som er tilgængeligt for hønerne. Nyttearealet skønnes derfor at være ca. 2,0 gange nettostaldarealet i stalden. Standardmiljøeffekten kan derfor estimeres til (1,3 kWh/år pr. m² nytteareal · 2,0 m² nytteareal pr. m² nettostaldareal) = **2,6 kWh/år pr. m² nettostaldareal**. Dette skønnes kun at gælde for stalde med etagesystem til skrabe- og frilandshøner.

For stalde med etagesystem til fritgående og økologiske høner er det fundet, at forholdet mellem nytteareal og gulvareal i stalde med etagesystem og veranda er ca. 1,5, hvorfor standardmiljøeffekten kan estimeres til (1,3 kWh/år pr. m² nytteareal · 1,5 m² nytteareal pr. m² nettostaldareal) = **2,0 kWh/år pr. m² nettostaldareal**. Arealet i veranda tæller med i nettostaldarealet, såfremt der monteres LED-belysning.

Levetid

Levetiden af LED-armaturer skønnes at være 20 år. LED-lys-enhederne skønnes at have en levetid på 50.000 timer, hvilket giver ca. 7 års driftstid i slagtekyllingestalde (skønnet lysbehov: 6.900 timer/år) og ca. 8 års driftstid i stalde til æglæggende høner (skønnet lysbehov: 5.840 timer/år).

2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse			
Anvendelse: Stalde til konventionelle slagtekyllinger			
Teknologi: Lysdioder (LED)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,3 kWh/år pr. m ²	10	13 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med slagtekyllinger

2.3 LED-lys i opdrætsstalde til hønnikeproduktion

Se afsnit: "2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde".

2.3 LED-lys i opdrætsstalde til hønnikeproduktion			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til opdrætsstalde til hønnikeproduktion Teknologi: Lysdioder (LED)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
3,0 kWh/år pr. m ²	10	30 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med hønniker

2.4 LED-lys i hønsestalde (skrabe- eller fritgående høner)

Se afsnit: "2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde".

2.4 LED-lys i hønsestalde (skrabe- eller fritgående høner)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til skrabe- eller fritgående høner Teknologi: Lysdioder (LED)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,6 kWh/år pr. m ²	10	20 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med skrabe- eller fritgående høner

2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde

Også gældende for teknologierne: 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10.

Ventilation af stalde er meget vigtigt for at opretholde et ønsket indeklima i stalden. Ventilationen sikrer, at forurenede luft fjernes fra stalden og erstattes af ren udeluft, hvorved lufttemperatur, luftfugtighed samt koncentrationerne af kuldioxid, ammoniak og andre gasser reguleres til et ønsket niveau. Traditionelt ventileres kyllingestalde med mekaniske ventilationsanlæg, som enten opererer ved ligetryk eller ved undertryk. Ligetryksanlæg består af indblæsningsenheder, som blæser luften ind i stalden og udsugningsenheder, som suger luften ud af stalden. Undertryksanlæg fungerer ved, at udsugningsenheder suger luft ud af stalden, hvorved der dannes et undertryk, som bevirker, at der suges luft ind i stalden via regulérbare indsugningsventiler, der typisk er placeret i staldens langsider. Undertryksanlæg er forbundet med lavere energiforbrug end ligetryksanlæg, og er ligeledes det mest almindelige i slagtekyllingestalde.

Overordnet set er der tre typer motorer, der kan anvendes: triac-, frekvens- og jævnstrømsmotorer. Ved triac-motorer reguleres ydelsen på ventilatorer ved spændingsregulering, dvs. hvor ventilatormotorens spænding nedreguleres i forhold til mærkespændingen (typisk 230 V), hvorved motorens moment og ventilatorvingernes omdrejningshastighed aftager. Spændings-regulerede ventilatorer er ikke trykstable i den nedre del af reguleringsområdet, hvorfor ventilatormotorernes omdrejningstal typisk kun reguleres ned til 50 % ydelse, hvorefter ventilationsydelsen nedreguleres yderligere ved anvendelse af et regulérbart spjæld placeret i ventilationsafkastet. Spændingsregulering er desuden forbundet med et væsentligt energitab i form af varmetab, hvilket sammen med spjældreguleringen i det nedre driftsområde bevirker, at energiforbruget for denne type anlæg er relativt højt, især i kyllingestalde, hvor der er mange driftstimer ved lav ydelse.

Ved frekvensmotorer bevarer ventilatormotoren sit drejningsmoment, selv om hastigheden reguleres næsten helt ned. Ventilatoren kan således køre meget stabilt selv ved lave hastigheder og samtidig modstå relativt store vindpåvirkninger. Det er dog stadig nødvendigt at regulere med anvendelse af spjæld i det nedre driftsområde. Frekvensregulering er følgelig mere energieffektiv sammenlignet med triac-motorer.

Ved jævnstrømsmotorer er forsyningsspændingen jævnstrøm, og denne motor kan ligesom frekvensmotoren køre stabilt ved selv lav ydelse, men der vil ligeledes være behov for at anvende spjæld i det nedre driftsområde. Sammenlignet med andre motorer er det særligt ved ventilationsydelser under 50 %, at jævnstrømsmotorer har et lavere energiforbrug. Dette har stor betydning i slagtekyllingestalde, hvor luftydelsen typisk er mindre end 50 % i mere end 90 % af tiden.

Energiforbruget til ventilation af slagtekyllingestalde afhænger ud over motortype af kyllingernes varmeproduktion og udetemperatur, anvendelse af ventilatorspjæld, vingeudformning (dvs. antal vinger, vingernes udformning og vinkel), under hvilke trykforhold ventilationsanlægget opererer og hvor vindudsat stalden er. Som følge af de mange muligheder for anlægsopbygning kan der ikke gives entydige tal for energiforbrug og omkostningseffektivitet, da det vil kræve beregninger eller målinger for den konkrete anlægsopbygning. For ældre ventilationsanlæg (typisk før år 2000) med triac-motorer vil det dog ofte være muligt at reducere elforbruget med op til 70 % ved investering i nye ventilationskomponenter eller i et helt nyt ventilationsanlæg med en bedre energisignatur.

Beregning af et nyt ventilationsanlæg bør foretages i programmet StaldVent eller lignende metode, som beregner energiforbruget under hensyn til energisignaturen (energiforbrug som funktion af ventilationsprocent) for det samlede ventilationsanlæg samt driftsforhold i stalden (temperaturstrategi, CO₂-styring, fugtstyring, m.m.) og udeklima-forhold over minimum et år.

I nærværende rapport er StaldVent anvendt til at estimere energiforbruget for en 2.000 m² slagtekyllingestald med 37.500 slagtekyllinger med en produktionstid på 35 dage fra 50 g til 2,13 kg levende vægt og en årlig produktion på 330.000 slagtekyllinger, hvor der henholdsvis anvendes undertryksventilation med triac-, frekvens- og jævnstrømsmotorer. Energisignaturen for hver af de tre anlæg er estimeret

på baggrund af erfaringer fra svinestalde (Riis et al., 2017; Hansen & Damsted, 2016; Riis et al., 2012; Morsing et al., 2003).

Referencestalden defineres som en slagtekyllingestald med triac-motorer i parallel-drift, og som under de angivne forudsætninger er forbundet med et energiforbrug på 78 kWh pr. 1.000 producerede slagtekyllinger svarende til 12,6 kWh/år pr. m² nettostaldareal. For en slagtekyllingestald med frekvensregulerede motorer estimeres det, at elforbruget til ventilation reduceres til 35 kWh pr. 1.000 producerede slagtekyllinger, svarende til en reduktion på 55 % i forhold til en stald med triac-motorer, dvs. svarende til en standardmiljøeffekt på 7,0 kWh/år pr. m² nettostaldareal. Ved brug af jævnstrømsmotorer estimeres det, at elforbruget til ventilation reduceres til 25 kWh pr. 1.000 producerede kyllinger eller 4,0 kWh/år pr. m² nettostaldareal, svarende til en reduktion på 68 % i forhold til en stald med triac-motorer. Det skal understreges, at der vil kunne opnås et andet resultat ved en anden anlægsopbygning end parallel-drift af ventilatorer og under andre driftsforhold. Der er gennemført tilsvarende beregninger for stalde til økologiske slagtekyllinger, stalde, æglæggende høner og hønnikeopdræt. Beregningerne viser, at der kan forventes procentvise reduktioner i elforbruget pr. dyr tilsvarende stalde til konventionelle slagtekyllinger.

Miljøeffekter

Energi og klimagasser: Energibesparende ventilation påvirker udledningen af klimagas i kraft af et lavere forbrug af fossilt brændstof til produktion af el. Reduktionen i udledningen af klimagasser er proportional med den beregnede/observerede reduktion i elforbruget.

Tabel 2.1. Estimeret energiforbrug forbundet med anvendelse af forskellige ventilationskomponenter i fjerkræstalde. Referencen er et ældre spændingsreguleret ventilationsanlæg.

Elforbruget er i kWh/år pr. m ² nettostaldareal.	Spændingsregulerede motorer (Triac) (reference)	Lavenergiventilation	
		Frekvens-regulerede motorer	Jævnstrøms-motorer
Produktion	Standard-elforbrug	Sparet elforbrug	Sparet elforbrug
Konv. slagtekyllinger	12,6	7,0	8,6
Økologiske slagtekyllinger	7,5	4,2	5,0
Skrabehøner (etagesystem)	18,0	9,2	12,3
Fritgående høner (etagesystem)	14,9	7,0	9,4
Økologiske høner (etagesystem)	9,9	4,7	6,2
Hønniker (etagesystem)	25,3	14,4	17,5

Ammoniak: Energibesparende ventilation har ingen effekt på ammoniakemissionen.

Levetid

Levetiden for ventilator-motorer skønnes at være 10 år.

2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til konventionelle og skrabe-kyllinger Teknologi: Frekvensregulerede ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
7,0 kWh/år pr. m ²	15	105 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med konventionelle slagtekyllinger

2.6 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i konventionelle slagtekyllingestalde

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

2.6 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i konventionelle slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til konventionelle slagtekyllinger Teknologi: Jævnstrøms-ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
8,6 kWh/år pr. m ²	15	129 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med slagtekyllinger

2.7 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i stalde til æglæggende høner (skrabe- eller fritgående høner)

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

2.7 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i stalde til æglæggende høner (skrabe- eller fritgående høner)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til skrabe- eller fritgående høner Teknologi: Frekvensregulerede ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
7,0 kWh/år pr. m ²	15	105 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med æglæggende fritgående høner

2.8 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i stalde til æglæggende høner (skrabe- eller fritgående høner)

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

2.8 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i stalde til æglæggende høner (skrabe- eller fritgående høner)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til skrabe- eller fritgående høner Teknologi: Jævnstrøms-ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
9,4 kWh/år pr. m ²	15	141 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med æglæggende skrabe- eller fritgående høner

2.9 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i opdrætsstalde (hønniker)

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

2.9 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i opdrætsstalde (hønniker)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til hønnikeopdræt Teknologi: Frekvensregulerede ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
14,4 kWh/år pr. m ²	15	216 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med hønniker

2.10 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i opdrætsstalde (hønniker)

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

2.10 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i opdrætsstalde (hønniker)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til hønnikeopdræt Teknologi: Jævnstrøms-ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
17,5 kWh/år pr. m ²	15	262,5 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med hønniker

2.11 Opvarmning af slagtekyllingestalde med varmerør og regulérbar cirkulationspumpe (konventionelle slagtekyllinger)

Også gældende for teknologien: 4.11

Anvendelse af ældre varmesystemer bestående af varmtvandskaloriferer og en ældre ureguleret cirkulationspumpe som opvarmningskilde i slagtekyllingestalde er forbundet med et elforbrug til drift af kaloriferernes ventilatorer samt cirkulationspumpen. Dette elforbrug og deraf følgende forbrug af fossilt brændstof kan nedsættes ved at udskifte kalorifererne med varmerør i form af ribberør, deltarør eller sorte rør tilkoblet et eksisterende varmtvandsanlæg via en regulérbar cirkulationspumpe. Besparelsen ligger i, at elforbruget til drift af kaloriferernes ventilatorer elimineres, ligesom en regulérbar cirkulationspumpe reducerer elforbruget til pumpning af varmt vand.

Varmeafgivelsen per løbende meter varmerør er stærkt afhængig typen. Ribberør afgiver således mere varme per løbende meter end deltarør, som igen afgiver mere varme end sorte varmerør. Det er derfor vigtigt, at varmforsyningen dimensioneres korrekt.

Miljøeffekter

Energi og klimagasser: ændring af varmeanlæg fra anvendelse af varmtvandskaloriferer med ældre ureguleret cirkulationspumpe til varmerør og reguleret cirkulationspumpe påvirker udledningen af klimagas i kraft af et lavere forbrug af fossilt brændstof til produktion af el til drift af henholdsvis ventilatorer i kaloriferer samt cirkulationspumpen. Reduktionen i udledningen af klimagasser er proportional med den beregnede/observerede reduktion i elforbruget. En undersøgelse udført af SKOV A/S (Fisker, 2013) viste, at elforbruget til drift af 4 stk. varmtvandskaloriferer i en kyllingestald på ca. 2.000 m² udgjorde ca. 3.800 kWh/år svarende til ca. 6 % af staldens årlige samlede elforbrug, mens cirkulationspumpen forbrugte ca. 8.200 kWh. Dette svarer i alt til ca. 6 kWh/år pr. m² nettostaldareal. Udskiftning af det ældre varmtvandskalorifereanlæg med ripperørsopvarmning med moderne regulérbare cirkulationspumper reducerede elforbruget med ca. 80 % til 1 kWh/år pr. m² nettostaldareal, svarende til en **standardmiljøeffekt på ca. 5 kWh/år pr. m² nettostaldareal** (Mortensen, 2013). Det skønnes, at standardmiljøeffekten er repræsentativ for alle typer af slagtekyllingeproduktioner.

Ammoniak: Der forventes ikke at være nogen ammoniakreducerende effekt.

Levetid

Levetiden af varmerør skønnes til 25 år, mens vandpumper skønnes at have en levetid på 10 år.

2.11 Opvarmning af slagtekyllingestalde med varmerør og regulérbar cirkulationspumpe (konventionelle slagtekyllinger)			
Formål: Energibesparelse			
Anvendelse: Stalde til konventionelle slagtekyllinger			
Teknologi: Varmerør og regulérbar cirkulationspumpe			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
5,0 kWh/år pr. m ²	20	100 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med konventionelle slagtekyllinger

Æg & Fjerkræ, økologisk

3. Reduktion af ammoniakudledningen

3.1 Gødningsbånd i hønsestalde med etagesystem (økologiske høner)

Se afsnit ”1.1 Gødningsbånd i hønsestalde med etagesystem (skrabe- eller fritgående høner)”.

3.1 Gødningsbånd i hønsestalde med etagesystem (økologiske høner)			
Formål: Ammoniakreduktion ved hyppig fjernelse af gødning fra stalden			
Anvendelse: Stalde til økologiske høner			
Teknologi: Gødningsbånd			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,7 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	10	17 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske høner

3.2 Gødningsbånd i opdrætsstalde med etagesystem (økologiske hønniker)

Se afsnit ”1.1 Gødningsbånd i hønsestalde med etagesystem (skrabe- eller fritgående høner)”.

3.2 Gødningsbånd i opdrætsstalde med etagesystem (økologiske hønniker)			
Formål: Ammoniakreduktion ved hyppig fjernelse af gødning fra stalden			
Anvendelse: Stalde til økologiske hønniker			
Teknologi: Gødningsbånd			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,8 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	10	18 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske hønniker

3.3 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i slagtekyllingestalde (økologiske slagtekyllinger)

Se afsnit "1.3 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i slagtekyllingestalde (konventionelle og skrabe slagtekyllinger)".

3.3 Varmeveksler og interne luftfordelings-ventilatorer i slagtekyllingestalde (økologiske slagtekyllinger)			
Formål: Ammoniakreduktion (tørring af gødningsmåtte)			
Anvendelse: Stalde til økologiske slagtekyllinger			
Teknologi: Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,2 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	15	3 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske slagtekyllinger

3.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (økologiske høner)

Se afsnit "1.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (skrabe- eller fritgående høner)".

3.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (økologiske høner)			
Formål: Ammoniakreduktion ved lagring af fjerkrægødning som gylle			
Anvendelse: Gødning fra stalde med etagesystem til økologiske høner			
Teknologi: Gylletank med opslemmet fjerkrægødning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,2 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	25	30 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² overfladeareal på gylletank med gødning fra økologiske høner

3.5 Gylletank til lagring af gødning fra hønnikeopdræt opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (økologiske hønniker)

Se afsnit ”1.4 Gylletank til lagring af gødning fra konsumægshøner opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (skrabe- eller fritgående høner)”.

3.5 Gylletank til lagring af gødning fra hønnikeopdræt opstaldet i stalde med etagesystem og gødningsbånd (hønniker)			
Formål: Ammoniakreduktion ved lagring af fjerkrægødning som gylle Anvendelse: Gødning fra stalde med etagesystem til hønnikeopdræt Teknologi: Gylletank med opslemmet fjerkrægødning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,8 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	25	20 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² overfladeareal på gylletank med gødning fra økologisk hønnikeopdræt

3.6 Overdækning af gylletanke indeholdende økologisk fjerkrægødning

Se afsnit ”1.6 Overdækning af gylletanke indeholdende fjerkrægødning”.

3.6 Overdækning af gylletanke indeholdende økologisk fjerkrægødning			
Formål: Ammoniakreduktion ved overdækning af gylletanke med fjerkrægylle Anvendelse: Gødning fra økologiske fjerkræstalder med etagesystem og gødningsbånd Teknologi: Teltoverdækning af gylletanke med opslemmet fjerkrægødning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,4 kg NH ₃ -N/år pr. m ²	20	8 kg NH ₃ -N pr. m ²	m ² overfladeareal på gylletank med gødning fra økologiske fjerkræ

4. Reduktion af energiforbruget

4.1 Varmeveksler i økologiske slagtekyllingestalde

Se afsnit "1.3 Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer i slagtekyllingestalde (konventionelle og skrabe slagtekyllinger)".

4.1 Varmeveksler i økologiske slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske kyllinger Teknologi: Varmeveksler og interne luftfordelingsventilatorer			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
168 kWh/år pr. m ²	15	2.520 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske slagtekyllinger

4.2 LED-lys i økologiske slagtekyllingestalde

Se afsnit: "2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde".

4.2 LED-lys i økologiske slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske slagtekyllinger Teknologi: Lysdioder (LED)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,3 kWh/år pr. m ²	10	13 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske slagtekyllinger

4.3 LED-lys i opdrætsstalde til økologisk hønnikeproduktion

Se afsnit: "2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde".

4.3 LED-lys i opdrætsstalde til økologisk hønnikeproduktion			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til opdrætsstalde til økologisk hønnikeproduktion Teknologi: Lysdioder (LED)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
3,0 kWh/år pr. m ²	10	30 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske hønniker

4.4 LED-lys i hønsestalde med etagesystem (økologiske høner)

Se afsnit: "2.2 LED-lys i slagtekyllingestalde".

4.4 LED-lys i hønsestalde med etagesystem (økologiske høner)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske høner Teknologi: Lysdioder (LED)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,0 kWh/år pr. m ²	10	20 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske høns

4.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i økologiske slagtekyllingestalde

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

4.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i økologiske slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske slagtekyllinger Teknologi: Frekvensregulerede ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
4,2 kWh/år pr. m ²	15	63 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske slagtekyllinger

4.6 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i økologiske slagtekyllingestalde

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

4.6 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i økologiske slagtekyllingestalde			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske slagtekyllinger Teknologi: Jævnstrøms-ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
5,0 kWh/år pr. m ²	15	75 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske slagtekyllinger

4.7 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i stalde til æglæggende høner (økologiske høner)

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

4.7 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i stalde til æglæggende høner (økologiske høner)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske høner Teknologi: Frekvensregulerede ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
4,7 kWh/år pr. m ²	15	70,5 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske æglæggende høns

4.8 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i stalde til æglæggende høner (økologiske høner)

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

4.8 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i stalde til æglæggende høner (økologiske høner)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske høner Teknologi: Jævnstrøms-ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
6,2 kWh/år pr. m ²	15	93 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske æglæggende høns

4.9 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i opdrætsstalde (økologiske hønniker)

Se afsnit: "2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde".

4.9 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i opdrætsstalde (økologiske hønniker)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til opdræt af økologiske hønniker Teknologi: Frekvensregulerede ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
14,4 kWh/år pr. m ²	15	216 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske hønniker

4.10 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer i opdrætsstalde (økologiske hønniker)

Se afsnit: ”2.5 Lavenergi-ventilation (anlæg med frekvensregulerede motorer) i konventionelle slagtekyllingestalde”.

4.10 Lavenergi-ventilation (anlæg med jævnstrømsmotorer) i opdrætsstalde (økologiske hønniker)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til opdræt af økologiske hønniker Teknologi: Jævnstrøms-ventilatormotorer inkl. vinger			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
17,5 kWh/år pr. m ²	15	262,5 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal med økologiske hønniker

4.11 Opvarmning af slagtekyllingestalde med varmerør og regulérbar cirkulationspumpe (økologiske slagtekyllinger)

Se afsnit ”2.11 Opvarmning af slagtekyllingestalde med varmerør og regulérbar cirkulationspumpe (konventionelle slagtekyllinger)”.

4.11 Opvarmning af slagtekyllingestalde med varmerør og regulérbar cirkulationspumpe (økologiske slagtekyllinger)			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Stalde til økologiske slagtekyllinger Teknologi: Varmerør og regulérbar cirkulationspumpe			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
5,0 kWh/år pr. m ²	20	100 kWh pr. m ²	m ² nettostaldareal økologiske slagtekyllinger

Gartneri

5. Reduktion af energiforbrug

I dette indsatsområde vedrørende energireduktion i gartnerisektoren er der kun medtaget teknologier, som har en miljøeffekt på mindst 10 % i forhold til nuværende teknologi.

Miljøeffekten er angivet i enheden kWh pr. m². Arealet vedrører det areal, teknologien har effekt på, det vil sige væksthuseareal, dyrkningsareal på friland eller lagerareal. I et væksthuse har teknologien kun effekt på det areal som reelt anvendes til produktion, dvs. eksklusiv eventuel teknikrum eller lager. Det gennemsnitlige årlige energiforbrug i et væksthuse er 265 kWh/m², jf. Danmarks Statistik (2017) over opgørelser af energiforbrug og væksthuseareal.

5.1 Trempler til isolering af væksthuses nordvendte vægge (og evt. tag)

Trempler er de lodrette sider i et væksthuse. Her kan glas eller kanalplader erstattes af højisolerende bygningslementer. Anvendes normalt kun på væksthuses nordside (og eventuelt også tagflader mod nord). Energibesparelsen afhænger af det areal, som erstattes med et højisolerende materiale. Materialet findes på markedet, lige som materialet har været anvendt ved nybyggeri i de senere år. Der er en uddybende redegørelse for energibesparelspotentialer under punktet: Højisolerende to- eller flerlags dækkematerialer til isolering af væksthuse, se endvidere Tabel 5.1 og 5.2.

Ved udskiftning af enkeltlagsglas med flerlags polykarbonat-kanalplader eller kølerumspalter reduceres energiforbruget, men der kan ikke angives en specifik energibesparelse, fordi det afhænger af areal af dækkemateriale, orientering af det samt type af væksthuse. Energibesparelsen afhænger endvidere af væksthuses størrelse (længde). Jo større væksthuse, jo mindre nordvæg (relativt), og jo mindre besparelse. I et ældre 20 m bred væksthuse kan arealet af nordvæggen udgøre 10 %. En energibesparelse på f.eks. 10 % svarer til en miljøeffekt på 27 kWh/m² væksthuseareal. Undersøgelser i forbindelse med nybygning vs renovering af væksthuse på DJF (nu Institut for Fødevarer, AU) viste at lystabet ved renovering var mindst 30 % i forhold til en nybygning, så der var ingen produktionsmæssig gevinst ved punktvis renoveringer (N.E. Andersson, interne rapporter).

5.1 Trempel til isolering af væksthuses nordvendte vægge (og evt. tag)			
Formål: Energibesparelse ved isolering Anvendelse: Potteplanter, udplantningsplanter og grøntsager i væksthuse Teknologi: Kanal- eller kølerumslader			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
27 kWh pr. m ² /år ved reduktion på 10 %	15	405 kWh pr. m ²	m ² væksthuse med grøntsager, udplantningsplanter og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthuseareal teknologien har effekt på.

5.2 Højisolerende to- eller flerlags dækkematerialer til isolering af væksthuse

Isolerende dækkematerialer, i form af kanalplader, nedsætter energiforbruget, men energibesparelsen afhænger af det areal, hvor glas erstattes med isolerende dækkemateriale. Nedsættelsen af energiforbruget afhænger også af det antal lag, som pladen består af. Varmetransmissionskoefficienten reduceres fra 3,1 for en dobbeltlagsplade til 1,6 Wm⁻²K⁻¹ for en 6-lagsplade. Til sammenligning har glas en varmetransmissionskoefficient på 6,5 Wm⁻²K⁻¹. Anvendes permanent isolering, dvs. materialer uden lysgennemgang, kan varmetransmissionskoefficienten reduceres til mindre end 0,4 Wm⁻²K⁻¹.

Der er i det følgende givet nogle eksempler på den forventede energibesparelse ved at udskifte enkeltlagsglas med 2-lags kanalplader.

Det er lettest at erstatte enkeltlagsglas med dobbelte kanalplader i fritliggende væksthuse. Et almindeligt fritliggende væksthuse, bygget i glas og uden isoleringsgardiner, har et typisk varmeforbrugstal (P-værdi) på 8,5 Wm⁻²K⁻¹. Det er ikke ualmindeligt, at gavlene i eksisterende fritliggende væksthuse består af kanalplader, hvilket giver en P-værdi på 8,1 Wm⁻²K⁻¹. Når der meget ofte bruges kanalplader i gavlene, er det fordi, det er vanskeligt at montere et træksystem til et isoleringsgardin. Ved isolering af gavlene udelades monteringen af et skygge- eller isoleringsgardin. Udskiftes yderligere f.eks. den nordvendte trempel med kanalplader, reduceres P-værdien til 7,7 Wm⁻²K⁻¹, og med begge trempel isoleret til 7,5 Wm⁻²K⁻¹. Hvis f.eks. den nordvendte tagflade også udskiftes, reduceres P-værdien til 6,0 Wm⁻²K⁻¹, og med begge tagflader udskiftet med dobbelte kanalplader bliver P-værdien 4,5 Wm⁻²K⁻¹.

I stedet for kanalplader kan glasset i nordtrempelen erstattes med permanent isolering (typisk køleelementer). Det vil reducere P-værdien i et glashus fra 8,5 til 8,1 Wm⁻²K⁻¹. I et fritliggende væksthuse, bygget i kanalplader, vil isolering af nordtrempelen med permanent isolering sænke P-værdien fra 4,5 til 4,3 Wm⁻²K⁻¹. Reduktionen i energiforbruget ved anvendelse af kanalplader i et fritliggende væksthuse er an-

givet i Tabel 5.1. Data over årligt energiforbrug i tabel 5.1 og 5.2 er af ældre dato. I dag er det gennemsnitlige energiforbrug væsentlig lavere blandt andet på grund af en bedre klimastyring og bedre isolering. Den procentvise reduktion er dog i store træk uændret.

Tabel 5.1. Ændring i det årlige energiforbrug for et fritliggende væksthuse ved isolering med 2 lags-kanalplader ved en sætpunkttemperatur på 20 °C.

Isolering	P-værdi [Wm ⁻² K ⁻¹]	Årligt energiforbrug [kWh pr. m ²]	Reduktion i energiforbruget set i forhold til uisoleret [%]
Uisoleret	8,5	887	-
Permanent isolering af nordtrepel	8,1	846	5
Gavle	7,9	825	7
Gavle og nordtrepel	7,7	804	9
Gavle og trepler	7,5	783	12
Gavle, trepler og en tagflade	6,0	626	29
Gavle, en trepel med permanent isolering og en med kanalplade og en tagflade	5,8	605	32
Alle udvendige flader i kanalplade	4,5	470	47
Permanent isolering af nordtrepel, øvrige flader i kanalplader	4,3	449	49

Hvis væksthuset er bygget som en blok (Venloblok), er mulighederne for at bruge isolerende dækkematerialer mindre på grund af tagkonstruktionens udformning og mindre areal af ydervægge. I gavlene bruges ofte kanalplader, og af samme årsag som for fritliggende væksthuse, fordi det er vanskeligt at montere et velfungerende træksystem til et isoleringsgardin.

En Venloblok af glas har en P-værdi på 8,1 Wm⁻²K⁻¹. Ved isolering af gavlene bringes P-værdien ned på 7,7 Wm⁻²K⁻¹. Isoleres nordtreplen med kanalplader, fås en P-værdi på 7,5 Wm⁻²K⁻¹. Bruges der i stedet permanent isolering i nordtreplen, reduceres P-værdien til 7,2 Wm⁻²K⁻¹. Bruges der desuden kanalplader i sydtreplen, bliver P-værdien 7,0. Den vanskeligste del at isolere på et blokvæksthuse er som nævnt taget, men de teoretiske beregninger ved udskiftning med kanalplader er medtaget i Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Ændring i energiforbrug for et *blokvæksthus (Venloblok)* ved isolering med 2-lags kanalplader ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Isolering	P-værdi [Wm ⁻² K ⁻¹]	Årligt energiforbrug [kWh pr. m ²]	Reduktion i energiforbruget set i forhold til uisoleret [%]
Uisoleret	8,1	846	-
Gavle	7,7	804	5
Gavle og nordtrepel	7,5	783	7
Gavle og permanent isolering af nordtrepel	7,2	752	11
Gavle, kanalplader i sydtrepel og permanent isolering af nordtrepel	7,0	731	14
Gavle, treppler og en tagflade	5,8	605	28
Alle flader isoleret med akrylplader	4,3	449	47
Nordtrepel permanent isoleret og øvrige flader i kanalplade	4,1	428	49

Den forventede energibesparelse står dog ikke altid mål med det, som opnås i virkeligheden. I væksthuse, bygget helt eller delvist i kanalplader, bliver luftfugtigheden højere og energiforbruget til affugtning stiger. Affugtning er en energiforbrugende proces, der sker ved brug af naturlig ventilation, samtidig med at der tilføres energi til væksthuset.

Investering i udskiftning af glas til kanalplader vil variere en del, afhængig af væksthustype, alder og typen af kanalplader. Jo højere lystransmission kanalplader har, desto højere er prisen, og investeringen kan ligge mellem 400 til 600 kr. pr. kvadratmeter.

Udskiftning af traditionelt glas med glas for mindre refleksion (og forskellige grader af diffusion) betyder i princippet, at der kan komme mere lys til planterne både direkte og nede i afgrøden. Dette vil ikke have en energibesparende effekt, men kan øge produktionen i sommerperioden med 10 % (Dueck et al., 2012, <http://edepot.wur.nl/217564>). I vinterperioden er det tvivlsomt, om der ses en stor effekt, da det naturlige lys udgør max 25 % af det tilførte lys, og vinterlys har oftest en højere grad af diffus karakter. Kvartsglastyper, der tillader UV-gennemslip kan have betydning for kvaliteten af planterne, men ikke for energibesparelse, og medfører en hurtigere slitage af udstyr. For alle alternative glastyper gælder det, at priserne er så høje, at man næppe kan beregne en tilbagebetalingstid. Priserne reflekterer en markedssituation, hvor glasset bruges i arkitektur eller i solfangere.

Ud fra reduktionen i energiforbruget kan miljøpåvirkningen i form af lavere CO₂-emission beregnes.

Den mængde CO₂, som dannes pr. energienhed, er afhængig af den anvendte energikilde. Data fra Energistyrelsen viser, at det samlede energiforbrug i gartnerierne i 2008 lå på 7.343 TJ, fordelt på 2.151 TJ fra fjernvarme, 1.832 TJ fra stenkul, 1.264 TJ fra naturgas, 1.039 TJ fra elektricitet, 624 TJ fra fuelolie, 366 TJ fra gasolie og 66 TJ fra andre energikilder (Dansk Gartneri 2012,

<http://www.danskgartneri.dk/Publikationer/~media/danskgartneri/Publikationer/Dansk%20Gartneri%20i%20tal/Tal%20om%20gartneriet%202012.ashx>). Anvendelse af 2- eller flerlagsdækkematerialer påvirker ikke elektricitetsforbruget, idet hovedparten anvendes til kunstlys. Stenkul afgiver den største

mængde CO₂ pr. energienhed produceret, og har derfor den største miljøpåvirkning (Tabel 5.3), men bruges i praksis ikke mere.

Tabel 5.3. Reduktionen i CO₂-emissionen i kg pr. kvadratmeter pr. år for et fritliggende væksthuse ved en sætpunktstemperatur på 20 °C ved forskellige grader af isolering med 2-lags kanalplader.

Isolering	Fjernvarme	Naturgas	Gasolie	Fuelolie	Stenkul
Permanent isolering af nord+trepel	5	9	12	12	15
Gavle	8	13	17	17	21
Gavle og nordtrepel	10	16	21	22	27
Gavle og trepler	13	22	28	30	36
Gavle, trepler og en tagflade	31	53	69	72	88
Gavle, en trepel med permanent isolering og en med kanalplade og en tagflade	35	58	76	80	97
Alle udvendige flader i kanalplade	51	86	111	117	143
Permanent isolering af nordtrepel, øvrige flader i kanalplader	53	90	116	122	149

Det gennemsnitlige årlige energiforbrug i et væksthuse er 265 kWh/m², jf. Danmarks Statistik (2017) over opgørelser af energiforbrug og væksthuseareal, hvilket reflekterer stigende energiforbrug til kunstlys. Ved udskiftning af enkeltlagsglas med højisolerende to- eller flerlags dækkemateriale kan energiforbruget i et væksthuse reduceres med 10-30 % hvilket giver en gennemsnitlig årlig miljøeffekt på 53 kWh/m². Der opnås størst effekt i enkeltstående væksthuse og effekten aftager med væksthuseets størrelse. F.eks. vil der kunne opnås en effekt på mere end 20 % i enkeltstående huse (DANLO-typer) mindre end 20 m bredde.

5.2 Højisolerende to- eller flerlags dækkematerialer til isolering af væksthuse			
Formål: Energibesparelse ved isolering			
Anvendelse: Potteplanter, udplantningsplanter og grøntsager i væksthuse			
Teknologi: Kanalplader			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
53 kWh pr. m ² /år ved en energireduktion på 20 %	10	530 kWh pr. m ²	m ² væksthuse med grøntsager, udplantningsplanter og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthuseareal, teknologien har effekt på.

5.3 Gardinanlæg til isolering af væksthuse

Gardiner i væksthuse har to funktioner. Den ene er afskærmning mod sol (høj lysintensitet), og den anden er energibesparelse om natten. Gardiner anvendes i alle potteplantegartnerier og i stigende omfang i grøntsagsgartnerier, da gardiner nu kan foldes effektivt, så der ikke skygges.

Energibesparelse ved brug af gardiner i væksthuse har været kendt længe, og virkningen af at bruge gardiner er målt i en del forsøg. Energibesparelsen afhænger af det materiale, som gardinerne er fremstillet af, og energibesparelsen opstår gennem påvirkning af tre faktorer:

- Et glasvæksthus har et energitab gennem konvektion, hvor luften i væksthuset afkøles af det kolde glas.
- Et glasvæksthus har et naturligt luftskifte, hvor varm luft siver ud og erstattes med kold luft (marginalt i moderne væksthuse).
- Der sker energitab gennem langbølget varmestråling fra alle overflader i væksthuset.

I litteraturen er der stor variation i angivelsen af energibesparelsen ved brug af gardiner, og en af årsagerne skal findes i, at der ikke er taget hensyn til luftskiftet i væksthuset. Ældre væksthuse har ofte et højere naturligt luftskifte pga. utætheder end moderne væksthuse, og luftskiftet reduceres yderligere, hvis der bruges kanalplader som dækkematerialer i stedet for glas.

Et gardin, som er tæt, dvs. at luften har svært ved at passere igennem materialet, reducerer energitabet ved konvektion. Samtidig er et tæt gardin med til at reducere luftskiftet i væksthuset. Strålingstabet kan reduceres, hvis der bruges et gardin, som indeholder aluminium. Aluminium bruges, fordi det er billigt, og kan fremstilles som en tynd folie, der limes på en plastfilm. Energibesparelsen er derfor afhængig af det gardinmateriale, som anvendes. Yderligere er energibesparelsen afhængig af, hvilken styringsstrategi der anvendes, og om der anvendes mere end ét lag gardiner og hvor godt gardinets inddækning i kanten er.

Gardinmaterialer og energibesparelse

I litteraturen angives værdier fra 20 til over 40 % i energibesparelse ved anvendelse af gardiner (Dieleman et al. 2006; Bartok 2016). I nogle tilfælde angives endnu højere energibesparelser, fordi energibesparelsen kun er udregnet for den periode, hvor gardinerne er trukket for. Der er ingen energibesparelse, når gardinerne er trukket fra, hvad de er om dagen, men væksthuset vil fortsat kræve opvarmning. Energibesparelsen angives i nogle tilfælde på årsbasis og i andre tilfælde kun for vinterperioden.

Der findes ingen standard for måling af et gardinmateriales energibesparende effekt, og fabrikanter af gardinmaterialer angiver ikke, hvilken metode de har brugt til fastsættelse af energibesparelsesprocenten. Der udvikles til stadighed nye typer med forskellige fordele – brandhæmmende eller diffuserende typer, der dog næppe har praktisk betydning for energibesparelse.

En realistisk værdi for ét lag gardin er en energibesparelse på 20-30 %, lavest for transparente materialer og højest for gardiner helt i aluminium.

Der findes kun få oplysninger om størrelsen af energibesparelsen, når der installeres to lag gardiner i væksthuset. Energibesparelsen bliver større, men igen afhænger besparelsen af gardinmaterialernes egenskaber. Bruges tætte gardiner og vandret montering af flere gardiner, fås en højere energibesparelse, fordi den stillestående luft mellem de to gardinlag øger isoleringen. Energibesparelsen stiger med 10 til 15 %, når der installeres et ekstra lag gardiner (<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2011.07.046>).

Et krav, uanset om der er installeret ét eller to lag gardiner for at få den maksimale energibesparelse, er at inddækningen, dvs. dér, hvor gardinet ligger an mod konstruktionen, er tæt. Det løses på forskellig vis, bl.a. ved overlapninger og en såkaldt fodpose ved soklen.

Gardinmaterialerne slides ved foldning og ved træksnore og nedbrydes af UV-lys, selv i et glasvæksthus. Ved slitage opstår utætheder i gardinmaterialerne, og energiforbruget forøges. Levetiden for et gardin-anlæg er erfaringsmæssigt mellem 5 og 7 år. Udskiftning af slidte gardinmaterialer til et andet og mere isolerende materiale vil betyde en lille reduktion i energiforbruget.

Andre gardintyper

NIR gardiner er karakteriseret ved at kunne reflektere en del af solens nærinfrarøde stråling. Refleksionen opnås ved brug af nanoteknologi, og idéen er at reducere varmebelastning af væksthuset i perioder med høj indstråling. Undersøgelser på Københavns Universitet viser at NIR-gardiner, anvendt som isoleringsgardiner, ikke giver en større energibesparelse end gardiner fremstillet af samme materiale, blot uden NIR-egenskaber, og at deres funktionalitet ikke er tilfredsstillende (Rosenqvist, KU, pers. med.). Diffuse gardiner kan i sommerperioden øge produktiviteten. De har som sådan ingen energibesparende effekt, men sikrer en bedre fordeling af lyset, og man kan opnå en bedre vækst i skyggekrævende planter, fordi man kan tilføre mere daglig lyssum (Hohenstein, 2014), mens effekten har mindre betydning for lyskrævende planter, som er udbredt i Danmark.

Der er en række gardintyper på markedet, der tillader fugtgennemslip, men det betyder også, at deres isoleringsevne er reduceret. Jo tættere membranen er, desto mere isolering. På samme måde som NIR-gardiner er det kun teoretiske data målt på gardinmaterialet, der ligger til grund.

Mørklægningsgardiner bruges i forbindelse med kortdagsbehandling af planter for at inducere blomstring i perioder, hvor den naturlige dagslængde er længere end den kritiske dagslængde. Mørklægningsgardiner er lystætte gardiner. De har endvidere gode isolerende egenskaber, og kan give en energibesparelse på ca. 30 %, bl.a. fordi de fremstilles med en overside bestående af aluminium.

Der sker kun en reduktion i energiforbruget, når mørklægningsgardinerne er trukket for, og energibesparelsen er målelig i perioder med højt energiforbrug (fra januar til og med april, og fra september til og med december).

Væksthuse kan klassificeres efter deres varmeforbrugstal ($Wm^{-2}K^{-1}$), som afspejler væksthushets energitekniske tilstand. Jo højere et varmeforbrugstal, des dårligere er den energitekniske tilstand. Typisk har

ældre fritliggende væksthuse et meget højt varmekonsum, mens moderne blokvæksthuse har et mindre varmekonsum. I nedenstående Tabel 5.4 ses den procentvise energibesparelse ved installation af gardiner i væksthuse med forskellige varmekonsum, afhængig af hvor stor en ændring der efterfølgende sker i varmekonsummet. En realistisk forbedring af varmekonsummet ved installation af gardiner ligger mellem 2-2,5 og afhænger blandt andet af gardinmaterialet og monteringsmetoden.

Tabel 5.4. Procentvis energibesparelse i perioderne januar – april og september – december, ved installation af gardiner i væksthuse med forskellige varmekonsum, ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Varmeforbrugstal uden gardiner	Varmeforbrugstal med gardiner lukket mellem solnedgang og solopgang			
	4-5	5	5-5	6
6,5	18	13	9	4
7	21	17	13	8
7,5	23	19	16	12
8	26	22	18	15
8,5	27	24	21	17

Ud fra besparelsesprocenterne kan reduktionen i CO₂-emissionen beregnes ud fra den anvendte energikilde for en given ændring i varmekonsummet (Tabel 5.5).

Tabel 5.5. Reduktionen i CO₂-emissionen i kg pr. kvadratmeter i perioderne januar – april og september – december, ved ændring i varmekonsummet for et fritliggende væksthuse, ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Ændring i varmekonsum (Wm ⁻² K ⁻¹)	Fjernvarme	Naturgas	Gasolie	Fuelolie	Kul
0,5	3	5	7	7	9
1,0	6	11	14	15	18
1,5	10	16	21	22	27
2,0	13	21	28	29	36
2,5	16	27	35	37	44
3,0	19	32	42	44	53
3,5	22	38	48	51	62
4,0	25	43	55	58	71

Styring

Energibesparelsen er afhængig af den styringsstrategi, der bruges, og energibesparelsen stiger med den tid, som gardinerne er trukket for. Normalt styres gardinerne efter lyset og trækkes for sidst på dagen og åbnes igen om morgenen. Energibesparelsen i litteraturen er i langt de fleste tilfælde angivet efter denne simple styringsstrategi (Hemming et al. 2017, <http://edepot.wur.nl/409298> for overblik over metoder mv.).

Der kan opnås en yderligere energibesparelse ved at styre gardinerne efter en energibalancemodel eller fremløbstemperaturstyring. De to nævnte styringsstrategier giver en yderligere energibesparelse i størrelsesordenen 10-15 %, set i forhold til styring efter lys.

Brug af flerlagsgardiner (kombinationer af højisolerede og skyggegardiner) er i mange tilfælde en bedre løsning end et helt tæt gardin (blank/blank). Det betyder en bedre udnyttelse af naturligt lys, og en bedre mulighed for at vælge en skyggestrategi, der optimeres året rundt. Det betyder også mindre nedslag af fugt, fordi sprækker i de tætte gardiner betyder en betydeligt lavere temperatur på planterne under åbningerne i gardiner. Disse er nødvendige fordi varmen fra kunstlys-installationen skal kunne ledes bort.

Generelt er forudsætningen for energibesparelse ved investering i gardininstallationer, at de anvendes så meget som muligt, og ikke kun i korte perioder f.eks. ved lave udetemperaturer og at man faktisk justerer klimastyringen i forhold til de nye gardiner. Derfor kan kombinationen af effektive gardiner og varmepumper mv. til fugtstyring være en god kombination, da gardinerne kan anvendes betydeligt længere tid af året.

Økonomisk effekt

Det er vanskeligt at sætte en økonomisk effekt på brugen af gardiner. Det skyldes, at gartneriernes varmemeforbrugstal (pris og energikilde) ikke er ens, og inden for ét gartneri kan der være forskellige varmemeforbrugstal for hvert væksthuse. Da varmemeforbrugstallet afhænger af væksthuse alder, vedligeholdelsesstand og væksthustype, er det nødvendigt at inddrage denne viden for at kunne skønne den økonomiske effekt.

Et andet forhold, som vil spille ind, både på den økonomiske og miljømæssige effekt, er, hvilken energikilde der anvendes i gartneriet. Anvendes kul, er opvarmningsprisen lav, mens miljøpåvirkningen er stor, fordi der dannes meget CO₂ pr. produceret energienhed. Bruges naturgas, er opvarmningsprisen højere, mens miljøpåvirkningen er mindre pga. mindre CO₂-emission (Tabel 5).

Ved installation af et enkeltlagsgardin vil energiforbruget kunne reduceres med 15-25 % i forhold til et væksthuse uden gardiner. Det forudsætter ændringer i klimastyringen. Energibesparelsen kan øges med 10-15 % hvis der installeres et ekstra lag gardiner. Den årlige miljøeffekt vil således ligge på omkring 50 kWh pr. m².

5.3 Gardinanlæg til isolering af væksthuse			
<p>Formål: Energibesparelse ved isolering</p> <p>Anvendelse: Potteplanter, udplantningsplanter og grøntsager i væksthuse</p> <p>Teknologi: Ét- eller flerlags gardiner med eller uden refleksion. Et tolags gardin består af et normalt isoleringsgardin kombineret med et skyggegardin. Der findes mange typer af gardiner med forskellige kombinationer af aluminium og polyester. Gardinerne skal være ikke-brændbare.</p> <p>Teknologien er inklusiv fodposer til inddækning og gardinstyring (snoretræk og trækmotorer).</p>			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
50 kWh pr. m ² /år ved enkeltlags-gardiner med en energireduktion på 20 %	5 for gardin-materialet	250 kWh pr. m ²	m ² væksthuse med grøntsager, udplantningsplanter og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthuseareal teknologien har effekt på.

5.4 Kaloriferer til væksthuse

Fjernvarme er, som ordet siger, transport af varme over lange afstande. For at opnå bedst mulig energiøkonomi i fjernvarme, skal afkølingen på forbrugsstedet være så stor som mulig. Det er bekosteligt at pumpe store mængder varmt vand rundt, hvis afkølingen samtidig er meget lille. Her skal der ses på energiomkostningen til transport af energi i forhold til den forbrugte energimængde hos aftageren. I gartnerier, tilsluttet fjernvarme, er varmebladen i væksthuse forøget for at kunne maksimere nedkølingen. En yderligere nedkøling kan ske ved brug af kaloriferer eller anblæste varmeblader.

Kaloriferer er kendte systemer, men har aldrig fundet anvendelse i gartnerierne. Kaloriferer giver imidlertid mulighed for både en bedre luftfordeling, affugtning og bedre temperaturfordeling i væksthuse (Rosenqvist, KU, pers. med.), men problemet er især, at de ikke er velegnede i større væksthusearealer pga. luftfordelingen. Udstyret er derfor mest relevant i væksthuse mindre end 20 m brede.

Energiekstraktion fra væksthuse om sommeren muliggør, under forudsætning af høj virkningsgrad, energiforsyning til fjernvarmenettet. Det kræver, at den ekstraherede energi via en varmepumpe kan bringe vandtemperaturen op på 80 °C, før det kan pumpes ud i fjernvarmenettet. Her kan det erstatte varmt vand fra varmecentraler/kraftværksblokke, som om sommeren mest bruges til opvarmning af brugsvand. Der er dog nogle lovgivningsmæssige begrænsninger, som er under ændringer ifm. etableringer af store datacentre i Danmark.

Energiforbruget vil kunne reduceres med 10-25 % i forhold til gartnerier uden kaloriferer (Level 2017). Det kræver ændringer af klimastrategi og der kan være fugtstyringsgevinster som reducerer energiforbruget. Kan med fordel kombineres med andre teknologier (f.eks. klimacomputer og varmeveksler) for at øge effekten. Den gennemsnitlige årlige miljøeffekt vil ved en energireduktion på 20 % ligge på omkring 50 kWh pr. m². Den angivne miljøeffekt opnås ved alene at installere kaloriferer,

men effekten kan som nævnt øges ved at opgradere andre teknologier, som sikrer en passende temperatur og relativ fugtighed.

5.4 Kaloriferer til væksthuse			
Formål: Øget udnyttelse af fjernvarme			
Anvendelse: Potteplanter, udplantnings-planter og grøntsager i væksthuse. Energiekstraktion er kun til intern energiforbrug (ikke videresalg). Teknologi: Energiekstraktion med anblæste varmeplader			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
50 kWh pr. m ² /år ved en energi-reduktion på 20 %	10	500 kWh pr. m ²	m ² væksthuse med grøntsager, udplantnings-planter og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthuseareal teknologien har effekt på.

5.5 Klimacomputer til dynamisk klimastyring i væksthuse

Dynamisk klimastyring baserer sig på en sænkning af varmesætpunktet og en hævnning af ventilations-sætpunktet, kombineret med lysafhængigt ventilationstillæg og evt. en lysafhængig CO₂-koncentration. Øget tilførsel af CO₂, f.eks. ved røggasrensning, er kun relevant i kulturer med høj fotosyntese og ved større indstråling, og giver ingen energibesparelse. Optimal klimastyring betegnes almindeligvis ved optimering af produktionen i væksthuset med hensyn til udbytte, kvalitet og økonomi.

Alle klimacomputersystemer har faciliteter i softwaren til dynamisk klimastyring og de nødvendige sensorer. I et par af klimacomputersystemerne er det yderligere muligt at lægge modeller "på toppen" af softwaren, eller der er indlagt styringsstrategier, men dette er ikke en garanti for yderligere energibesparelse. Der udbydes ikke kommercielle softwarepakker til energibesparende klimaregulering, men klimacomputerfirmaerne tilbyder at tilrette programmer til at opfylde specielle krav.

Alt andet lige, vil en sænkning af varmesætpunktet give en energibesparelse, fordi den temperaturforskelle, som skal opretholdes mellem inde og ude, bliver mindre. Teoretisk set kan en energibesparelse på 25-30 % på årsbasis opnås, hvis varmesætpunktet sænkes fra 20 til 16 °C, men konsekvensen af en temperatursænkning på plantevæksten kan have store indflydelse på produktionstiden.

Et forhold, som har afgørende betydning for klimastyringen, er sensorernes kvalitet og kalibrering.

Manglende kalibrering af f.eks. luftfugtighedssensorer kan medføre en fejlagtig fugtstyring, eller CO₂-fejl kan betyde et betydeligt merforbrug på CO₂. Check af sensorer udføres normalt med kalibreret udstyr, ofte i samarbejde med rådgivningstjenesten.

Energiforbruget vil kunne reduceres med op til 30 %, hvis varmesætpunktet sænkes fra 20 til 16 grader.

Det kræver aktiv indsats med klimastyring. Den gennemsnitlige årlige miljøeffekt vil ligge på omkring 80 kWh pr. m². Udstyret kan med fordel kombineres med andre teknologier, f.eks. en kalorifere.

5.5 Klimacomputer til dynamisk klimastyring i væksthuse			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Potteplanter, udplantningsplanter og grøntsager i væksthuse Teknologi: Klimacomputer med software til dynamisk klimastyring, inklusiv sensorer og arbejdsstation. En klimacomputer kan styre flere væksthuseenheder.			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
80 kWh pr. m ² /år ved en energi-reduktion på 30 %	10	800 kWh pr. m ²	m ² væksthuse med grøntsager, udplantningsplanter og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthuseareal teknologien har effekt på.

5.6 LED belysning i væksthuse

Inden for belysning bruges i større og større omfang lysdioder (LED). Det skyldes, at udviklingen inden for lysdioder har bevirket, at de er blevet mere og mere energieffektive, og at de i energieffektivitet ligger tæt på højtryksnatriumlamper, hvor mere end 30 % af den tilførte energi bliver omsat til synligt lys. Et LED-belysningssystem kan erstatte højtryksnatriumlamper og andre typer vækst-lamper. Systemet er under fortsat udvikling, og der findes en tidligere version, der er installeret i danske gartnerier, og som er valideret ved forsøg på Aarhus Universitet (Ottosen, in prep.), hvor energibesparelsen er omkring 40 % samlet efter korrektion for merforbrug af varme. DTU/Fotonik har analyseret energiforbruget, eller rettere energieffektiviteten, hvor de traditionelle SONT-lamper ligger på 1,6-1,8 $\mu\text{mol}/\text{J}$, mens de elektroniske ballastlamper med 600 eller 1000 watt er mellem 2,0 og 2,4 $\mu\text{mol}/\text{J}$. LED-lamper ligger mellem 2,2 og 3,0 $\mu\text{mol}/\text{J}$, dette afhænger dog af lyssammensætning og udviklingstrin af lamperne. De ledende firmaer, så som Philips, sætter kommercielle lamper på markedet med 3,0 $\mu\text{mol}/\text{J}$. Man kan dog ikke udelukkende bedømme lamperne på basis af lyseffektivitet, idet lysfordeling og -intensitet har en stor rolle. Reelt er den mest effektive bedømmelse en vurdering af pris pr. micromol på planterne. På nuværende tidspunkt skønnes det, at udskiftning af traditionelle SONT-lamper (400 W) til LED giver en besparelse på ca. 50 % på el-siden, men der skal, afhængigt af art, justeres med øget varmetilførsel.

Et gennemsnitligt elforbrug på ca. 60 kWh/m² vil kunne reduceres med ca. 50 % i forhold til elforbrug til SONT-lamper (Ouzounis et al. 2017; Särkkä et al. 2017). Da LED ikke afgiver så meget varme, vil der være behov for en øget varmetilførsel, og energireduktionen vil derfor kun være omkring 15 % svarende til en årlig miljøeffekt på omkring 9 kWh pr. m². Dette afhænger dog af kulturens temperaturkrav, så i lavtemperaturkrævende arter af pryddplanter eller salat og de fleste krydderurter vil man kunne opnå den fulde effekt af LEDs potentielle energibesparelse, mens man ved tomater/agurker og varmekrævende potteplanter vil have en mindre energibesparelse.

5.6 LED belysning i væksthuse			
Formål: Energibesparelse Anvendelse: Potteplanter, udplantningsplanter og grøntsager (inkl. tomat og agurk) i væksthuse Teknologi: Lysdioder (LED)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
9 kWh pr. m ² /år ved en samlet energireduktion på 15 %	10	90 kWh pr. m ²	m ² væksthuse med grøntsager, udplantningsplanter og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthuseareal teknologien har effekt på.

5.7 Hybridinstallation med SONT og LED lamper til væksthuse

Nye SONT-lamper er mere energieffektive sammenlignet med gamle SONT-lamper, men afgiver fortsat varme. En ren omstilling af SONT til nye SONT-typer vil imidlertid ikke reducere energiforbruget. I LED sker der derimod ikke noget energitab, men den fulde effekt kan kun opnås i planter med temperatortolerance. For de fleste pryddplanter og tomat/agurk kan hybridinstallationer (med både SONT og LED) derfor være en løsning til at bevare en topvarmekilde og få mere energi-effektivt lys.

Ved uændret lysintensitet vil elforbruget ved en hybridinstallation (med >30 % lys udtrykt i micromol fra LED sammen med nye SONT med elektronisk styring) kunne halveres i forhold til elforbrug til gamle SONT-lamper. Andelen af fotosynteseaktivt lys fra LED beregnes på baggrund af de enkelte lampetyperes specifikationer for mikromol. Da LED ikke afgiver så meget varme vil der være behov for en øget varmetilførsel. Energireduktionen vil derfor kun være omkring 10 %.

Et gennemsnitligt elforbrug på ca. 60 kWh/m² vil kunne reduceres med ca. 10 % svarende til en årlig miljøeffekt på omkring 6 kWh pr. m². Der sker en løbende udvikling, så pris pr. micromol er aftagende. Ved hybridinstallation med SONT-lamper kan der opnås bedre effekt.

5.7 Hybridinstallation med SONT og LED lamper til væksthuse

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Potteplanter, udplantningsplanter og grøntsager i væksthuse

Teknologi: Energieffektive SONT med elektronisk styring kombineret med mindst 30 % fotosynteseaktivt lys fra lysdioder (LED)

Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
6 kWh pr. m ² /år ved en samlet energireduktion på 10 %	10	60 kWh pr. m ²	m ² væksthuse med grøntsager, udplantningsplanter og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthuseareal teknologien har effekt på.

6. Reduktion af næringsstofforbruget

I dette indsatsområde vedrørende næringsstofforbeduktion i gartnerisektoren er der kun medtaget teknologier, som har en miljøeffekt på mindst 10 % i forhold til nuværende teknologi.


Miljøeffekten er angivet i enheden g N pr. m². Arealet vedrører det areal, teknologien anvendes på og har effekt på, det vil sige dyrkningsareal i væksthuse eller på friland. I et væksthuse eller i en tunnel har teknologien kun effekt på det areal som reelt anvendes til produktion, dvs. eksklusiv eventuel teknikrum eller lager.

6.1 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthuseproduktion af tomat og agurk

Også gældende for teknologierne: 6.2, 6.3

I produktionen af potteplanter er det almindeligt at bruge avancerede vand- og gødningsblandere koblet til gødningscomputere og bagvedliggende beslutningsstøtteværktøjer til at sikre, at gødningstilførslen er så præcis som mulig i forhold til at opnå den ønskede vækst og kvalitet. Det vurderes, at der i andre dele af gartnerierhvervet hvor typiske frilandskulturer af grøntsager, frugt, krydderurter, medicinplanter, stauder, prydbuske- og træer mm. rykker ind under beskyttede forhold i tunnel, plastichuse eller glashuse, er behov for teknologi til bedre styring af gødningstilførslen, således som den i dag foregår i potteplante- og væksthuseproduktionen. Hvor der ikke allerede er installeret avancerede gødningsblandere og gødningscomputere, forventes en sådan investering at kunne reducere forbruget af næringsstoffer med 10-30 % (Evans and Sadler 2008). Der vil også kunne opnås en mindre reduktion i forbruget af næringsstoffer ved at udskifte dosatroner, som også stadig bruges i produktionen af potteplanter, med gødningscomputer, måske ca. 10 %.

I væksthuseproduktionen af 1) tomat og agurk, 2) andre grøntsager, bær og potteplanter, og 3) udplantningsplanter og planteskolekulturer anvendes typisk henholdsvis 3000, 1000 og 300 kg N pr. ha.

6.1 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthuseproduktion af tomat og agurk			
Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer			
Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, bær, potteplanter og udplantningsplanter i væksthuse samt planteskoleplanter i væksthuse og på containerplads			
Teknologi: Avanceret gødningsblander kombineret med en klimacomputer med software til dosering af gødningsopløsning 			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
60 g N pr. m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 20 %	10	600 g N pr. m ²	m ² væksthuse med tomat og agurk. Arealet vedrører kun det væksthuseareal teknologien har effekt på.

6.2 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthushproduktion af grøntsager, bær og potteplanter

Se afsnit "6.1 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthushproduktion af tomat og agurk".

6.2 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthushproduktion af andre grøntsager, bær og potteplanter			
Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, bær, potteplanter og udplantningsplanter i væksthush samt planteskoleplanter i væksthush og på containerplads Teknologi: Avanceret gødningsblander kombineret med en klimacomputer med software til dosering af gødningsopløsning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
20 g N pr. m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 20 %	10	200 g N pr. m ²	m ² væksthush med grøntsager, bær og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthushareal teknologien har effekt på.

6.3 Gødningsanlæg til styring af gødning i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer

Se afsnit "6.1 Gødningsanlæg til styring af gødning i væksthushproduktion af tomat og agurk".

6.3 Gødningsanlæg til styring af gødning af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthush eller på containerplads			
Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, bær, potteplanter og udplantningsplanter i væksthush samt planteskoleplanter i væksthush og på containerplads Teknologi: Avanceret gødningsblander kombineret med en klimacomputer med software til dosering af gødningsopløsning			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
6 g N pr. m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 20 %	10	60 g N pr. m ²	m ² væksthush med udplantningsplanter og planteskolekulturer. Arealet vedrører kun det areal teknologien har effekt på.

6.4 Recirkulering af gødevand i væksthushproduktion af tomat og agurk

Også gældende for teknologierne: 6.5, 6.6

I produktionen af potteplanter og væksthushgrøntsager er det almindeligt at recirkulere gødevandet, tage analyser af returvandet og supplere med de næringsstoffer, der er i underskud. Traditionelt er produktionen af planteskoleplanter foregået i marken som barrodsplanter, men gennem de seneste 30-40 år er produktionen rykket mere over i potter, som dyrkes på bede, på specielt indrettede containerpladser eller i væksthush (Purvis et al., 2000). Især er formeringsfasen af planteskoleplanter rykket ind i væksthuse. Ofte ældre væksthuse, som tidligere har været brugt til produktion af væksthushgrøntsager eller potteplanter, hvor potterne enten står i bunden af væksthushet eller på åbne borde med vatex. For at begrænse forbruget af vand og næringsstoffer vil det derfor være hensigtsmæssigt at bruge tætte borde og anlæg til recirkulering af gødevand. Ved produktion i bunden af væksthush eller udendørs vil anlæg af støbte dyrkningsunderlag muliggøre recirkulering af gødevand, som kan tilføres enten via dryp eller ebbe-flod vanding. Det vurderes, at der kan spares op mod 15 % næringsstoffer ved recirkulering. Frugt-, bær- og visse grøntsagskulturer dyrkes også i stigende grad i tunnel, plastikhus og væksthush. Her gælder de samme forhold som anført for planteskolekulturer, som rykker ind i væksthush, og at der vil kunne spares op til 15 % vand og næringsstoffer ved at indføre teknologi til recirkulering. Det er dog meget vigtigt, at disse recirkuleringsteknologier kobles til teknologier til rensning af gødevandet for sygdomsfremkaldende organismer og teknologi til styring af gødning (måling af de vigtigste næringsstoffers niveau og gødningscomputere til at dosere supplerende mængder af næringsstoffer). Her vil ligeledes kunne spares op mod 15 % vand og næringsstoffer ved recirkulering (Giuffrida and Leonardi, 2012; Sanchez-Del Castillo et al., 2014).

I produktionen af 1) tomat og agurk, og 2) andre grøntsager, bær og potteplanter i væksthush, samt 3) udplantningsplanter og planteskolekulturer anvendes typisk henholdsvis 3000, 1000 og 300 kg N pr. ha. Sammenlignet med traditionel gødevanding uden recirkulering vil forbruget af kvælstof og andre gødninger kunne reduceres, og den opnåede årlige miljøeffekt vil ligge på henholdsvis omkring 38, 13 og 4 g N pr. m².

6.4 Recirkulering af gødevand i væksthushproduktion af tomat og agurk

Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer

Anvendelse: Tomat og agurk i væksthush eller tunnel

Teknologi: **1.** Tætte dyrkningsborde eller render eller støbt underlag eller vandtæt membran, som sikrer opsamling af drænvand (nogle gartnerier kan allerede have borde eller underlag til opsamling, så ikke et obligatorisk indkøb) i **2.** opsamlingstanke hvorefter gødevandet renses for patogener med **3.** kloranlæg og/eller UV-anlæg og/eller ozonanlæg og/eller sandfilter og/eller Cu-anlæg og/eller biologisk rensningsanlæg (ikke en obligatorisk del af recirkuleringsanlæg). Returvand og råvand blandes i en **4.** gødningsblander (som under 6.1-6.3) styret af en **5.** klimacomputer med software som under 6.1 – 6.3.

Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
38 g N pr. m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 15 %	10	380 g N pr. m ²	m ² væksthush med tomat og agurk. Arealet vedrører kun det væksthushareal teknologien har effekt på.

6.5 Recirkulering af gødevand i væksthushproduktion af grøntsager, bær og potteplanter

Se afsnit "6.4 Recirkulering af gødevand i væksthushproduktion af tomat og agurk"

6.5 Recirkulering af gødevand i væksthushproduktion af grøntsager, bær og potteplanter

Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer

Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, bær, potteplanter og udplantningsplanter i væksthush samt planteskoleplanter i væksthush og på containerplads

Teknologi: Tætte dyrkningsborde eller render eller støbt underlag eller vandtæt membran, som sikrer opsamling af drænvand i opsamlingstanke hvorefter gødevandet renses for patogener i f.eks. sandfilter, UV-anlæg, Cu-anlæg eller biologisk rensningsanlæg. I en blandingstank blandes drænvand med friskt gødevand i et gødningsanlæg styret af en klimacomputer med software som under 6.1 – 6.3.

Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
13 g N pr. m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 15 %	10	130 g N pr. m ²	m ² væksthush med grøntsager, bær og potteplanter. Arealet vedrører kun det væksthushareal teknologien har effekt på.

6.6 Recirkulering af gødevand i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer

Se afsnit ”6.4 Recirkulering af gødevand i væksthushproduktion af tomat og agurk”

6.6 Recirkulering af gødevand i produktion af udplantningsplanter og planteskolekulturer i væksthush eller på containerplads			
<p>Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer</p> <p>Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, bær, potteplanter og udplantningsplanter i væksthush samt planteskoleplanter i væksthush og på containerplads</p> <p>Teknologi: Tætte dyrkningsborde eller render eller støbt underlag eller vandtæt membran, som sikrer opsamling af drønvand i opsamlingsstanke hvorefter gødevandet renses for patogener i f.eks. sandfilter, UV-anlæg, Cu-anlæg eller biologisk rensningsanlæg. I en blandingstank blandes drønvand med friskt gødevand i et gødningsanlæg styret af en klimacomputer med software som under 6.1 – 6.3.</p>			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
4 g N pr. m ² /år ved et reduceret N-forbrug på 15 %	10	40 g N pr. m ²	m ² væksthush med udplantningsplanter og planteskolekulturer. Arealet vedrører kun det areal teknologien har effekt på.

7. Reduktion af pesticidforbruget

I dette indsatsområde vedrørende pesticidreduktion i gartnerisektoren er der kun medtaget teknologier, som har en miljøeffekt på mindst 10 % i forhold til nuværende teknologi.

Miljøeffekten er angivet i enheden B pr. ha, hvor B er et udtryk for pesticidbelastningen. Pesticidbelastningen er beregnet på grundlag af viden om de enkelte aktivstoffers miljøegenskaber. Arealet vedrører det areal, teknologien anvendes på og har effekt på, det vil sige dyrkningsareal i væksthuse, tunnel eller på friland. I et væksthuse eller i en tunnel har teknologien kun effekt på det areal som reelt anvendes til produktion, dvs. eksklusiv eventuel teknikrum eller lager.

Miljøeffekten for de enkelte teknologier er beregnet på baggrund af mængden af solgte pesticider (Ørum & Holtze, 2017) hvor pesticidbelastningen for herbicider, fungicider og insekticider er angivet for forskellige afgrødetyper. Værdierne for frugt, bær, pryddplanter og planteskolekulturer er imidlertid behæftet med nogen usikkerhed (Ørum et al., 2016).

7.1 Rækkedyrkningssystemer

Systemer til ukrudtsbekæmpelse i rækkedyrkede afgrøder kan bestå af en radrenser eventuelt i kombination med en båndsprøjte. Systemet kan primært anvendes i afgrøder, der dyrkes på stor rækkeafstand som roer, majs samt en række specialafgrøder. Systemet er også relevant i afgrøder, der normalt etableres bredsået, men som kan dyrkes på større rækkeafstand uden at det påvirker udbyttet. Det vigtigste eksempel er vinterraps, hvor det i en periode, hvor udvalget af herbicider var meget begrænset, var ret udbredt at dyrke på 50 cm rækkeafstand og foretage radrensning evt. i kombination med båndsprøjtning. Der er ikke specielle krav til såudstyret. Ved at kombinere med styresystemer i form af GPS-styring af såning, radrensning og båndsprøjtning, eller ved at anvende optiske styresystemer, kan båndbredden reduceres, og anvendelsen af herbicider minimeres i systemet. Båndsprøjtning kan foretages med uafskærmede sprøjter eller med sprøjter, hvor dyserne er afskærmede. Afskærmning af dysen ved båndsprøjtning sikrer en mere korrekt sprøjtning og reducerer afdriftsrisikoen væsentligt.

Radrensning, herunder i kombination med båndsprøjtning, har tidligere været udbredt i forbindelse med ukrudtsbekæmpelse i roer. Primært af kapacitetsmæssige årsager blev teknikken afløst af bredsprøjtning. Inden for de senere år har systemet også kortvarigt været anvendt i vinterraps som ovenfor beskrevet.

Det skønnes, at ovenstående systemer kan reducere herbicidanvendelsen med over 60 % i de pågældende afgrøder (Jensen & Lund, 2006). Med afsæt i en samlet fladebelastning på 4,29 BF pr. ha for herbicider i grøntsager i 2014/2015 (Ørum & Holtze, 2017) opnås således en årlig miljøeffekt på omkring 2,57 BF pr. ha.

7.1 Rækkedyrkningsystemer			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Grønsager på friland Teknologi: Radrenser og båndsprøjte eventuelt kombineret samt med autostyring af begge.			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,74 B pr. ha	10	17,4 B pr. ha	Ha med grøntsager på friland

7.2 Båndsprøjtning

Båndsprøjtning kan anvendes ved plantebeskyttelse med fungicider og insekticider i rækkedyrkede afgrøder som jordbær. Ved at anvende båndsprøjtning, hvor der anvendes en båndbredde, der svarer til kulturens båndbredde, reduceres pesticidanvendelsen i forhold til bredsprøjtning af kulturen. Reduktionen vil afhænge af, hvilket dyrkningssystem, der anvendes. Der anvendes båndsprøjter med typisk flere dyser pr. afgrøderække. Dyserne kan være monteret indvendigt i en skærm, så sprøjtningen foretages afskærmet med en reduceret afdriftsrisiko.

Båndsprøjtningssystemer til jordbær, herunder afskærmede udgaver, har en vis udbredelse. Det skyldes, at der en kortvarig periode var et hyppigt anvendt fungicid på markedet, som kun måtte anvendes, hvis udbringningen blev foretaget med afskærmet udstyr, der kunne sikre en minimal afdriftsrisiko.

Udstyret består af rækkeenheder (skærme med typisk 3-5 dyser pr skærm) der monteres på en bom med den ønskede arbejdsbredde. Bommen monteres på en eksisterende marksprøjte og anvender dennes tank til sprøjtevæske samt trykssystem.

Det vurderes, at båndsprøjtningsteknologien kan reducere fungicidforbruget med 20-40 % (Jensen & Lund, 2006). Med afsæt i en samlet fladebelastning på 4,36 BF pr. ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i 2014/2015 (Ørum & Holtze, 2017) og et reduceret pesticidforbrug på 20 % i f.eks. jordbær opnås således en årlig miljøeffekt på 0,87 BF pr ha.

7.2 Båndsprøjtning			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Grønsager på friland Teknologi: Båndsprøjtning reducerer sprøjtet areal. Rækkeenheder (skærme med typisk 3-5 dyser pr skærm) monteres på en bom på en eksisterende marksprøjte			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,97 B pr.ha	15	14,55 B pr.ha	Ha med grøntsager og jordbær på friland

7.3 Sprøjteteknologi: Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske

Ved sprøjtning med fungicider og insekticider i træ- og buskfrugt anvendes tågesprøjter. Sprøjtevæsken udsprøjtes horisontalt fra sprøjten, samt opad for at kunne dække hele kulturhøjden. Sprøjteteknologien forudsætter således, at der sprøjtes mod en "kulturvæg" med konstant højde. I unge kulturer vil der være huller i denne væg, og specielt i unge kirsebærplantager vil kun en mindre del af sprøjtevæsken blive opfanget af kulturen. Ved tidlige sprøjtninger før udspring vil en stor del af sprøjtevæsken ligeledes gå tabt. I etablerede plantager vil der være huller i plantebestanden, og kulturhøjden vil variere. Når det tilstræbes at dække i maksimal kulturhøjde, vil dette også medføre et tab. Selv i veletablerede kulturer vil der generelt være en vis hulprocent igennem hele sæsonen. Der er udviklet to teknologier med henblik på at reducere de tab, der er forårsaget af heterogenitet i plantebestanden. Begge teknologier reducerer samtidig afdriften ved sprøjtning i frugt og bær med tågesprøjter.

Den ene teknologi benævnes tunnelsprøjter. Som navnet antyder, er disse sprøjter udformet som en tunnel, hvori dyserne er monteret. Sprøjterne kan anvendes i de nye dyrkningssystemer af frugt, hvor kulturhøjden er begrænset til nogle få meter. Under kørsel passerer kulturen igennem tunnelen, og sprøjtevæske, der ikke rammer kulturen, opfanges af den modstående tunnelside. Sprøjtevæsken filteres og genanvendes, og både pesticidforbruget og afdriften reduceres.

Det skønnes, at tunnelsprøjter med recirkulering af sprøjtevæske kan reducere fungicid- og insekticid-anvendelsen i frugt- og bærkulturer med ca. 20 % (Pergher et al., 2013; Nogle af disse systemer er testet hos Julius Kühn-Institut i Tyskland <https://www.julius-kuehn.de/at/ab/abdrift-und-risikominderung/pflanzenschutzmitteleinsparung/>

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 4,36 BF pr. ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i 2014/2015 (Ørum & Holtze, 2017) og et reduceret pesticidforbrug på 20 % i frugt og bær opnås således en årlig miljøeffekt på 0,87 BF pr. ha.

7.3 Sprøjteteknologi: Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider			
Anvendelse: Frugt og bær på friland			
Teknologi: Sprøjtevæske der ikke rammer kultur opsamles og genbruges.			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,97 B pr. ha	10	9,7 B pr. ha	Ha med træfrugt på friland

7.4 Sprøjteteknologi: Sensorafblending af dyser på tågesprøjter

Den anden teknologi, der er udviklet til at hindre tab af sprøjtevæske ved sprøjtning med fungicider og insekticider i træ- og buskfrugt, er sensorafblending af dyser på tågesprøjter.

Formålet med sensorafblending er ligeledes at hindre de tab af sprøjtevæske, der sker ved tågesprøjtning af frugt- og bærkulturer som følge af heterogenitet i plantebestanden.

Sensorafblænding er en teknologi, der anvendes på almindelige tågesprøjter. En række sensorer, svarende til antallet af dyser, er monteret på sprøjten foran dyserne og registrerer huller i plantebestanden. Hvor der er registreret et hul i plantebestanden, der svarer til den bredde dysen dækker, lukkes for den tilsvarende dyse i det tidsinterval, der svarer til længden af hullet i plantebestanden. Teknologien sikrer en besparelse i forbruget af fungicider og insekticider samt en reduktion i afdrift under sprøjtningen. Det skønnes, at tågesprøjter, der er monteret med sensorafblænding af dyser, kan reducere fungicid- og insekticidanvendelsen i frugt- og bærkulturer med ca. 20 % (Pergher et al., 2013; Nogle af disse systemer er testet hos Julius Kühn-Institut i Tyskland <https://www.julius-kuehn.de/at/ab/abdrift-und-risikominderung/pflanzenschutzmitteleinsparung/>)

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 4,36 BF pr. ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i 2014/2015 (Ørum & Holtze, 2017) og et reduceret pesticidforbrug på 20 % i frugt og bær opnås således en årlig miljøeffekt på 0,87 BF pr. ha.

7.4 Sprøjteteknologi: Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Frugt og bær på friland Teknologi: Sensorer registrerer "huller" i plantebestand og lukker for dyser.			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,97 B pr. ha	10	9,7 B pr. ha	Ha med træ- og buskfrugt på friland

7.5 Sensorbaseret ukrudtssprøjte

Ved bekæmpelse af ukrudt kan der anvendes en relativt simpel sensorteknologi, der sikrer at der kun sprøjtes i områder, hvor der er ukrudt. Teknologien er specielt anvendelig ved total ukrudtsbekæmpelse, hvor al plantevækst er uønsket. Teknologien består af en sensor, der registrerer ukrudt og aktiverer den tilsvarende dyse/sprøjteenhed, der passerer det område, hvor der registreres ukrudt. Under afgrøderækken i kulturer af træ- og buskfrugt foretages total ukrudtsbekæmpelse og typisk flere gange i sæsonen. Her er teknologien relevant, og vil kunne spare en væsentlig del af herbicidanvendelsen. Det er en forudsætning for at kunne opnå den angivne besparelse at hver enkelt dyse/sprøjteenhed aktiveres individuelt af en sensor, så den maksimale opløsning i bredden er 50 cm.

Det skønnes, at teknologien vil kunne reducere herbicidanvendelsen med 30 % ved total ukrudtsbekæmpelse i afgrøderækken i kulturer af frugt og bær.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 0,86 BF pr. ha for herbicider i frugt og bær i 2014/2015 (Ørum & Holtze 2017) og et reduceret forbrug på 30 % i frugt og bær opnås således en miljøeffekt på 0,26 BF pr. ha pr. år.

7.5 Sensorbaseret ukrudtssprøjte			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider			
Anvendelse: Frugt og bær på friland			
Teknologi: Sensorer sikrer at der kun sprøjtes når der registreres ukrudt.			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,5 B pr. ha	10	15 B pr. ha	Ha med træ- og buskfrugt på friland

7.6 Lugerobot til rækkeafgrøder af grøntsager

Lugeroboter kan anvendes til ukrudtsbekæmpelse mellem og i rækkerne i udplantede grøntsager som kål, salat, selleri, løg og porre. Roboterne er udstyret med kameraer, der kan genkende afgrødeplanter, og derved få mekaniske lugeaggregater til at undvige afgrødeplanterne. Med lugeroboter vil der være mulighed for en nærmest fuldstændig ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse i udplantede grøntsager med begrænset behov for opfølgende håndlugning. På det europæiske marked forhandles i øjeblikket flere forskellige lugeroboter, men på det danske marked er det især to lugerobotprincipper, der gør sig gældende. Det ene benytter sig af højtsiddende kameraer, der detekterer flere rækker samtidigt, og dermed foretager en mønstergenkendelse af rækkestrukturen. Selve lugningen foretages med ét roterende skær pr. række. Det andet lugeprincip har ét linjekamera pr. afgrøderække, der detekterer hver eneste afgrødeplante. Lugningen foretages med to flade skær – ét fra hver side af rækken – som føres ud og ind imellem afgrødeplanterne. Robotlugning er testet i udplantet kål i England, hvor 62-87 % af ukrudtet i rækken blev bekæmpet inden for en radius af 24 cm fra kålplanterne (Tillett et al., 2008). I udplantet hvidkål i Danmark blev 76 % af ukrudtet i rækken bekæmpet, hvilket var ca. 14 % bedre end ikke-intelligente metoder som ukrudtsharvning og fingerhjul (Melander et al., 2015). I samme undersøgelse blev robotlugning også testet i udplantede løgklynger med 7 løgplanter pr. klynge. Her bekæmpede teknologien ca. 54 % af ukrudtet i rækken under mindre gunstige forhold til ca. 86 % af ukrudtet i rækken under mere gunstige forhold. I hverken den engelske eller danske undersøgelse opstod der nævneværdige afgrødeskader som følge af robotlugning. I udplantede løg efterlades en restukrudtsmængde, som kan fjernes manuelt eller ved spot-spraying, hvis herbicidforbruget skal holdes maksimalt nede. Tidsforbruget til håndlugning vil helt afhænge af ukrudtstrykket, men kan typisk ligge på 30-90 timer ha⁻¹ (ikke publicerede data fra Melander et al., 2015).

Lugeroboter har endnu ikke vist tilstrækkelig pålidelighed til anvendelse i udsåede rækkeafgrøder. Roboterne er især testet i roer, men uden større succes. Ukrudt og afgrøde 'flyder' nemt sammen, hvilket gør det svært for visionsteknologien at foretage en klar adskillelse af afgrøde og ukrudt.

Standardmiljøeffekt

Reduktionen i herbicidforbruget er markant ved anvendelse af robotlugning svarende til 100 % i nogle afgrøder (eks. kål) til det, som svarer til forbruget ved anvendelse af en spot-sprayer. Anvendelse af lugerobotter er oplagt i både den økologiske og konventionelle produktion. De væsentligste argumenter for at investere i lugerobotteknologien frem for redskaber uden intelligens er flere driftstimer og større sikkerhed for ikke at skade kulturplanterne. Fladebelastningen var ifølge Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik 4,29 B pr. ha for herbicider i grøntsager i 2014/2015 (Miljøstyrelsen, 2017).

7.6 Lugerobot til rækkeafgrøder af grøntsager			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider			
Anvendelse: Grøntsager på friland			
Teknologi: Lugeudstyr styres af kameraer så afgrøde ikke beskadiges.			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,9 B pr. ha	10	29 B pr. ha	Ha med grøntsager på friland

7.7 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager

Autostyring til radrensere ved hjælp af kameraer eller præcise GPS-systemer er teknologier, som kan rationalisere radrensningen i rækkeafgrøder (Wiltshire et al., 2003). Kamerasystemerne kan bestå af: ét kamera pr. bed til mønstergenkendelse af rækkerne; ét linjekamera pr. afgrøderække til identifikation af enkeltplanter; eller ét 2 D CCD kamera pr. række, som tilsvarende linjekameraet ser mere lodret ned på afgrødeplanterne. Både linjekameraet og 2 D CCD kameraet er afhængig af en tydelig kontrast mellem jord og afgrøde. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse mellem afgrøderækkerne eliminerer behovet for kemisk bekæmpelse i dette område. Teknologien vurderes at være relevant for både grøntsags- og planteskolekulturer.

Radrensere med eller uden autostyring kan påmonteres ekstraudstyr som fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder til bekæmpelse af ukrudt i selve afgrøderækken (Cloutier et al., 2007). Fingerhjul består af roterende hjul påmonteret gummi- eller plastikfingre. Hver række behandles af to hjul - ét på hver side af rækken - hvor fingrene bekæmper ukrudtet i rækken mekanisk. Skrabepinde består af bøjet fjederstål, hvor to pinde - en på hver side af rækken - 'skraber' jorden i en dybde på 1-2 cm, hvorved ukrudtet bekæmpes. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i rækken vha. fingerhjul og skrabepinde kræver robuste afgrødeplanter for at undgå afgrødeskader. Kun godt forankrede udplantningsplanter, samt udsåede kulturer, der har nået et vist udviklingsstadium, kan tåle behandlingen. Ukrudtet skal være småt på bekæmpelsestidspunktet (helst ikke mere end kimbladsstadiet), for at ukrudtseffekten er tilstrækkelig god.

Styringsudstyret dvs. GPS og/eller kamera monteres på eksisterende radrenser. Det samme gælder ekstraudstyr som fingerhjul, skrabepinde og strigletænder. Ofte vil det være nødvendigt at tilføje et hydraulisk element (sideshift) samt evt. et styrehjul til at flytte radrenseren efter GPS- / kamerasignalerne. Men, hvad der præcis kræves af tilføjelser til GPS og kameradelen afhænger helt af producenten af styringsudstyret. Investeringen vil typisk være GPS (plus evt. kamera), styringssoftware, hydraulisk styringselement samt fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder med tilhørende beslag.

Standardmiljøeffekt

Besparelsen i herbicidforbruget vil helt afhænge af rækkeafstanden og det ubearbejdede bånd, som radrenseren efterlader omkring afgrødeplanterne. Ved en rækkeafstand på 50 cm og et ubearbejdet bånd på 10 cm vil 80 % af arealet blive rensset mekanisk. I praksis vil reduktionen i herbicidforbruget være lidt mindre, omkring 60-70 %, idet eksempelvis båndsprøjtning af rækken vil medføre et vist overlap (Wiltshire et al., 2003). Fingerhjul og skrabepinde kan erstatte sene herbicidsprøjtninger i udsåede kulturer, forudsat at afgrødeplanterne er godt forankrede. Det varierer dog meget, hvor meget der skal sprøjtes mod ukrudt i rækken i de forskellige grøntsagskulturer. I udplantede kulturer kan radrensning med fingerhjul og skrabepinde udgøre en ren mekanisk løsning, omend nogen manuel efterlugning kan blive nødvendig. I gennemsnit forventes ekstraudstyret at kunne føre til en 80 % reduktion i herbicidforbruget for grøntsager og planteskolekulturer, når besparelsen omfatter både bekæmpelsen mellem og i rækkerne. Besparelsen skal ses i forhold til en fladebelastning på 4,29 B pr. ha for herbicider i grøntsager i 2014/2015 (Miljøstyrelsen, 2017). Autostyringssystemer kan desuden øge driftstiden, fordi teknologien ikke stiller samme krav til traktorførerens koncentrationsevne som manuelt betjente styringssystemer.

7.7 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider			
Anvendelse: Grøntsager på friland.			
Teknologi: Styringselementer som GPS og/eller kamera(er) og aktuator(er) samt fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder til påmontering på eksisterende radrenser			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,32 B pr. ha	10	23,2 B pr. ha	Ha med grøntsager på friland

7.8 Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer

Der findes udstyr til mekanisk udtynding af blomster i frugttræer. Både håndholdt udstyr og traktordrevet udstyr. Metoden kan nedbringe forbruget af de kemiske udtyndingsmidler med 80-100 % (Hennen et al., 2011).

Metoden er ny i Danmark. Der er kørt demonstration af metoden i nogle år (Baarts, 2014). Kun enkelte avlere bruger metoden i dag. Metoden er til rådighed, men udnyttes kun begrænset. Investering i ny teknologi til mekanisk blomsterudtynding er eksklusiv traktor.



Eksempel på udstyr til blomsterudtynding.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 0,3 B pr. ha for vækstreguleringsmidler i frugt og bær (Ørum et al. 2016) og et reduceret forbrug på op til 100 % opnås således en årlig miljøeffekt på 0,3 B pr. ha.

7.8 Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider			
Anvendelse: Frugt			
Teknologi: Sideforskudt traktordreven udstyr til mekanisk udtynding af blomster i frugttræer			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,3 B pr. ha/år ved 100 % pesticid-reduktion	5	1,5 B pr. ha	Ha med frugt på friland. Arealet vedrører kun det areal teknologien anvendes på.

7.9 Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bæravl

Ved brug af klimastationer til registrering af lokale klimaforhold: lufttemperatur, blad- og luftfugtighed i plantemassen, samt nedbør, kan der via kombination med udviklet software foretages en optimal timing af fungicidbehandlinger mod f.eks. æbleskurv (Lindhard Pedersen et al., 2005), kirsebærbladplet (Lindhard Pedersen et al., 2012). Endvidere vil der kunne foretages en optimal insekticidbehandling mod f.eks. æblevikler. Flere af disse beslutningsstøttesystemer vil kræve et kursus med opfølgninger, for at brugerne kan udnytte systemet optimalt.

Afhængig af de aktuelle årlige klimaforhold forventes det, at kunne nedbringe de aktuelle behandlinger mod sygdomme og skadedyr med 50-100 % (Lindhard Pedersen et al., 2005; Lindhard Pedersen et al., 2012). Dette afhænger dog af afgrøden, skadevolderen og de aktuelle klimaforhold.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 4,36 B pr. ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i 2015 (Ørum et al. 2016) og et reduceret forbrug på i gennemsnit 75 % opnås således en årlig miljøeffekt på 3,3 B pr. ha.

7.9 Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bær-avl			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider			
Anvendelse: Frugt og bær til varsling for f.eks. æbleskurv i æble, vinskimmel i vin, kirsebærbladplet i kirsebær, æblevikler i æbler og pære, samt anthracnose i blåbær.			
Teknologi: Beslutningsstøttesystem baseret på lokale klimaregistreringer for: nedbør, temperatur, relativ luftfugtighed (RH) og bladfugtighed.			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
3,3 B pr. ha/år ved 75 % pesticid-reduktion	5	16,5 B pr. ha	Ha med frugt og bær på friland. Arealet vedrører kun det areal teknologien anvendes på.

7.10 Tunneler til dyrkning af bær

Også gældende for teknologien: 7.11

I det tidlige forår er klimaet normalt den begrænsende faktor for tidlig plantning af havebrugsafgrøder. Løsningen kan være lette væksthuse dækket med et enkelt lag af klar polyethylen plast, som kan øge dagtemperaturen og øger temperatursummen i vækstsæsonen. Der er dog nogle begrænsninger i de simple lave væksthuse, så et mere fremtidsorienteret system vil være brug af plasthuse, der placeres permanent på området, og kan isoleres og om nødvendigt opvarmes – ofte kaldet høje tunneler eller plastvæksthuse. Man kan i princippet skelne mellem høje helårstunneler (passive solvarme væksthuse) og 3-sæsons høje tunneler (er almindelige i dag), der ikke anvendes i vintersæsonen, men hvor man typisk fjerner plastdækket i vintersæsonen (Blomgren og Frisch, 2009; Rasmussen og Orzolek, 2009; Reid, 2008; Wien et al., 2008).

Dyrkning af bær og grøntsager i tunneler eller plastvæksthuse giver avlerne mulighed for at udvide deres sæson både tidligt og sent, og dermed øge deres konkurrenceevne i forhold til produkter, der importeres (Pedersen et al., 2011). Temperatur og ventilationskontrol er afgørende for produktion af sunde afgrøder med høj kvalitet, så derfor er den langsigtede løsning at investere i mere avancerede væksthuse med ventilationssystemer, så den relative fugtighed og temperaturen kan styres.

Helårstunneler med mulighed for en vis grad af klimastyring er også velegnede til økologisk produktion af grøntsager, frugt og jordbær, som i dag dyrkes på friland. De kan fungere som regn- og haglbeskyttelse, forlænge sæsonen, eller der kan introduceres nye plantearter, som normalt ikke vil kunne klare sig i Danmark. Tunneler alene vil kunne reducere visse sygdoms- og skadedyrsproblemer, og tunneler med mulighed for klimastyring vil kunne reducere forekomsten af andre sygdomme, og for de resterende vil der være bedre mulighed for kontrol med biologisk bekæmpelse. Helårstunneler eller væksthuse vil desuden betyde, at man bedre kan styre gødning og vanding og dermed gøre produktionen mere kontrolleret og mere bæredygtig, samtidig med at kvaliteten forbedres og spildet reduceres for nogle produkter. I USA og Canada har de høje tunneler vist sig at være velegnede til produktion af højeværdiafgrøder, herunder salatmix, babyspinat, tomater, agurker, rød peber, basilikum, afskårne blomster, hindbær, jordbær og meget mere. Også dværgtræ-afgrøder som søde kirsebær kan produceres i større multi-bay tunneler (Cheng og Uva, 2008).

Svampesygdomme ændrer karakter i et plasthus og tunnel, og kan være et problem, hvis den relative fugtighed ikke kan reguleres. Faren for et angreb er størst, når luftstrømmen inde i tunnelen er lav og den relative luftfugtighed er høj. I jordbær er set større angreb af meldug og et mindre angreb af gråskimmel i tunnel (Xiao et al., 2001). Valg af resistente sorter, aktiv ventilation (ved at tilføje gavl- eller tagventilation) og fremme af bedre luftcirkulation inde i tunnelen (fx tilføjelse af aktive ventilatorer) er mulige løsninger på problemet, men der er begrænsede erfaringer fra Danmark på dette område.

Skadedyr forårsager normalt mindre skade i høje tunneler, bl.a. fordi afgrøderne en del af tiden vokser, hvor skadedyr er mindre aktive. Ikke desto mindre kan insekter (bladlus, mider, trips, bladhvepse) være generende i høje tunneler. Registreringer af klimaparametre viser, at temperaturen er lidt højere i tunnelen end udenfor (Daugaard, 2008). Drypvanding reducerer vandforbruget, og de danske undersøgelser har også vist, at ukrudtstrykket er lavt mellem rækkerne, fordi jorden forbliver tør.

Ved dyrkning i høje tunneler og plastvæksthuse vil der for højeværdiafgrøder som f.eks. jordbær, hindbær og visse frilandsafgrøder, i forhold til frilandsdyrkning, kunne reduceres i pesticidforbruget, fordi biologisk bekæmpelse vil være mulig. Herudover vil det ved drypvanding være muligt at reducere vand- og gødningsforbruget. Samtidig opnås tidligere udbytter, og nogle år også reduceret spild på grund af klimabeskyttelse mod regn og hagl.

Ved dyrkning af bær og grøntsager i tunneller i stedet for på friland kan fungicid- og insekticid-forbruget reduceres med 50 % pr. produceret enhed, fordi udbytterne stiger, spildet reduceres og det i højere grad er muligt at bruge biologisk bekæmpelse og reducere antallet af pesticid-sprøjtninger, især hvor

klimakontrol er muligt (Martínez-Blanco et al., 2011; Garcia et al., 2016; Demchak, 2009). Investering i tunnel til produktion af bær eller grøntsager kan være inklusiv temperatur- og ventilationskontrol. Med afsæt i en samlet fladebelastning på 4,36 og 3,97 B pr. ha for fungicider og insekticider i henholdsvis frugt/bær og grøntsager i 2015 (Ørum et al. 2016) og et reduceret pesticidforbrug på omkring 50 % opnås således en årlig miljøeffekt på 2,2 B pr. ha i bær dyrkning og 2,0 B pr. ha i grøntsagsproduktion i tunneller, hvor areal refererer til dyrkningsareal, hvor der dyrkes bær og grøntsager til frisk konsum.

7.10 Tunneler til dyrkning af bær			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Bær og grøntsager Teknologi: Helårstunneler og 3-sæsons tunneler til afskærmning mod sygdomme og skadedyr. Helårstunneler kan kombineres med klimastyring hvorved effekten øges idet svampesygdomme i højere grad kan kontrolleres			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,2 B pr. ha/år ved 50 % pesticidreduktion	5	11 B pr. ha	Ha med bær på friland

7.11 Tunneler til dyrkning af grøntsager

Se afsnit "7.10 Tunneler til dyrkning af bær"

7.11 Tunneler til dyrkning af grøntsager			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Bær og grøntsager Teknologi: Helårstunneler og 3-sæsons tunneler til afskærmning mod sygdomme og skadedyr. Helårstunneler kan kombineres med klimastyring hvorved effekten øges idet svampesygdomme i højere grad kan kontrolleres			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,0 B pr. ha/år ved 50 % pesticidreduktion	5	10 B pr. ha	Ha med grøntsager på friland

7.12 Regntag over frugt og bær

Opsætning af regntag eller markiser i æbler og pærer har i forsøg vist, at angreb af svampesygdomme reduceres væsentligt. Både angreb af æbleskurv og angreb af diverse lagerrådsygdomme reduceres til et niveau, som konventionelt sprøjtede frugter. Samtidig reduceres solskold, haglskader og klimabetinget skrub på æblerne (Bertelsen and Lindhard Pedersen 2014).

Regntag forventes at kunne reducere pesticidbehandlingerne med 80-100 % (Bertelsen, 2017). Bekæmpelse mod svampesygdomme foretages fra 12 til 25 gange om året, afhængigt af de aktuelle klimaforhold. Det er specielt behandlinger mod svampesygdomme, som opsætning af markiser kan reducere. Nyhedsværdien er meget høj. Metoden er stadig på udviklingsstadiet.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 2,41 B pr. ha for fungicider i frugt og bær i 2015 (Ørum et al. 2016) og et reduceret forbrug på i gennemsnit 90 % opnås således en årlig miljøeffekt på 2,2 B pr. ha.

7.12 Regntag over frugt og bær Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Frugt og bær Teknologi: Reduktion af luftfugtighed i plantemassen opnået ved overdækning med markiser bestående af gennemsigtig plast eller presenning monteret på pæle med wirer			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,2 B pr. ha/år ved 90 % pesticidreduktion	5	11 B pr. ha	Ha med frugt og bær på friland. Arealet vedrører kun det areal teknologien anvendes på.

7.13 Høstmaskine til skånsom høst af bær

Der udvikles løbende nye typer af selvkørende portal-høstere til industribær. Disse nye modeller har nye høstaggater og teknik, som gør høstprocesserne mere skånsomme, og derfor ikke skader buske og bær så meget som tidligere (<http://news.uga.edu/releases/article/blueberry-research-gentler-methods-of-harvesting-tiny-fruit-0415>).

Den blidere høst og de mindre skader på bær og buske betyder, at der kan spares på de forebyggende svampe- og skadedyrsprøjtninger. Der forventes at kunne spares 2 sprøjtninger mod barkgalmyg i solbær. Disse skadedyr tillokkes af fysiske skader på grene, og lægger æg i grensårene. Desuden forventes at kunne spares 2-3 sprøjtninger mod svampesygdomme. Både gråskimmel som inficerer sår på grene, og svampesygdomme som angriber bærrerne efter høst, især hvis de skades mekanisk. En mere skånsom høst forventes at kunne reducere pesticidforbruget med 20-40 % i forhold til ældre typer portalthøstere (Isskov H.C., pers. med.).

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 4,36 B pr. ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i 2015 (Ørum et al. 2016) og et reduceret pesticidforbrug på omkring 40 % opnås således en årlig miljøeffekt på 1,7 B pr. ha.

7.13 Høstmaskiner til skånsom høst af bær			
Formål: Reduceret forbrug af pesticider Anvendelse: Bær til industri Teknologi: Portalhøster med høstaggeregater der ikke skader buske og bær			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
1,7 B pr. ha/år ved 40 % pesticidreduktion	10	17 B pr. ha	Ha med bær på friland. Arealet vedrører kun det areal teknologien anvendes på.

7.14 Vandrensning af recirkuleret vandingsvand

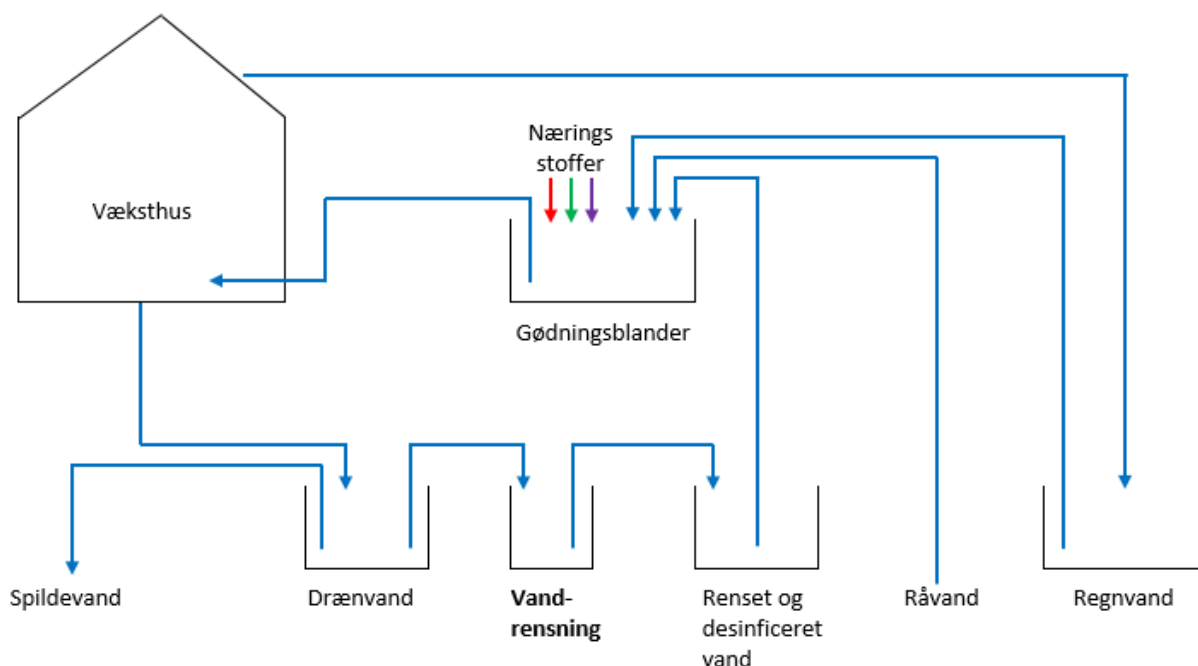
I væksthushgartnerier, som recirkulerer gødningsvandet, er det muligt at behandle vandet inden det blandes med nyt gødningsvand og ledes ud til planterne igen. Ved ozon eller hydrogen-peroxid (brint-overilte) kombineret med UV-lys og aktivt kul kan man uskadeliggøre eventuelle svampesygdomme, således at planterne ikke smittes fra gødningsvandet. Herved kan behovet for sprøjtning med fungicider reduceres.

Selv om gødningsvandet recirkuleres, er der med jævne mellemrum behov for udskiftning af det recirkulerede gødningsvand, fordi der akkumuleres for store mængder af salte eller pesticidrester. Dette "end-of-pipe"-vand bortskaffes ofte ved udledning som spildevand til natur og kloak. I de senere år er man imidlertid blevet opmærksom på denne praksis, som ikke anses for miljømæssigt acceptabelt (jf. rapport fra Odense Kommune 2017). Heraf fremgår, at der i vandløb er fundet pesticidrester af såvel godkendte som ikke-godkendte pesticider (hovedsageligt insekticider og fungicider) og, at koncentrationen i mange tilfælde er over gældende grænseværdier.

Mængden af spildevand, der skal håndteres, afhænger af væksthushets størrelse, og hvor hyppigt recirkuleringstanken tømmes. Rambøll A/S har på baggrund af oplysninger fra GartneriRådgivningen A/S og Odense Kommune estimeret mængden af spildevand i danske væksthushgartnerier til 80-220 m³ pr. ha væksthush pr. år (Ottosen & Furgal, 2017). Tømningsfrekvensen er 2-4 gange årligt.

Pesticidrester i gødningsvand eller i spildevand kan reduceres ved kemisk oxidering. Ved tilsætning af ozon eller hydrogen-peroxid til vandet skabes frie radikaler, som nedbryder pesticiderne. Rensningseffekten er afhængig af mængden af tilført ozon eller hydrogen-peroxid og af vandingsvandets indhold af organisk stof. En filtrering for organisk stof før oxidering vil markant reducere behovet for frie radikaler.

I væksthushortnerier, som recirkulerer gødningsvandet, kan vandet således renses for pesticider enten inden det blandes med nyt gødningsvand som ledes ud til planterne eller inden det ledes til kloak. Ved rensning inden det genanvendes vil oxidering endvidere reducere smittetrykket, hvorved behovet for sprøjtning med pesticider reduceres.



Skitse af vandstrømme i et væksthushortnerier med recirkulering og vandrensning

I Holland har man tilsvarende problemer med udledning af pesticidrester fra væksthushortnerier. Her er der derfor krav om, at alt spildevand fra væksthushortnerier skal renses for minimum 95 % af pesticidindholdet i spildevandet, inden det ledes til kloak. Kravet er gældende fra 1. januar 2018, men fristen kan udsættes til 1. januar 2021, hvis flere væksthushortnerier går sammen om en renseløsning. Fra 2023 skærpes kravene til 99 % rensning.

I Holland har myndighederne (Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/glastuinbouw/rendement/@43286/bzg-lijst/>) godkendt flere teknologier, der opfylder det stillede krav til rensning, og som derfor kan anvendes til at rense spildevandet fra væksthushortnerier, inden det ledes til vandløb eller kloak. Teknologierne bygger hovedsageligt på rensning med ozon eller hydrogen-peroxid i kombination med UV-stråler og eventuelt nanofiltrering eller aktivt kul. Teknologien monteres i forbindelse med recirkuleringstanken inden vandet løber videre rundt i systemet eller tømmes ud i vandmiljø eller kloak.

Anlæggene har forskellige kapaciteter: nogle kan rense store mængder vand hurtigt, mens andre kan rense små mængder langsomt. Hvilken type, der vil være relevant for danske væksthushortnerier, vil

være afhængig af gartneriernes størrelse og nuværende indretning. Ved fjernelse af pesticidrester alene er kapaciteten omkring 1-10 m³ ad gangen i en lukket beholder. Ved rensning af recirkulerende vandingsvand i et flow er kapaciteten på 2-70 m³ pr. time.

Teknologierne har været testet ved universitetet i Wageningen, hvor hydrogen-peroxid og ozon i kombination med UV-stråler kunne fjerne omkring 80 % pesticider (van Ruijven et al. 2014). Filtrering i aktivt kul efter ozon-behandling fjernede næsten 100 % pesticider (Tabel 7.1). Af tabellen fremgår det, at ozon skal kombineres med aktivt kul for at opnå en effekt større end 95 %. Kemisk oxidering med hydrogen-peroxid med UV-lys skal ligeledes kombineres med aktivt kul for at få en effekt større end 95 %.

Tabel 7.1. Forskellige metoders effektivitet til at fjerne pesticider i vand. Gennemsnit af 11 pesticider hvor effektiviteten varierede fra 55 % til 99 % for individuelle pesticider (van Ruijven et al. 2014).

Elektrokemisk flokkulation	Hydrogen-peroxid med lavtryks UV-lys	Hydrogen-peroxid med middeltryks UV-lys	Ozon	Ozon + aktivt kul
30	85	78	84	99

Udgifterne til vandrensning afhænger af den anvendte teknologi, gartneriernes størrelse og mængden af spildevand. I ovennævnte hollandske test fra 2014 vil udgifterne til investering og drift beløbe sig til omkring 10.000 kr. pr. år for et gartneri på 5 ha med en spildevandsmængde på 500 m³ pr. ha pr. år (van Ruijven et al. 2014). Hvis spildevandsmængden er 1250 m³ pr. ha pr. år, øges udgifterne til ca. 13.000 kr. I fællesanlæg eller i meget store gartnerier øges arealgrundlaget, hvilket resulterer i reducerede udgifter pr. arealenhed. Rensning med hydrogen-peroxid er lidt billigere end rensning med ozon. Supplerende rensning med aktivt kul øger udgifterne med 20-30 %.

Som et alternativ til kemisk oxidering (med ozon eller hydrogen-peroxid) kan pesticider nedbrydes effektivt ved superkritisk vandoxidation; en forholdsvis ny teknologi hvor spildevandet først skal opkoncentreres ved membranfiltrering (Ottosen & Furgal, 2017). Teknologien er relativ dyr og endnu ikke testet med pesticidholdigt spildevand. Et andet alternativ er biologisk nedbrydning af pesticider. Denne metode er imidlertid ikke realistisk på grund af den store volumen af spildevand (van Ruijven et al. 2014).

Nanofiltrering har været nævnt som et andet alternativ til kemisk oxidering eller i kombination med kemisk oxidering i stedet for aktivt kul. Da størrelsen af forskellige pesticid-molekyler er meget varierende vil nanofiltrering ikke holde alle pesticider tilbage. En effektiv filtrering vil formodentlig kræve flere forbundne nanofiltre. I en undersøgelse af forskellige nanofiltres evne til at tilbageholde atrazin, isoproturon og prometryn kunne 73-99 % tilbageholdes (Karabelas & Plakas, 2011). Effektiviteten afhang dog af opløsningens indhold af organisk stof og calcium. Tilbageholdelsen var endvidere afhængig af om opløsningen indeholdt en, to eller tre pesticider; jo flere pesticider des dårligere tilbageholdelse. Det konkluderes, at nanofiltrering af vandingsvand indeholdende mange forskellige pesticider, organisk stof og næringsstoffer ikke kan rense til 95 %.

I perioden 2007-2015 er forbruget af pesticider i dansk produktion af potteplanter og grøntsager i væksthuse reduceret betydeligt (Ørum et al. 2016), bl.a. fordi der er færre midler til rådighed, og fordi biologisk bekæmpelse af skadedyr har vundet indpas også i potteplantegartnerier. Medens anvendelsen af herbicider er beskedent, anvendes der fortsat fungicider og insekticider i væksthuse-produktionen. I 2015 var fladebelastningen for fungicider og insekticider henholdsvis 0,71 og 0,22 B pr. ha pr. år. Værdierne er imidlertid behæftet med stor usikkerhed, jf. Ørum et al. (2016).

Såfremt pesticid-indholdet reduceres med 95 %, vil effektive vandrensningsteknologier have en standard-miljøeffekt på omkring 0,9 B pr. ha pr. år, hvor areal refererer til det dyrkningsareal, hvor recirkulering finder sted, og som recirkuleringstanken anvendes til.

Afslutningsvis skal nævnes, at ved oxidering nedbrydes pesticider. Det er imidlertid uvist om disse nedbrydningsprodukter kan have miljøeffekter.

7.14 Vandrensning af recirkuleret vandingsvand			
<p><i>Formål: Fjernelse af pesticider forbrug af pesticider</i> <i>Anvendelse: Potteplanter og grøntsager i væksthuse med recirkulering af gødningsvand eller planteskoleplanter på containerplads hvor vandingsvandet recirkuleres</i> <i>Teknologi: Oxidering med ozon kombineret med aktiv kul eller hydrogen-peroxid kombineret med aktiv kul. Der kan ikke søges om støtte til recirkuleringstank</i></p>			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,9 B pr. ha/år ved 95 % pesticidreduktion	10	9 B pr. ha	m ² med recirkulering af vandingsvand til dyrkning af potteplanter, grøntsager og planteskoleplanter. Arealet vedrører kun det areal teknologien har effekt på.

Planteavl

8. Reduktion af pesticidforbruget

I dette indsatsområde vedrørende pesticidreduktion for landbrugsafgrøder er der kun medtaget teknologier, som har en miljøeffekt på mindst 5 % i forhold til nuværende teknologi.

Miljøeffekten er angivet i enheden B pr. ha hvor B er et udtryk for pesticidbelastningen. Pesticidbelastningen er beregnet på grundlag af viden om de enkelte aktivstoffers miljøegenskaber (Miljøstyrelsen, 2012; Ørum & Holze, 2017). Arealet vedrører landbrugsarealer i omdrift, hvor teknologien typisk anvendes og har effekt på.

Miljøeffekten for de enkelte teknologier er beregnet på baggrund af mængden af solgte pesticider (Ørum & Holtze, 2017), hvor pesticidbelastningen for herbicider, fungicider og insekticider er angivet for forskellige afgrødetyper.

8.1 Autostyring og sektionsafblænding af sprøjte

Dobbelt dosering ved forager og i marker med kiler minimeres med automatisk lukning af et antal sektioner eller dyser på sprøjtebommen. Med GPS-styret sektionslukning af mindre sektioner af dyser på sprøjtebommen reduceres overlap i markens kiler væsentligt, mens enkeltdyselukning næsten eliminerer overlap. Der må forventes store forskelle i besparelspotentialer, idet markpolygoner strækker sig fra regulære firkantede marker uden remiser til irregulære marker med remiser, elmaste etc. (Larson et al., 2016). De fleste danske landbrug vil have mange marker og marker, som typisk vil variere imellem de to nævnte ekstremer. Det skønnes derfor, at en gennemsnitsværdi på 5 % vil være repræsentativ under danske forhold og jf. udenlandske forsøgsresultater af registrering af overlap ved henholdsvis manuel og automatisk lukning af 5 ens sektioner på en 24,8 m bred sprøjtebom (Luck et al., 2009).

Udstyret består af en terminal, en GPS modtager, en antenne, styrebokse og ventiler, som er monteret på sprøjter. Dobbelt dosering ved forager og i marker med kiler minimeres ved, at udstyret automatisk henholdsvis tænder og slukker enten et antal sektioner på sprøjtebommen eller hver enkelt dyse.

Under danske forhold opleves typisk en besparelse for plantebeskyttelsesmidler på 3-5 % ved at lade den manuelle tænd/sluk af sprøjtebomssektioner afløses af automatik. Besparelsen ved sektions-/enkeltdyselukning afhænger, som nævnt ovenfor, meget af markernes geometriske form. Pesticidreduktionen kan ved meget irregulære marker og tidstypiske brede bomme nemt overstige 10 % (Larson et al., 2016). I beregningerne af miljøeffekt antages, at 5 % pesticidreduktion vil være repræsentativt under danske forhold, når det manuelle tænd/sluk af sprøjtebomssektioner afløses af automatik.

Tilskudsgrundlaget er for alle enkeltdele nævnt ovenfor vedr. automatisk sektions-/enkeltdyseafblænding på marksprøjter. Tilskudsgrundlaget kan være i forbindelse med investering i nye marksprøjter eller i forbindelse med eftermontering på eksisterende marksprøjter.

Standardmiljøeffekt

Standardmiljøeffekt af autostyring og sektionsafblænding af sprøjter er beregnet som pesticidreduktion i forhold til fladebelastningen (BF) opgivet med enheden B/ha i bekæmpelsesmiddelstatistikken for 2015 (Miljøstyrelsen, 2017). Der er taget udgangspunkt i den samlede fladebelastning (BF) i 2015 på 2,25 B/ha for alle landbrugsafgrøder og sprøjtemidler (glyphosat ikke medregnet) anvendt i afgrødegrupperne; korn (vintersæd og vårsæd), raps, andre frø, kartofler, roer, ærter, majs, græs og kløver. Ovennævnte potentiale for reduceret overlap i procent udgør således samlet set 0,11 B/ha om året.

8.1 Autostyring og sektionsafblænding af sprøjte			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,11 B pr ha	10	1,1 B pr ha	Ha med korn, raps, andre frøafgrøder, kartofler, roer, bælgsæd, majs, græs og kløver

8.2 Sensorbaseret ukrudtssprøjte

Kamerabaseret teknologi som dels registrerer ukrudt og dels sprøjter områder med ukrudt imellem afgrøderækker, men ikke nødvendigvis i samme arbejds gang. Det er en kombineret sensor- og sprøjteteknologi, der sikrer, at der kun sprøjtes i områder, hvor der er ukrudt. Der er markedsført systemer, hvor kameraer registrerer ukrudtsdækningen og sprøjter samtidigt, mens andre systemer kan omregne sensorregistreringerne til et tildelingskort. Dette tildelingskort kan anvendes sammen med sprøjtecomputeren i forbindelse med efterfølgende ukrudtsbehandlinger præcis, hvor der er brug for det. Teknologien har stort potentiale for at reducere pesticidindsatsen gennem stedspecifik bekæmpelse af ukrudt. Den stedspecifikke bekæmpelse er baseret på, at man inden sprøjteopgaven udføres, afstemmer den præcise type og dosering af pesticider i forhold til et givent område på marken og derved udarbejder et tildelingskort. I internationale forsøg med sensorbaseret ukrudtssprøjtning i majs og roer blev der opnået fra 6 % og op til 43 % reduktion ift. anbefalet dosering for hele marker (Gerhards & Christensen, 2003; Gutjahr et al., 2012). I nationale forsøg er der opnået 19 % reduktion ift. anbefalet dosering for hele marker, dog opgjort ved ukrudtssprøjtning i vinterhvede i foråret, og 25 % reduktion ifm. nedvisning af kartofler (Pedersen, 2003; Pedersen, 2010). Tilskudsgrundlaget er for udstyr konfigureret til anvendelse i åbne rækkeafgrøder. Udstyret kan sekundært anvendes ved bekæmpelse af rodukrudt i stub, samt ved bekæmpelse af ukrudt før afgrødens fremspiring og før høst, som beskrevet i pkt. 7.5. Den sekundære effekt for glyphosat er ikke medregnet i miljøeffekten for 8.2. Pesticidreduktionen vil naturligt øges, såfremt udstyret også anvendes til glyphosatprøjtninger ud fra grøn dækningsgrad.

Udstyret består af en terminal og sprøjtecomputer, et antal sensorer (kameraer, som registrerer grøn vegetation eller simpel artsbestemmelse), en GPS-modtager med antenne, styrebokse, ventiler og styringer for dyseydelse. Udstyret kan eftermonteres på de fleste sprøjter, således sprøjtecomputeren automatisk kan dosere op og ned, og evt. lukke helt for doseringen.

Standardmiljøeffekt

Der antages et minimumspesticidreduktionspotentiale for de forskellige systemer for sensorbaseret ukrudtssprøjtninger i majs, roer og kartofler på 10 % af det samlede herbicidforbrug opgjort for 2015 for majs, roer og kartofler. Det angivne besparelespotentiale forudsætter, at maksimum 8 dyser styres separat. I forbindelse med angivelse af minimumsreduktionspotentiale for teknologien er der foretaget en konservativ vurdering af den variation i ukrudtsdækning, der må forekomme under danske markforhold. Standardmiljøeffekt for sensorbaseret ukrudtssprøjte er beregnet som pesticidreduktion i forhold til fladebelastningen (BF) opgivet med enheden B/ha i bekæmpelsesmiddelstatistikken for 2015 (Ørum & Holze, 2017). Der er taget udgangspunkt i den samlede fladebelastning (BF) i 2015 på 1,11 B/ha for herbicider i kartofler, majs og roer. Ovennævnte potentiale for reduceret herbicidforbrug i procent udgør således samlet set en reduktion på 0,11 B/ha om året.

8.2 Sensorbaseret ukrudtssprøjte			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,11 B pr ha	10	1,1 B pr ha	Ha med kartofler, majs, roer

8.3 Radrenser med rækkestyringsystem og sektionstyring i rækkeafgrøder

Beskrivelse af teknologien

Nøjagtigheder, som kan opnås med kamera eller GPS-baseret autostyring af radrenser, ligger inden for +/- 20 mm (95 % konfidensinterval) ved fremkørselshastigheder op til 10 km t⁻¹ (hvor afgrøderækker er synlige) (Tillett & Haque, 2006, Nørremark et al., 2008). Unøjagtigheden aftager med aftagende fremkørselshastighed. En radrenser med autostyring er derfor, under de fleste forhold, præcis nok til at føre en harvetand eller mindre gåsefod 3-4 cm fra afgrøderækker for at opnå radrensning/harvning af det størst mulige areal mellem rækker. Fuld gennemskæring af så stor en del af arealet mellem afgrøderækker er vigtigst for effekt (Melandet et al., 2001; Pedersen & Petersen, 2010). Sektionerne skal have samme bredde som såmaskinen, såfremt der ikke anvendes præcis sporfølgning ved såning. Valg af skær, fingerhjul, hyppoeffekt, ukrudtsharve og andet udstyr for den mekaniske bekæmpelse af ukrudt, bør foretages ud fra dokumenterede egne erfaringer, rådgivning eller forsøg (Pedersen & Petersen, 2010; van der Schans et al., 2006). Sammenbygningen af flere principper, herunder båndsprøjtning kombineret med radrenser vil dog samtidigt rationalisere bekæmpelsen, men gennemførelsen kan være

afhængig af lokale forhold (Melander et al., 2001; Pedersen, 2002). Ukrudtsharvning udført lige efter radrensning (evt. monteret på radrenser), og ved samme hastighed som denne, forbedrer bekæmpelses-effekterne (Tersbøl et al., 2000; Melander et al., 2001).

Flere opgørelser viser, at fremkørselshastigheden kan være op til 10 km t⁻¹ med +/- 20 mm variation i styringen, men at der i praksis kun opnås fremkørselshastigheder mellem 7-9 km t⁻¹, af hensyn til traktor og redskab og af hensyn til reduktion af skader fra oprevne sten og jordknolde, som rammer afgrøden (Tillett & Hague, 2006, Pedersen & Petersen, 2010). Kamerabaseret eller RTK-GPS-baseret auto-styring og præcis indstilling af skær betyder, at der kan opnås en god ukrudtsbekæmpelse på hele arealet mellem afgrøderækker med radrensning med høje fremkørselshastigheder (Pedersen & Petersen, 2010). Med den nyeste teknologi kan der opnås langt større kapacitet, end hvad der praktiseres i dag, som er en enkelt bevægelig bom med kamerastyring (Tillett & Haque, 2006).

Radrensere med sektionstyring fås i forskellige størrelser for anvendelse i rækkeafgrøder med > 30 cm rækkeafstand. Investeringen tilpasses bedrift og består af basisradrenser, hydraulisk sideforskydning af en til flere individuelle sektioner, kameraer og/eller RTK-GPS-baserede styringer for radrenser for et antal rækker, samt tilpasning af radrenser i forhold til bedrift i form af efterharver, skær, båndsprøjte, beskyttelsesplader, rulleskær, fingerhjul, skrabepinde eller strigletænder til bekæmpelse af ukrudt i selve afgrøderækken (Cloutier et al., 2007). For radrensere med større arbejdsbredde end 6 m kan det være nødvendigt at udstyre radrenseren med RTK-GPS-baseret navigation af individuelle radrenseraggregater. Radrensere med GPS-baseret autostyring kan monteres med automatisk løft af hvert enkelt lugeaggregat, således at der kan renses helt ud til rækkerne i foragere og i marker med kiler. For radrensere med stor arbejdsbredde er automatisk løft af lugeaggregater nødvendige for at undgå omfattende bortlugning af afgrøderækker i foragere i marker med kiler. Omfanget af uhensigtsmæssig bortlugning af afgrøder stiger med stigende arbejdsbredde, markernes form (stigende antal kiler) og mindre rækkeafstand.

Standar miljøeffekt

Der antages et minimums pesticidreduktionspotentiale for anvendelse af radrensere i rækkeafgrøder med > 30 cm rækkeafstand i kombination med bredsprøjtning på konventionelle bedrifter på minimum 35 % af det samlede herbicidforbrug opgjort for 2015 for afgrøderne majs og roer. Det angivne besparel-sespotentiale forudsætter 2 gange (alm.) bredsprøjtning og 2 gange radrensning i både roer og majs (Pedersen, 2000; Pedersen, 2002; Pedersen, 2011). Forsøgene viser at ved erstatning af 1-2 bredsprøjtninger med radrensning under de rette forhold, opnås der tilsvarende bekæmpelseeffekter sammenlignet med en strategi bestående af bredsprøjtninger alene (Pedersen, 2000; Pedersen, 2002; Pedersen, 2011). Der er i vurderingen af pesticidreduktionspotentialet korrigeret for at radrensning i ca. hvert 3. år (anslået) pga. vejrlig og jordfugtighed ikke vil være muligt at udføre. Standardmiljøeffekt for radrensning i rækkeafgrøder med >30 cm rækkeafstand er beregnet som pesticidreduktion i forhold til fladebelastningen (BF) opgivet med enheden B/ha i bekæmpelsesmiddelstatistikken for 2015 (Ørum & Holze,

2017). Der er taget udgangspunkt i den samlede fladebelastning (BF) i 2015 på 0,72 B/ha for herbicider i de mest udbredte rækkeafgrøder med >30 cm rækkeafstand; majs og roer. Ovennævnte potentiale for reduceret herbicidforbrug i procent udgør således samlet set en reduktion på 0,25 B/ha om året.

8.3 Radrensere med rækkestyringssystem og sektionstyring i rækkeafgrøder			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,25 B pr ha	8	2 B pr ha	Ha med majs, roer

8.4 Kornradrensere med rækkestyringssystem og sektionstyring

Beskrivelse af teknologien

Kornradrensere adskiller sig alene fra radrensere som nævnt i 8.3 ved at være konstrueret til at radrense i afgrøderækker med <30 cm rækkeafstand. Betegnelsen kornradrensere er derfor ikke ensbetydende med, at disse typer af radrensere alene kan anvendes i korn. Afgrøder som raps, ærter, spinat, og andre frøafgrøder er også typiske afgrøder, hvor radrensere konstrueret til <30 cm rækkeafstand kan anvendes.

Rækkestyringssystemer og sektionstyring er de samme som beskrevet under 8.3.

I normale år kan der nøjes med 2 radrensninger i korn, raps og ærter, hvilket reducerer overkørsler med 1-2 gange i forhold til ukrudtsharvninger (Tersbøl et al., 2000). Der kan behandles over en længere periode uden risiko for afgrødeskader i forhold til ukrudtsharvning, og større ukrudt mellem rækkerne kan bekæmpes tilfredsstillende. Ved at anvende stor arbejdsbredde for radrensning undgås nedkørsel af afgrøde. Dog er radrenserne for afgrøderækkeafstand < 30 cm ikke præcise nok til at kunne udføre mekanisk ukrudtsbekæmpelse ved normal rækkeafstand på 12,5 cm. I danske og svenske undersøgelser har rækkeafstandsforøgelse fra 12,5 cm til 25 cm medført udbyttenedgange på 0-8 % afhængigt af sammenligneligt plantetal (Rasmussen & Pedersen, 1990; Johansson, 1998; Tersbøl et al., 2001).

Standardmiljøeffekt

Der antages et minimumspesticidreduktionspotentiale for anvendelse af radrensere i rækkeafgrøder med < 30 cm rækkeafstand på konventionelle bedrifter på minimum 60 % af det samlede herbicidforbrug opgjort for 2015 for afgrøderne korn, raps og ærter. Der er taget udgangspunkt i den samlede fladebelastning (BF) i 2015 på 0,94 B/ha for herbicider i kornafgrøder, raps og ærter. Pesticidreduktionspotentialet er baseret på resultater opnået med radrenser alene eller i kombination med blindharvning med ukrudtsharve. Der findes ikke forsøgsresultater for kombinationen af bredsprøjtning og radrensning i korn, raps og ærter. Det angivne besparelspotentiale forudsætter minimum en radrensning i

både korn, raps og ærter. Flere nationale og internationale forsøg viser, at der kan opnås bekæmpelses-effekter af radrensning plus evt. båndsprøjtning under de rette forhold som er tilsvarende effekterne af en strategi bestående af bredsprøjtninger alene (Pedersen, 2000; Melander et al., 2003; Nilsson et al., 2014; Lötjönen og Mikkola, 2000). I en henholdsvis dansk (vårbyg og vinterhvede) og en svensk (vårbyg) undersøgelse med radrensning i konventionelt dyrket korn, har der været opnået ganske gode bekæmpelses-effekter og i flere tilfælde på niveau med herbicidbehandling ved 1 til 2 radrensninger, og hvor radrensningen blev gennemført uden nævneværdige skader på afgrøden (Rasmussen & Pedersen, 1990; Johansson, 1998). Der er i vurderingen af pesticidreduktionspotentialet korrigeret for at radrensning i ca. hvert 3. år (anslået) pga. vejrlig og jordfugtighed ikke vil være muligt at udføre, og hvor en herbicidsprøjtning vil være nødvendig. Standardmiljøeffekt for radrensning i rækkeafgrøder med < 30 cm rækkeafstand er beregnet som pesticidreduktion i forhold til fladebelastningen (BF) opgivet med enheden B/ha i bekæmpelsesmiddelstatistikken for 2015 (Ørum & Holze, 2017). Der er taget udgangspunkt i den samlede fladebelastning (BF) i 2015 på 0,94 B/ha for herbicider i de mest udbredte rækkeafgrøder med < 30 cm rækkeafstand; korn, raps og ærter. Ovennævnte potentiale for reduceret herbicidforbrug i procent udgør således samlet set en reduktion på 0,56 B/ha om året.

8.4 Kornradrensere med rækkestyringsystem og sektionstyring			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,56 B pr ha	8	4,48 B pr ha	Ha med korn, raps, bælg-sæd

8.5 Ukrudtsstrigle (ukrudts-harve)

De mest almindelige ukrudtsstrigler/harver består af et antal selv-bærende sektioner med fast indstilling af fjedretændernes aggressivitet. Nyere systemer består af sektioner, hvor trykket på fjedretænderne reguleres automatisk efter måling af modtryk i den cylinder som også kan ændre tændernes aggressivitet. Trykket på fjedretænderne styres automatisk, f.eks. i områder med ujævn jordoverflade. Ukrudtsstrigle med registrering af modstand på fjedretænder, hydraulisk eller elektrisk regulering under kørsel. Større arbejdsbredde mulig, da aggressivitet for individuelle harvesektioner kan indstilles under kørsel. Landsforsøg gennem tiden har vist, at ukrudtsstrigling/-harvning efter kornets fremkomst har skadet kornet (eks. Landbrugets rådgivningscenter, 1999, 2000 og 2002). Harvning foretages, når størstedelen af ukrudtet har kimblade, og kornet har 3-4 blade. Højest 10-20 % af kornets blade må dækkes med jord, afhængigt af, hvor meget ukrudt der skal bekæmpes.

Aggressiviteten kan derfor indstilles manuelt under kørsel, hvis f.eks. et område med forholdsmæssigt meget ukrudt opdages under kørsel. Andre fordele ved ukrudtsstrigler/harver er maskinens potentiale for høj kapacitet, set ift. f.eks. radrensning. Flere forsøg har vist, at der er positiv korrelation mellem stigende aggressivitet og ukrudtsbekæmpelse, men negativ korrelation mellem stigende aggressivitet og

udbytte (Rydberg, 1995, Rasmussen et al., 2009). Ukrudtsharvens aggressivitet afhænger af fremkørselshastighed, harvedybde, jordfugtighed og antal overkørsler (Rydberg, 1995, Kurstjens og Perdock, 2000).

Der foreligger ikke forsøg, som direkte påviser effekten af hydraulisk eller elektronisk trykregulering af fjedretænder. Systemets mulighed for variabel regulering af aggressivitet under kørsel er afprøvet i forsøg med lav ukrudtstæthed. Ved at udnytte forhåndsviden om ukrudtstryk og udbyttepotentiale i områder på forsøgsmarken til at styre aggressiviteten under kørsel viste det hydraulisk/elektrisk indstillelige system bedre ukrudtsbekæmpelse i forhold til fast indstillet aggressivitet (Rueda-Ayala et al., 2013).

Standardmiljøeffekt

Der antages et minimumspesticidreduktionspotentiale for anvendelse af ukrudtsharvning i korn, hvor ukrudtsharvning kombineres med kemisk bekæmpelse med bredsprøjtning på konventionelle bedrifter på minimum 40 % af det samlede herbicidforbrug opgjort for 2015 for kornafgrøder. Det angivne besparelsespotentiale forudsætter en eller flere bredsprøjtninger og minimum to gange ukrudtsharvning i korn (Pedersen, 2000; Pedersen, 2002). Forsøgene viser, at ved reduceret kemisk bekæmpelse i kombination med en strategi for ukrudtsharvning under de rette forhold, opnås der tilsvarende bekæmpelses-effekter sammenlignet med en strategi bestående af anbefalet dosis ved bredsprøjtning alene (Pedersen, 2000; Pedersen, 2002). Der er i vurderingen af pesticidreduktionspotentialet korrigeret for, at ukrudtsharvning i ca. hvert 3. år (anslået) pga. vejrlig og jordfugtighed ikke vil være muligt at udføre, men det i nogle år alene vil være tilstrækkeligt med ukrudtsharvning. Standardmiljøeffekt for ukrudtsharvning er beregnet som pesticidreduktion i forhold til fladebelastningen (BF) opgivet med enheden B/ha i bekæmpelsesmiddelstatistikken for 2015 (Ørum & Holze, 2017). Der er taget udgangspunkt i den samlede fladebelastning (BF) i 2015 på 0,91 B/ha for herbicider i kornafgrøder. Ovennævnte potentiale for reduceret herbicidforbrug i procent udgør således samlet set en reduktion på 0,36 B/ha om året.

8.5 Ukrudtsstrigle (ukrudtsharve)			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
0,36 B pr ha	8	2,88 B pr ha	Ha med korn

8.6 Kartoffelradrenser

Det er muligt at kombinere mekanisk og kemisk ukrudtsbekæmpelse i kartofler under de fleste danske forhold, hvorved herbicidforbruget i kartofler kan reduceres betragteligt. Dog har flerårige danske forsøg vist en mindre udbyttenedgang (2-5 %) ved anvendelse af kombinationen kemisk/mechanisk ukrudtsbekæmpelse ift. kemisk bekæmpelse alene (Pedersen og Pedersen, 2013).

Udstyret består af flere forskellige typer af specialkonstruerede radrensere, som anvendes ifm. hypning af kamme i kartofler eller kartoffelhyppere/plove, som er udstyret med knive eller stjerneruller eller harvetænder eller anden anordning, som mekanisk bekæmper ukrudt på og mellem kammene. Bag ved disse er kamformere monteret, som sørger for genetablering af kammene. Det er også muligt at kombinere med båndsprøjtning, men forsøgsresultater for denne kombination foreligger ikke umiddelbart.

Standardmiljøeffekt

Der antages et minimumspesticidreduktionspotentiale for anvendelse af radrensning i kartofler, hvor radrensning/hypning kombineres med en strategi for kemisk bekæmpelse med bredsprøjtning på konventionelle bedrifter på minimum 65 % af det samlede herbicidforbrug opgjort for 2015 i kartofler. Det angivne besparelspotentiale forudsætter en bredsprøjtninger før eller efter kartoflernes fremspiring og minimum to gange radrensning i kartofler (Pedersen, 2000; Pedersen og Pedersen, 2013; Loft og Østergaard, 2011). Alle danske forsøg viser, at ved reduceret kemisk bekæmpelse i kombination med en strategi for radrensning under de rette forhold opnås der tilsvarende bekæmpelseeffekter sammenlignet med en strategi bestående af anbefalet dosis ved bredsprøjtninger før og efter fremspiring (Pedersen, 2000; Pedersen og Pedersen, 2013; Loft og Østergaard, 2011). Standardmiljøeffekt for kartoffelradrensere er beregnet som pesticidreduktion i forhold til fladebelastningen (BF) opgivet med enheden B/ha i bekæmpelsesmiddelstatistikken for 2015 (Ørum & Holze, 2017). Der er taget udgangspunkt i den samlede fladebelastning (BF) i 2015 på 3,16 B/ha for herbicider i kartofler. Ovennævnte potentiale for reduceret herbicidforbrug i procent udgør således samlet set en reduktion på 2,10 B/ha om året.

8.6 Kartoffelradrenser			
Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Areal, der kan indgå i beregningen
2,10 B pr ha	8	16,8 B pr ha	Ha med kartofler

9. Reduktion af næringsstofforbruget, økologisk planteavl

9.1 Nedfældning af gylle i voksende korn og blandsæd

Der er intet lovmæssigt krav til nedfældning af gylle i økologisk korn, modsat nedfældning af gylle til græsmarker, hvor gylle udbragt før 2, 3, 4 og evt. 5 slet, skal nedfældes. Derfor vil der kunne søges støtte til investering i gyllenedfælder, der kan anvendes til nedfældning i korn og blandsæd (ikke græs). Da der ikke eksisterer specifikke nedfældere til gyllenedfældning i korn og blandsæd, kan der anvendes *græs-nedfældere*. I det følgende vil der tages udgangspunkt i, at der søges støtte til investering i *græs-nedfældere*, der anvendes til gyllenedfældning i korn og blandsæd.

Ammoniakemission

Nedfældning begrænser emission af ammoniak fra den udbragte gylle i forhold til slæbeslange-udlægning. Begrænsningen afhænger af den benyttede teknik, og i hvor høj grad gyllen indarbejdes i jorden. Hvis gyllen ikke dækkes helt med jord under udbringningen, kan emissionen af ammoniak forløbe over en periode på op til 3-10 døgn. Nedfældning af gylle i græsmarker sker næsten udelukkende med skiveskær-nedfældere, som netop ikke tildækker gyllen med jord. Derfor tager beregningerne i denne rapport udgangspunkt i denne type nedfældere. Gylleudbringning med slæbesko (Bomech type) er ikke medtaget her, da denne udbringningsform ikke kan betegnes som nedfældning pga., at hele gyllevolumen, som oftest ikke kan placeres under jordoverfladen og den ammoniakreducerende effekt derved ikke er markant, set i forhold til slæbeslanger. Den gennemsnitlige ammoniakemission fra gylle, udbragt med henholdsvis slæbeslanger og skiveskær-nedfældning, er vist i Tabel 9.1

Beskrivelse af teknologien

Nedfældning i korn sker ved, at selve nedfælderens er monteret i gyllevognens lift. Nedfælderens består af skiveskær monteret på en bom (som oftest kun på én bulle). Bag hver skiveskær er monteret en slange/et rør med udløb, hvorfra gyllen placeres i den rille skiveskærene skaber i jorden. Skiveskærene kan enten være enkeltskiver (enkelt skiveskær) eller to, mod hinanden vinklede skiver (dobbelt skiveskær). Enkelt skiveskær vil ofte bestå af én central plan skive, hvorpå der er monteret to ”tallerkenformede” skiver med mindre diameter end den centrale skive. Derved opnås et skær, der er konkav til ”begge sider”. Dobbelt-skæret består af to plane skiver, der er vinklet mod hinanden, således at de rører ved hinanden, der hvor skiverne bryder jorden.

Standardmiljøeffekt

Standardmiljøeffekt er udregnet på baggrund af emissionsfaktorerne for ammoniak-tab ved udbringning af gylle på marker. Der er udregnet en standardmiljøeffekt for svinegylle. Der er taget udgangspunkt i ammoniaktab fra udbragt svinegylle, vist i tabel 9.1., da svinegylle er en slags ”worst case” scenarie. Her fordamper som oftest en mindre del af ammonium som ammoniak, end ved

udbringning af kvæg- og øvrige gylletyper. Dermed bliver standard miljøeffekten for teknologien også mindre end hvis man tog udgangspunkt en gylletype med større fordampning.

*Tabel 9.1. Gennemsnitlig fordampning af ammoniak (NH₃) fra svinegylle udbragt i april til vintersæd med slæbeslan-
ger. Emissionskoefficienten er angivet til 14,8% (Hansen et al. 2008). Da der i samme publikation forudsættes at 78 %
at ammonium udgør 78 % af total kvælstof omregnes emissionsfaktoren: $14,8 \cdot 0,78 = 11,5$ %. Det vurderes at
nedfældning med i korn med en "græsmarksnedfælder" reducerer ammoniakfordampningen med 40 % (Nyord et al,
2013).*

NH₃ tab pct. af udbragt total N	
	Svinegylle
Slangeudlagt	11,5
Nedfældning i kornafgrøder	8,8

Da miljøeffekten er lige med forskellen i ammoniakemission, bliver standard miljøeffekten som følger:
 $11,5 - 4,6 = 6,9$ % af udbragt tot. N til korn og blandsæd.

9.1 Nedfældning af gylle i voksende korn og blandsæd				
Gylletype	Standardmiljøeffekt	Levetid (år)	Samlet standardmiljøeffekt (i hele levetiden)	Enhed der kan indgå i beregningen
Svinegylle	0,07 kg N/kg tot. N	10	0,007 kg N/kg tot. N	Kg tot N udbragt til korn og blandsæd

Definitioner / ordbliste

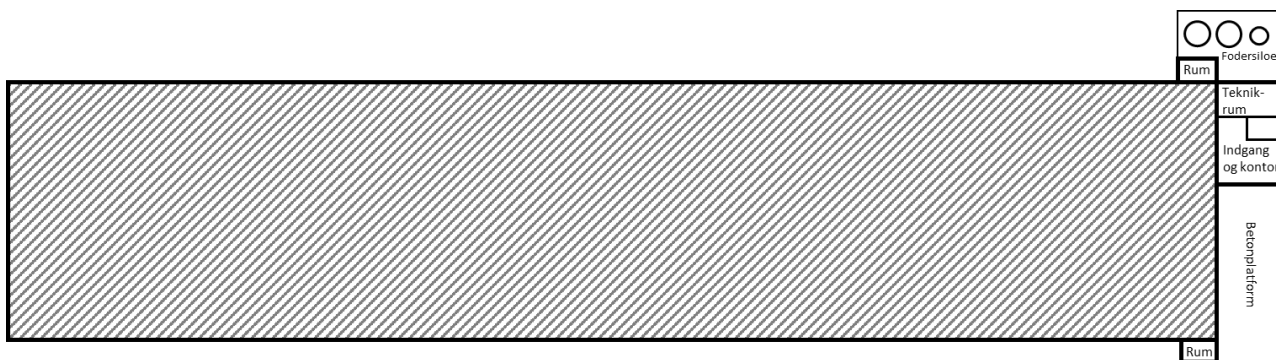
Æg & Fjerkræ, konventionel inkl. friland og økologisk

Nettoareal

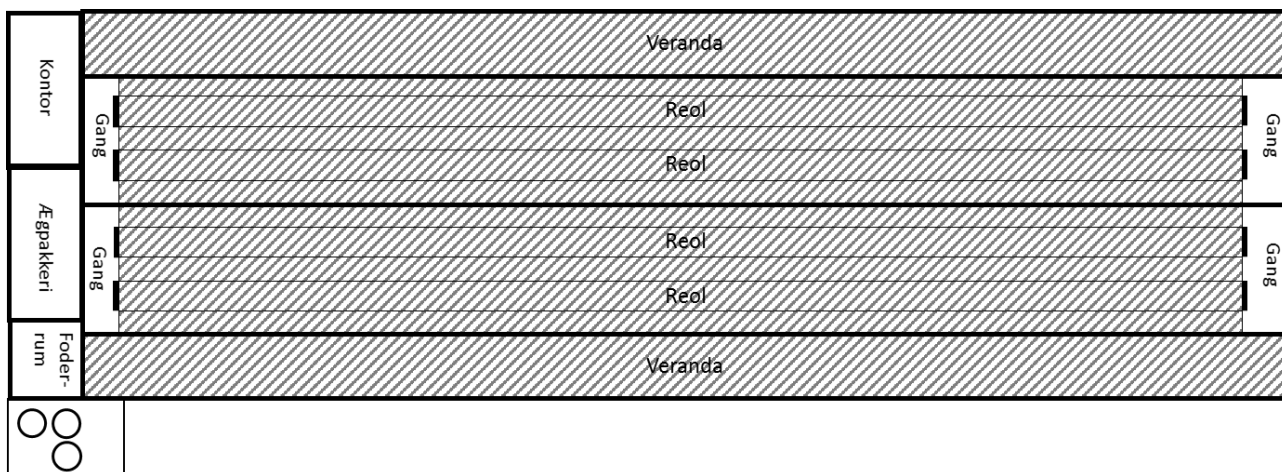
Nettoarealet defineres i denne rapport som gulvarealet, som dyrene har permanent adgang til inklusiv eventuelt veranda-areal (et overdækket, befæstet areal, der er placeret langs staldens facader).

Servicefaciliteter, som dyrene ikke har adgang til, såsom omklædningsrum, kontor, foderrum, ægpakkeri og teknikrum, er ikke omfattet af definitionen. Ikke-befæstede udearealer, som dyrene opholder sig på en større eller mindre del af tiden er ikke omfattet af definitionen.

Figur 1 og Figur 2 viser eksempler på hvilke områder af stalde, som er omfattet af definitionen af nettoareal. Beregningen af nettoarealet kan derfor i ansøgningsammenhæng helt simpelt baseres på en multiplikation af indvendig længde og bredde af stalden, enten ved aflæsning af mål på en tegning eller ved manuel opmåling af stalden eller gylletanken.



Figur 1. Eksempel på slagtekyllingestald, hvor kyllingerne opstaldes i det skraverede område, der er defineret som nettoareal. Tilstødende faciliteter såsom service- og teknikrum, befæstede arealer mv. er ikke omfattet af nettoarealet.



Figur 2. Eksempel på stald til fritgående eller økologiske æglæggende høner. Stalden består af to langsgående sektioner, hver med to rækker reoler (etageanlæg) og tilhørende veranda (befæstet overdækket areal). Nettoarealet er det skraverede område. Tilstødende faciliteter såsom service- og teknikrum, befæstede arealer mv. er ikke omfattet af nettoarealet. Udearealer uden befæstning og overdækning er ikke omfattet af nettoarealet.

Fritgående høner

Fritgående høner adskiller sig kun fra *skrabhøner* ved, at de fritgående høner har adgang til et udeareal.

Nytteareal

Det lovmæssige areal i stalde til æglæggende høner er defineret som ”Et areal med en bredde på mindst 30 cm, en hældning på højst 14 pct. og en fri højde på mindst 45 cm. Redearealet indgår ikke i nyttearealet” jf. §2 stk. 4 i bekendtgørelse om beskyttelse af æglæggende høner (BEK nr. 881 af 28/06/2016).

Overfladeareal (gylletank)

Det horisontale areal af gylle i en fuld gylletank. For cirkulære gylletanke beregnes overfladearealet som $\pi \cdot r^2$, hvor π ($\pi = 3,142$ eller lettere $22/7$) og r er radiussen (tankens indvendige diameter delt med 2). Tank-leverandøren kan oplyse om tankens diameter.

Skrabhøner

Skrabeægsproduktion er en driftsform, som følger *bekendtgørelse om beskyttelse af æglæggende høner, Kapitel 3* om alternative produktionssystemer. Hønerne går frit i stalden, der kan indrettes som gulvsystem med slats eller som med etageanlæg. Mindst en tredjedel af arealet skal være dækket med sand, halm eller anden strøelse. Der må være op til 9 høner per m^2 nytteareal eller maksimum 18 høner per m^2 gulvareal. Stalden skal være indrettet med reder og siddepinde. Skrabhøner har ikke mulighed for at komme udendørs.

Økologiske høner

Omfatter stalde, der lever op til regelsættet om økologisk ægproduktion, og hvor hønerne blandt andet har adgang til udeareal. Staldenes indretning er sammenlignelig med skrabeægsstalde, idet der dog maksimalt må være 6 høner per m^2 nytteareal i stalden.

Standardmiljøeffekt

Standardmiljøeffekten er i følgende kapitel defineret som nettoeffekten på ammoniakemission (kg NH_3 -N) eller energiforbrug (kWh) pr. år pr. m^2 nettostaldareal ved anvendelse af en given miljøteknologi sammenlignet med ingen miljøteknologi.

For så vidt angår eksempelvis ammoniak, er standardmiljøeffekten for stalde til æglæggende høner beregnet som forskellen i ammoniakemission fra stald og gødningslager med og uden anvendelse af miljøteknologi. Dette er omregnet til kg NH_3 -N emission/år pr. m^2 nettostaldareal, idet det er antaget, at der går 0,92 årshøne pr. hønepads (1 årshøne modsvarer 365 foderdage).

Forskellen i ammoniakemission med og hhv. uden anvendelse af miljøteknologi er for slagtekyllinger og hønniker ganget med antal producerede/år pr. kyllinge- eller hønnikeplads og divideret med gulvarealet pr. 1.000 kyllinger eller hønniker.

Nettoeffekten på ammoniakemissionen fra lager er medregnet for "staldteknologier", da en reduceret ammoniakemission i stalden alt andet lige påvirker ammoniakfordampningen af lagret husdyrgødning. Som grundlag for beregningen af ammoniakemissionen er [Normtal for husdyrgødning 2016/17](#) benyttet.

Referencer

- Baarts L. 2014. Maskinudtynding i Elstra- et godt supplement. *Frugt og Grønt*, maj. 6-7.
- Bartok JW 2016. Energy and Shade Screen Systems for Greenhouses. UMass Extension, Greenhouse Crops & Floriculture Program. University of Massachusetts Amherst
<https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/energy-shade-screen-systems-for-greenhouses> (Apr 28, 2016).
- Bertelsen M 2017. Højværdiafgrøder rykker under tag. *moMentum* nr. 2, juni 2017.
- Bertelsen M, Lindhard Pedersen H 2014. Preliminary results show rain roofs to have remarkable effect on diseases of apples. *Ecofruit Proceeding 2014*. p. 242-243.
- Bisgard A 2012. Gode vilkår for øko-solbær i Tyskland. *Frugt & Grønt* 378-379.
- Blomgren T, Frisch T 2009. High Tunnels Using Low-Cost Technology to Increase Yields, Improve Quality and Extend the Season. Report Produced by Regional Farm and Food Project and Cornell University.
- Cheng ML, Uva WF 2008. Removing Barriers to Increase High Tunnel Production of Horticultural Commodities in New York. Economic and Marketing Study Final Report.
- Clausen, T., P. Vinstrup, N. Provstgaard & J. S. Petersen. 2013. Klimavenlige tiltag i slagtekyllingeproduktionen og den økologiske konsumægsproduktion. Rapport. Videncentret for Landbrug Fjerkræ.
- Cloutier D.C., Van der Weide R.Y., Peruzzi A. & Leblanc M.L. (2007). 8 Mechanical Weed Management. Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology, (Editors: M.K. Upadhyaya & R. E. Blackshaw). CAB International (www.cabi.org), Wallingford (UK), 111-134.
- Danmarks Statistik 2017. Statistikbanken.
- Dansk Gartneri 2012. Tal om gartneriet.
<http://www.danskgartneri.dk/Publikationer/~~/media/danskgartneri/Publikationer/Dansk%20Gartneri%20i%20tal/Tal%20om%20gartneriet%202012.ashx>
- Daugaard H 2008. Table-top production of strawberries: performance of six strawberry cultivars. *Acta Agricultura Scandinavica* 58(3), 261-266.
- Demchak K 2009. Small fruit production in high tunnels. *HortTechnology* 19(1), 44-49.
- Dieleman JA, Marcelis LFM, Elings A, Dueck TA, Meinen E 2006. Energy Saving in Greenhouses: Optimal Use of Climate Conditions and Crop Management. *Acta Hort* 718, 203-209.
<http://edepot.wur.nl/32319>, <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/energy-shade-screen-systems-for-greenhouses>
- Dueck T, Janse J, Li T, Kempkes F, Eveleens B 2012. Influence of diffuse glass on the growth and production of tomato. *Acta Hort. (ISHS)* 956, 75-82.

- Energistyrelsen, 2014. Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger <http://www.ens.dk/info/tal-kort/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsokonomiske-beregnings-forudsatninger>
- Fisker, C. 2013. Fordeling af strømforbrug i en slagtekyllingestald. Newsletter from Business Development. SKOV A/S. 2 pp.
- Evans RG, Sadler EJ 2008. Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research* 44, 1-15.
- Garcia ME, Dickey DA, Frey SD, Johnson DT 2016. Increasing economic and environmental sustainability of table grapes using high tunnel advanced production. *Acta Hort.* 1115, 29-31.
- Giuffrida F, Leonardi C 2012. Nutrient solution concentration on pepper grown in a soilless closed system: yield, fruit quality, water and nutrient efficiency. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science.* 62, 1-6.
- Hansen, M.N. 2016. Odour and ammonia emission from broiler houses with and without a heat exchange system. VERA test report. AgroTech, Skejby, 95 pp.
- Hansen, M.N., Sommer, S. G., Hutchings, N. J. & Sørensen, P. 2008. Emissionsfaktorer til beregning af ammoniakfordampning ved lagring og udbringning af husdyrgødning, Aarhus Universitet, DJF rapport Husdyrbrug Nr. 84, 43 pp.
- Hehnen, D., Hanrahan, I., Lewis, K., McFerson, J. and Blanke M. 2011. Mechanical flower thinning improves fruit quality of apples and promotes. *Scientia Horticulturae* 134 (2012) 241–244.
- Hemming S, Baeza E, Mohammadkhani V, van Breugel B 2017. Energy saving screen materials - Measurement method of radiation exchange, air permeability and humidity transport and a calculation method for energy saving. Wageningen Report GTB-1431, 92 pp. <http://edepot.wur.nl/409298>
- Hohenstein JA 2014. Diffuse light for better plants. *Grower Talks* 78(8).
<http://www.ballpublishing.com/GrowerTalks/ViewArticle.aspx?articleid=20729>
- Jakobsen, S.V. 2012. Energirådgiver hos SEAS-NVE. Måling af energibesparelse ved brug af EARNY varmeveksler fra Big Dutchman. 2 pp.
- Jensen, P. K., Lund, I. (2006) Static and dynamic distribution of spray from single nozzles and the influence on biological efficacy of band applications of herbicides. *Crop Protection* 25, 1201-1209.
- JKI 2018. Pflanzenschutzmitteleinsparung. Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz. Julius Kühn-Institut. <https://www.julius-kuehn.de/at/ab/abdrift-und-risikominderung/pflanzenschutzmitteleinsparung/>
- Johansen, K.H. 2012. Energirådgiver Energinord. Effektmålinger ved brug af varmeveksler i slagtekyllingerproduktion. Notat. 2 pp.
- Johansen, K.H. 2013. Energirådgiver Energinord. Kalkulationspriser og forudsætninger. Notat. 5 pp.

- Johansson, D. (1998) Radhackning med och utan efterredskap i stråsåd. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, Sveriges Lantbruksuniversitet, nr. 94, 55 sider.
- Kai, P., Tybirk, P., Jensen, M.L., Jensen, H.B, Bækgaard, H. 2014. Normtal for husdyrgødning. Kapitel 8: Tab fra stalde 2014. http://anis.au.dk/fileadmin/DJF/Anis/dokumenter_anis/normtal/Stalde_-_baggrundsmateriale_kapitel-8_2016-2017.pdf
- Kai, P. & Hansen, M.N. 2014. Normtal for husdyrgødning. Kapitel 9: Lager 2014. http://anis.au.dk/fileadmin/DJF/Anis/dokumenter_anis/Normtal_for_husdyrgoedning_Kapitel_9_lager_2014.pdf
- Karabelas A, Plakas K 2011. Membrane treatment of potable water for pesticides removal. <https://www.slideshare.net/kplakas/membrane-treatment-of-potable-water-for-pesticides-removal>
- Larson, J.A., Velandia, M.M., Buschermohle, M.J., Westlund, S.M. (2016). Effect of field geometry on profitability of automatic section control for chemical application equipment. Precision Agriculture 17:18–35.
- Level 2017. Comfort, health, efficiency and environmental issues all influence decisions about the right energy source to use for space heating. Branz. (<http://www.level.org.nz/energy/space-heating/space-heating-energy-sources/>)
- Lindhard Pedersen H., Jensen B., Munk L, Bengtsson M and Trapman M. 2012. Reduction in the use of fungicides in apples and sour cherry production by preventive methods and warning systems. Pesticides research no. 139. 2012. Danish Ministry of the Environment. Environmental protection Agency. ISBN no. 978-87-92779-70-0 pp. 113. <http://www.mst.dk/Publikationer/Publications/2012/August/978-87-92779-70-0.htm>
- Lindhard Pedersen H., Linddal Pedersen K. and Paaske K. 2005. Evaluating the use of RIMpro and Metos weather stations for control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in Denmark 2002-2005. Poster til 7th International IOBC/WPRS Workshop on Orchard Diseases. Italy Aug-sep. 2005.
- Loft, M., Østergaard, P. (2011) Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i praksis. Ukrudtsbekæmpelse i kartofler. Plantekongres 2011, 11-13 januar 2011, Herning, Danmark, 241 - 243
- Lötjönen, T., Mikkola, H. (2000) Three mechanical weed control techniques in spring cereals Agricultural and Food Science in Finland 9, 269–278.
- Luck, J.D., Pitl, S.K., Shearer, S.A., Mueller, T.G., Dillon, C.R., Fulton, J.P., Higgins, S.F. (2009) Potential for pesticide and nutrient savings via map-based automatic boom section control of spray nozzles. Computers and Electronics in Agriculture.
- Martínez-Blanco J, Munoz P, Antón A, Rieradevall J 2011. Assessment of tomato Mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. Journal of Cleaner Production 19, 985-997.

- Melander, B., Cirujeda, A., Jørgensen, M.H. (2003) Effects of inter-row hoeing and fertilizer placement on weed growth and yield of winter wheat. *Weed Research* 43, 428–438
- Melander B., Lattanzi B. & Pannacci E. (2015). Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Protection* 72, 1-8.
- Melander B, Lattanzi B, Pannacci E 2015. Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Protection* 72, 1-8.
- Miljøstyrelsen, udateret. Forudsætninger for de økonomiske beregninger ved overdækning. <http://www2.mst.dk/wiki/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Oekonomiskeforudsætningero-verdaekning.pdf> (hentet 10-08-2017)
- Miljøstyrelsen, 2011a. Etagesystem ved ægproduktion. *Teknologiblad*. 1. udgave. 9 pp.
- Miljøstyrelsen, 2011b. Hyppig fjernelse af gødning fra æglæggende høns som ikke holdes i bur (alternativ hønsehold). *Teknologiblad*. 1. udgave. 10 pp.
- Miljøstyrelsen (2012) Pesticidbelastningen fra jordbruget 2007-2010. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 1 2012, 52 p.
- Morsing, S., Strøm, J. & Ravn, P. (2003) Energibesparende regulering af ventilation i slagtesvinestalde. Danmarks Jordbrugsforskning. Intern Rapport nr. 187, 33 p.
- Mortensen, K. 2013. Ribberørsopvarmning contra calorifere opvarmning i kyllingehus. *EnergiMidt*.
- Nielsen SF 2015. Markant energibesparelse på Gyldensteen. *Gartner Tidense* 131(11), 38-39.
- Nilsson, A.T.S, Lundkvist, A., Verwijst, T., Gilbertsson, M., Algerbo, P.-A, Hansson, D., Andersson, A., Ståhl, P., Stenberg, M. (2014) Integrated control of annual weeds by inter-row hoeing and intra-row herbicide treatment in spring oilseed rape. 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 11.-13. März 2014 in Braunschweig. *Julius-Kühn-Archiv* 443, 746-750
- Nyord T, Trénel P, Birkmose, T, Thomsen, A and Schelde, K. Importance of injector design on ammonia volatilization and crop yield when soil injecting pig slurry to a winter wheat crop, 15th Ramiran conference, September 2013, Paris.
- Nørremark, M., Griepentrog, H. W., Nielsen, J., Søgaard, H. T (2008) The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intra-row mechanical weed control in row crops. *Biosystems Engineering* 101(4), 396-410.
- Odense Kommune 2017. Afrapportering af projekt om væksthushavens miljøforhold. August 2017, 41 sider, Odense Kommune.

- Ottosen AR, Furgal KM 2017. Pesticiders skæbne i biologiske rensningsanlæg. Litteraturundersøgelse. Miljøstyrelsen, 40 sider.
- Ouzounis T, Giday H, Kjaer KH, Ottosen CO 2017. LED or HPS in ornamentals? A case study in roses and campanulas. *J. European Hort Sci.* (in press).
- Pedersen HL, Andersen L, Jørgensen PE, Sørensen L 2011. Luksusbær til frisk konsum. *Frugt & Grønt* 2, 60-61.
- Pedersen, C.Å. (1999) Oversigt over Landsforsøgene 1999. Landbrugets Rådgivningscenter.
- Pedersen, C.Å. (2000) Oversigt over Landsforsøgene 2000. Landbrugets Rådgivningscenter. 336 p.
- Pedersen, C.Å. (2002) Oversigt over Landsforsøgene 2002. Landbrugets Rådgivningscenter. 353 p.
- Pedersen, J.B. (2011) Oversigt over Landsforsøgene 2011. Videncenteret for Landbrug. 443 p.
- Pedersen, J.B., Pedersen, C.Å. (2013) Oversigt over Landsforsøgene 2013. Videncenteret for Landbrug. 466 p.
- Pedersen, J., Petersen, P.H. (2010) Radrensning af majs og raps. FarmTest. Videncenteret for Landbrug. Maskiner og Planteavl 118, 32 sider
- Pergher, G. Gubiani, R., Cividino, R. S., Dell'Antonia, D., Lagazio, C. 2013. Assessment of spray deposition and recycling rate in the vineyard from a new type of air-assisted tunnel sprayer. *Crop Protection* 45, 6-14.
- Petersen, S.O., N. Dorno, S. Lindhorst, A. Feilberg, J. Eriksen. 2013. Emissions of CH₄, N₂O, NH₃ and odorants from pig slurry during winter and summer storage. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2013) 95:103–113
- Poulsen, H.D. 2016. Normtal for husdyrgødning – 2016. Aarhus Universitet. 35 pp.
http://anis.au.dk/fileadmin/DJF/Anis/dokumenter_anis/Forskning/Normtal/Normtal_2016_endelig.pdf
- Provstgaard, N. & Cortina, A.G. (2009) Undersøgelse af lugt og ammoniakemission samt mulig miljøteknologi til bur- og skrabeægsstalde. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret Fjerkræ Aarhus, 11 p.
- Purvis P, Chong C, Lumis GP 2000. Recirculation of nutrients in container nursery production. *Can J Plant Sci* 80, 39-45.
- Rasmussen CM, Orzolek MD 2009. Penn State High Tunnel Plastic Study 2007-08. Report from PennState University.
- Rasmussen, J., Pedersen, T.B. (1990) Forsøg med radrensning i korn - rækkeafstand og udsædsmængde. 7. Danske Planteværnskonference/Ukrudt: 187-199.

- Rasmussen, J., H. H. Nielsen & H. Gundersen. 2009. Tolerance and Selectivity of Cereal Species and Cultivars to Postemergence Weed Harrowing. *Weed Science* 57(3): 338-345.
- Rasmussen, S. G. 2013. Måling af energibesparelser. Måling af energibesparelser ved anvendelse af LED-belysning i kyllingestalde. Rapport. AgroTech
- Reid J 2008. Comparisons of Temperatures under Clear Polyethylene and Infrared Blocking Coverings for High Tunnels. Report Cornell University.
- Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, 2018.
<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/glastuinbouw/rendement/@43286/bzg-lijst/>
- Riis, A., Damsted, E. & Hansen, P. (2012) Simulering af energiforbrug for Dynamic Multistep i kombination med LPC-ventilatorer fra SKOV A/S. Notat nr. 1231, Videncenter for Svineproduktion, 7 p.
- Riis, A. Damsted, E. & Sørensen, K.B. (2017) Afprøvning af Dynamic Multistep i kombination med LPC ventilatorer fra SKOV A/S. Erfaring nr. 1709, SEGES, Svineproduktion, Den Rullende Afprøvning, 14 p.
- Rueda-Ayala V., Weis M., Keller M., Andújar D., Gerhards R. (2013) Development and Testing of a Decision Making Based Method to Adjust Automatically the Harrowing Intensity. *Sensors* 13(5), 6254–6271.
- Rydberg, N.T. (1995) Weed harrowing in growing cereals. Significance of time of treatment, driving speed, harrowing direction and harrowing depth. Dissertation. Institutionen för växtodlingslära. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. 19 p.
- Sanchez-Del Castillo F, Moreno-Perez ED, Pineda-Pineda J, Osuna JM, Rodriguez-Perez JE, Osuna-Encino T 2014. Hydroponic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production with and without recirculation of nutrient solution. *Agrociencia* 48(2), 185-197.
- Särkkä LE, Jokinen K, Ottosen CO, Kaukoranta T 2017. Effects of HPS and LED lighting on cucumber leaf photosynthesis, light quality penetration and temperature in the canopy, plant morphology and yield. *Agricultural and Food Science* 26, 102–110, <https://doi.org/10.23986/afsci.60293>.
- Tersbøl, M., Bertelsen, I., Pedersen, J.B., Haldrup, C., Birkmose, T.S., Knudsen, L., Jørgensen, T.V. (2000) Økologisk dyrkning. Rækkedyrkning. I: Oversigt over landsforsøg 2000, ved Landsudvalget for Planteavl, Carl Åge Pedersen, 238-239
- Tersbøl, M. (2001) Økologisk dyrkning. I: Oversigt over landsforsøg 2001, ved Landsudvalget for Planteavl, Carl Åge Pedersen, 230-231

- Thahir I., Johansson E., Olesson M. E. 2013. Improvement of Apple Quality and Storability by a Combination of Heat Treatment and Controlled Atmosphere Storage. *Hort Science* 48(1).
- Tillett ND, Hague T, Grundy AC, Dedousis AP 2008. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering* 99, 171-178.
- Tillett, N.D., Hague, T. (2006) Increasing Work Rate in Vision Guided Precision Banded Operations. *Biosystems Engineering* 94(4), 487-494
- van Ruijven JPM, van Os EA, van der Staaij M, Beerling EAM 2014. Evaluation of Technologies for Purification of Greenhouse Horticultural Discharge Water. *Acta hort.* 1034, 133-140.
- Wien HC, Reid JC, Rasmussen C, Orzolek MD 2008. Use of Low Tunnels to Improve Plant Growth in High Tunnels. Report from PennState University.
- Wiltshire JJJ, Tillett ND, Hague T 2003. Agronomic evaluation of precise mechanical hoeing and chemical weed control in sugar beets. *Weed Research* 43, 236-244.
- Wooten M 2015. Blueberry research focuses on gentler methods of harvesting tiny fruit. UGA Today. <http://news.uga.edu/releases/article/blueberry-research-gentler-methods-of-harvesting-tiny-fruit-0415/>; http://www.scharfenberger.de/files/scharfenberger_01/pdf/BRAUD_9000L_engl.pdf
- Xiao CL, Chandler CK, Price JF, Duval JR, Mertely JC, Legard DE 2001. Comparison of epidemics of Botrytis fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. *Plant Disease* 85(8), 901-909.
- Zhao S, Ma C, Liu C, Sun G 2011. Computing method for thermal transmittance and saving ratio of heat loss in multi-layer covering of greenhouse. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 27(7), 264-269. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2011.07.046>
- Ørum JE, Holtze MS 2017. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2015. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning, baseret på salgsstatistik og sprøjtejournaldata. ISBN: 978-87-93529-63-2. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 17., 85 pp.
- Ørum JE, Kudsk P, Jørgensen LN, Paaske K 2016. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning for solgte pesticider 2007-2015. Miljøstyrelsen.