

Effekter av ljus på värphönsens aktivitet och koldioxidavgivning i ett försöksstall

Mie Meiner



Effekter av ljus på värphönsens aktivitet och koldioxidavgivning i ett försöksstall

Effects of light on laying hens activity and carbon dioxide emissions in an experimental building

Mie Meiner

Handledare: Sven Nimmermark, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Anders Herlin, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A1E

Kurstitel: Examensarbete, Biologi D

Kurskod: EX0210

Program/utbildning: Agronomprogrammet, husdjursinriktning

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2015

Omslagsbild: Mie Meiner

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Värphöns, Ljusintensitet, Ljuskällor, Lysrör, Glödljus, Dagsljusbelysning



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för biosystem och teknologi

1 FÖRORD

Att skriva examensarbete ingår som en obligatorisk del i agronomprogrammet på SLU. Omfattningen ska motsvara en termins arbete på heltid och genererar 30 hp.

De studier jag gjorde på värphönsen i Alnarps klimatkammare lärde mig mycket om hur man lägger upp en studie och vilka fel som lätt uppstår. Att biologin tar sina egna vägar är visserligen inget nytt, men fortfarande lika förvånande när resultaten inte blir som man trodde. Att sedan förklara varför man fått de resultat man fått är sedan även det en utmaning. Resultaten är en del av projektet "Ljusförhållande och värphöns reaktioner på ljus i stallar med frigående höns". Forskningsprojektet har finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning samt Jordbruksverkets och Djurskyddsmyndighetens forskningsprogram om "Djurvänlig och lönsam äggproduktion".

Jag vill rikta ett mycket stort tack till min handledare Sven Nimmermark som hjälpte mig över den oerhört höga tröskel som uppstod då den ena excel-filen efter den andra vägrade samarbeta och till och med datorerna fick bytas ut. Den stöttning och hjälp jag fått av honom har varit långt över den normala arbetsinsatsen för en handledare och på ett otroligt varmt sätt med vänliga kommentarer över felskrivningar. Utan honom hade detta arbete aldrig blivit klart. Ett stort tack även till Hans von Wachenfelt som opponerade vid redovisningen av arbetet och till Anders Herlin som åtog sig uppdraget som examinator. Ett stort tack även till Knut-Håkan Jeppsson som såg till att det överhuvudtaget gick att samla in och sammanställa data från datorn på Södergård! Till sist vill jag även tacka Tony Meiner för den insats han gjort för att få skrivmallen att fungera på alla inblandade datorer och för den support han gett för att få detta examensarbete klart.

Höör maj 2015

Mie Meiner

2 Sammanfattning

Få faktorer, förutom fodret, påverkar hönsen så mycket som ljus. För djurens välmående och produktion och för lantbrukarens totalekonomi spelar valet av både ljuskälla och intensitet stor roll. Eftersom lagstiftarna vill få in dagsljus i allt större utsträckning till fjäderfä är det lämpligt att studera hur bra höns trivs i ljus som påminner om dagsljuset och om detta ljus har negativa effekter.

Studien gjordes med tre olika ljuskällor och med olika ljusintensitet. De olika ljuskällorna var glödljus (GL), lysrör med varmvitt sken (VV) och lysrör med dagsljusspektra (DL). Avsikten var att se hur mycket djurens aktivitet ökade med ökad ljusintensitet och om det var skillnader mellan de undersökta ljuskällorna. Detta gjordes genom att mäta djurens aktivitet och de parametrar som påverkas av ökad aktivitet. I en andra del av försöket undersöktes djurens preferens mellan olika ljusintensiteter genom att undersöka vistelseplats och värpplats.

Studierna utfördes i klimatstallet vid SLUs försöksgård Alnarps Södergård. De ca 400 värphönsen som sattes dit i oktober var 16 veckor gamla vita LSL-hybrider (Lohmann Selected Leghorn). Den totala arean i klimatkammaren inklusive gångar var 87 m² och djuren hade tillgång till 39,5 m². Utrymmet bestod av en ströbädd med sand och dränerande plastspalt där vattenniappar, automatiska foderkedjor och sittpinnar var placerade. Gödselbanden kördes en gång dagligen. Värpredena var placerade vid den norra väggen. Under försöken delades djurutrymmet i två lika stora delar, benämnda Väst och Öst, av ett ljustätt fibervävsdraperi som monterades mitt i stallet från norrväggen till söderväggen. Draperiet satt fast längst upp vid taket och slutade ca 20 cm ovanför golvytan. Öppningen gjorde att djuren kunde förflytta sig mellan de olika delarna. Under båda delarna av studien undersöktes djurens aktivitet, koldioxidproduktion, dammproduktion, fuktproduktion, värmeavgivning samt äggproduktion.

Aktiviteten var lägst vid GL vid låg och hög ljusintensitet (0,28-0,32) jämfört med VV (0,3-0,65) och DL (0,73-0,79). Den var något högre för GL och VV då ljuset var av medelintensitet (17-25 lx). Koldioxidproduktionen var högst för hög intensitet (39-91 lx) av GL (4,54 g/höna) och lägst vid medelhög ljusintensitet (3,66/höna) av samma ljuskälla. Andelen lagda ägg var högst där det var mörkast för både VV och DL medan det var fler lagda ägg i den ljusaste avdelningen vid GL. Mängden gödsel var som störst där det var ljusast för samtliga ljusregimer. Pearsons regressionsanalys visade på en signifikant positiv relation mellan ljusintensitet och aktivitet ($p < 0,01$) och också mellan antal dagar efter start av försöket och aktiviteten ($p < 0,001$). Ett högre R²-värde (79,9 %) noterades vid en regression mellan både ljusintensitet och dagar efter start av försöket och aktivitet. Denna koppling mellan ökning av aktivitet med ökad ålder (eller säsong) var oväntad då djuren inte hade några dagljusinsläpp.

Nyckelord: Glödljus, Belysning, Aktivitet, Värphöns, Biologisk klocka, Dagsljuslysror, koldioxid

Summary

Very few factors, except feed, have such a big impact on egg laying hens as illumination does. For the animal welfare and production and for the farmer's total economy the choice of both illumination source and intensity have a great impact. As the legislators want to let the daylight in into the barns to poultry it is useful to study how well hens thrive in light that is similar to daylight and if this kind of illumination have any negative side effects.

The experiment was conducted with three different illumination sources and with different light intensities. The examined sources were conventional light bulbs (GL), common strip lights (VV) and daylight strip lights (DL). The intention was to determine how much the animal activity increased with elevated intensity and if there were any differences between the examined light sources. This was conducted by measurements of the animal activity and the parameters affected by increased activity. In the second part of the study, the preferences between different light intensity, was studied by determining where the animal stayed and laid eggs.

The experiment was conducted in a small poultry house (climate chamber) at the SLU research station Alnarps Södergård. About 400 laying hen, 16 weeks of age of the hybrid LSL (Lohmann Selected Leghorn) were placed in the chamber in October. The total area of the chamber including walking alleys was 87 m² and the laying hens were kept on a 39.5 m² large area. The housing system included a bedding area with sand and a manure bin area with a drained floor above where drinking nipples, automatic feed conveyors, and perches were placed. The manure belts below the drained floor were running once every day. Laying nests were placed close to one of the walls, the north wall. During part two of the study the animal area was divided into two equally sized areas, called Öst and Väst, by a light opaque fibre woven curtain from north to south. The curtain was attached to the ceiling and had an opening in the bottom edge about 20 cm above the manure bin. The opening allowed the hens to move freely between the areas. Under both parts of the study measurements on the animals were made on animal activity, production of CO₂, dust, moist, heat and egg production.

The activity was lowest with GL at low-high light intensity (0.28-0.32) compared to VV (0.3-0.65) and DL (0.73-0.79). It was a little higher for GL and VV when intensity was medium (17-25 lx). The CO₂ emissions were highest at high light intensity (39-91 lx) from GL (4.54 g/hen) and lowest at medium intensity (3.66 g/hen) for the same light source. The amount of laid eggs was highest at the darkest area for both VV and DL, while there were more eggs in the brightest area for GL. The amount of manure was highest in the brightest area for all three light regimes. Pearson correlations showed a significant positive relationship between illuminance and activity ($p < 0.01$), and also between day after start of the experiments and activity ($p < 0.001$). The increased activity by age (or season) was unexpected since the hens had no light from outside.

Keywords: Light bulbs, Illumination, Activity, Laying hens, Biological clock, Daylight strip lights, Carbon dioxide

Innehållsförteckning

1	FÖRORD	1
2	Sammanfattning	2
3	Inledning	6
3.1	Ljuskällor	7
3.1.1	Glödljus	7
3.1.2	Lysrör	7
4	Syfte och hypoteser	8
4.1	Syfte	8
4.2	Hypoteser	8
5	Litteraturgenomgång	9
5.1	Spektralfördelning	10
5.2	Lagkrav	12
5.2.1	Svenska lagkrav och rekommendationer för värphöns	12
5.2.2	Europeiska lagkrav och rekommendationer för fjäderfä	13
5.3	Värphönans ursprung	14
5.4	Avelsurval och avelskriterier	14
5.5	Från kyckling till värphöna	14
5.6	Hönans normala dagliga aktiviteter	15
5.7	Hönsens ljusuppfattning	15
5.8	Antalet ljustimmar och fördelningen mellan dag och natt	16
5.9	Spektralfördelningens påverkan på höns, slaktkycklingar och kalkoner	18
5.10	Ljusintensitetens påverkan	18
5.11	Åtgärder som inte är ljusrelaterade för att minimera oönskat beteende	20
6	MATERIAL OCH METODER	21
6.1	Stallet och djuren	21
6.2	Ljuskällor och belysning	22
6.3	Allmänt om studien och försöksplan	24
6.4	Äggproduktion	25
6.5	Aktivitetsgivare	25
6.6	Koldioxidmätningar	25
6.7	Ventilationsflöde	25
6.8	Temperaturmätningar	25
6.9	Fuktmätningar	25
6.10	Ljusintensitetsmätningar	25
6.11	Dammvägningar	26
6.12	Gödselvägningar	26
6.13	Värmeavgivning	27
7	Resultat	28
7.1	Produktion	28

7.1.1	Äggproduktion	28
7.2	Sammanfattande resultat vid lika ljusstrategi i båda stallhalvorna	29
7.2.1	Aktivitet	30
7.2.2	Värmeavgivning	32
7.2.3	Koldioxid	32
7.2.4	Fuktavgivning	34
7.2.5	Dammhalter	34
7.3	Resultat vid olika ljusintensitet i stallets halv	35
7.3.1	Vistelseplats med avseende på gödslingsmönster och äggläggning	35
7.3.2	Övriga resultat	37
8	Diskussion	38
9	Kommentarer - slutsatser	40
10	Fortsatt forskning	41
	Referenser	42

3 Inledning

Hönsens beteenden styrs i hög grad av ljuset. Både deras dagliga aktiviteter och deras säsongsmässiga beteenden (fortplantning och migration) styrs av ljuset och förändringarna i detta (Gwinner & Brandstätter, 2001).

En av orsakerna till att hönsuppfödare lägger så stor vikt på ljusets inverkan på hönsen är den stora kostnad det innebär att både installera belysning och att lysa upp stora utrymmen inomhus under många timmar. Man vill därför ha kunskap om hur man kan maximera sin produktion utifrån en minimal kostnad. Lewis & Morris (1998) undersökte om ett byte till lågenergilampor som ljuskällor skulle fungera med tanke på djurens välbefinnande. Man såg fördelar med detta då lamporna passar i vanliga glödljusarmaturer och förbrukar mindre energi. I studien fann man ingen anledning att av djurskyddsskäl avråda från byte.

Ahmad *m. fl.* (2010) noterade att det var lönsammast med energilampor. I försöket beräknades kostnaderna för lysrör, energilampor och glödljus. Man tog hänsyn till kostnad för el och foder och jämförde med äggproduktionen med de olika ljuskällorna och fann att det var lönsamt att byta till energilampor, främst då man fick högre produktion trots låg ökning av foderintaget. En annan orsak till att det fokuseras på ljus är att lagstiftarna alltmer vill att djuren ska ha ett liv som är så likt ett naturligt liv som möjligt. För att förbättra välfärden hos hönsen är tillgång till dagsljus och möjlighet till utevistelse något som behöver finnas även i fjäderfästallar. Tidigare byggde man normalt stallar till fjäderfä helt utan dagsljusinsläpp eftersom man såg mer produktionsstörningar än fördelar med dagsljuset. För att hålla djuren välmående och få så bra produktion som möjligt krävs stor kunskap om hur belysningen ska vara utformad samt hur man naturligt ska kunna anpassa dagsljus och belysning till fjäderfä utan negativa effekter. Sverige är i framkant, jämfört med övriga Europa, med sina lagar som kräver att det ska finnas dagsljusinsläpp till fjäderfä,

Många studier har gjorts på kopplingarna mellan antalet ljusstimmar, förhållandet mellan ljus och mörker, intensitet och produktion, ögonabnormitet, aggressioner, vikt på första äggen samt könsutveckling på både äggläggande hönor och på tuppar (Harm, Motl & Russell, 2000; Renema & Robinson, 2001; Morris, 2004; Rodin & Kuznetsov, 2003; Joseph *m.fl.*, 2002a; Joseph *m.fl.*, 2002b; Whitley *m.fl.*, 1984). Färre studier har dock gjorts på hönsens aktivitet vid olika ljusintensiteter, även om det finns några rapporter (Saiful, Fujita & Ito, 2002; Boushouwers & Nicaise, 1993). Taylor, Coerse & Haskell (2000) noterade att höns som själva kunde styra ljus och fodertilldelning värpte fler ägg än kontrollgruppen som hade styrd fodertilldelning och ljusschema. De visade också större intresse för att arbeta hårdare för att få tillgång till extra foder än för högre ljusintensitet (de kunde uppnå en ökning från ca 10 lx till 16 lx). Det fanns i denna studie ingen skillnad i fjäderplockningsgrad mellan grupperna. Morris (1968; 1981; 1994) fastställde i en rad tidiga studier på burhöns att den optimala ljusintensiteten var 5-10 lx. I dagens system med lösgående hönor är det uppenbart att intensiteten måste vara högre. Dels trivs hönsen med att äta där det är upplyst (Prescott & Wathes, 2002) och dels värper de

gärna där det är mörkt (Davis *m.fl.*, 1998). I så mörka stallar (5-10 lx) skulle hönsen troligtvis värpa mer på golvet och det skulle vara svårt att sköta dem ordentligt då människor ser dåligt i så låga ljusintensiteter (Sandström *m.fl.*, 2002).

En del av bekymret med för hög och varierad ljusintensitet till värpande höns är att det finns miss-tankar om ökad aggressivitet och högre andel fjäderplockning (Kjaer & Sørensen, 2002; Kjaer & Vestergaard, 1999). Då höns inte uppfattar ljus på samma sätt som människor kan det vara svårt att fastställa antalet lux som är bäst för hönsen. Det kan i stället behövas alternativa sätt att fastställa vilken typ av ljus och vilken intensitet djuren trivs bäst i.

Flera författare menar att det är minst lika viktigt att fastställa spektralfördelningen som ljusintensiteten och även undvika alltför stora kontraster i byggnaderna. Det tycks som om förändringar i ljuset framkallar mer reaktioner än själva intensiteten som sådan och att det förefaller stressa djuren med alltför stora växlingar.

3.1 Ljuskällor

3.1.1 Glödljus

Det ljus man använt fram tills i slutet på 1990-talet är i stort sett endast flimmerfria glödljus. Den moderna glödlampan har en glödtråd av volfram vilken upphettas till ca 2 500° C. Ljuset från dessa blir lätt gultonat och uppfattas som varmt. I dessa lampors spektrum är blåandelen liten och rödandelen stor. Glödlampan avger mycket lite långvågig UV-strålning. De glödlampor som är vanligast för allmänbruk har ljusutbyten i området 10-15 lm/W och en livslängd på 1 000 timmar. (Sandström *m.fl.*, 2002).

3.1.2 Lysrör

En kvicksilverurladdning vid lågt ångtryck producerar stark UV-strålning med framför allt våglängden 254 nm. Denna strålning omvandlas då den träffar ett lyspulverskikt på urladdningskammarens insida till strålning inom det synliga våglängdsområdet. Genom olika lyspulverval kan olika ljuskaraktärer åstadkommas. Det synliga ljuset från ett lysrör kommer uppskattningsvis till 95 procent från lysröret, resten kommer från själva gasurladdningen. Lysrör kräver driftdon som modifierar strömtillförseln för sin drift. Magnetiska driftdon har tidigare varit dominerande. Under 1990-talet blev det allt vanligare att installera lysrörsbelysning med elektroniska driftdon. Nätspänningens 50 Hz likriktas och omvandlas i elektroniska driftdon till högre frekvens, ofta av storleksordningen 30-40 kHz, för matning av lysrören. (Sandström *m.fl.*, 2002). Dessa don kallas HF-don och är flimmerfria även för fjäderfän.

UV-strålningen från lysrör för allmänbruk absorberas mycket effektivt av lysrörets glashölje. Lysrör är mycket energieffektiva ljuskällor med ljusutbyten som maximalt är ca 100 lm/W. Livslängden är hög och mer än 15 000 timmar kan nås vid elektronisk drift. (Sandström *m.fl.*, 2002). För att efterlikna dagsljusets spektralfördelning har man tagit fram lysrör med en allt högre grad av likhet med dagsljuset. Med dessa kan man jämföra ut skillnader mellan dagsljusinsläppen och utrymmena dit dagsljuset inte når och kanske uppnå att djuren upplever spektralfördelningen som densamma.

Under början av 2000-talet har även LED-lampor (Light Emitting Diode) introducerats. Med en betydligt lägre energikostnad kopplad till en allt lägre inköpskostnad finns ett stort intresse för denna typ av belysning. Med det växande intresset för LED-ljus har allt större bredd av spektralfördelningar introducerats och utbudet är numera stort. Flera studier har initierats för att undersöka om det är förenligt med god djurvälstånd att byta ut armaturerna mot LED-lampor och i så fall vilka våglängder som är bäst lämpade.

4 Syfte och hypoteser

4.1 Syfte

Eftersom det finns samband mellan ljuset och hönsens produktion, beteenden och välmående är ljusets påverkan på hönsen en viktig parameter att studera. Då man i många studier sett stora förändringar i djurens produktion när man varierar ljusets intensitet, antal timmar belysning per dygn, foderkonsumtion och aggressivitet, förefaller det naturligt att även undersöka hur ljuset påverkar deras aktivitet. Att undersöka hur ljus från olika ljuskällor och med olika intensitet påverkar hönsens aktivitet och sammanhängande klimatfaktorer var huvudsyftet med studien.

Aktiviteten hos djuren påverkar stallmiljön på flera sätt. Dels kan koldioxidhalten bli högre eftersom djurens muskler via förbränning genererar mer koldioxid när de används mera och dels kan luftkvalitén försämrats med större mängd dammpartiklar i luften genererat av höns som rör runt i ströbädden och flaxar med vingarna. Det damm som tidigare samlats på exempelvis inredning kan virvlas runt och ge en sämre luftkvalité.

Eftersom man vill få in dagsljus i allt större utsträckning till fjäderfä är det lämpligt att studera hur bra höns trivs i ljus som påminner om dagsljuset och om detta ljus har negativa effekter. Om man kan spara el genom att använda dagsljuset dagtid och sedan fortsätta ljusprogrammet med dagsljusliknande lysrör kan kanske ekonomiska vinster göras och djurens välmående kan också öka. I hönsstallar vill man undvika mörka skuggiga delar eftersom hönsen ofta värper där och det kan eventuellt finnas fördelar med att ljus som ersätter dagljuset där exempelvis inredning skuggar har likhet med det ljus man har från dagsljusinsläppen.

4.2 Hypoteser

En hypotes i studien var att olika ljuskällors spektralfördelning skulle påverka hönsens aktivitet på olika sätt och att denna påverkan skulle vara olika stark i olika ljusintensiteter, dvs. att ökad ljusintensitet skulle leda till att hönsen var aktivare. De parametrar som studerades i sammanhanget var aktivitet, dammsedimentation och koldioxidavgivning. En annan hypotes var att hönsen skulle välja vilken ljusintensitet de trivdes bäst i och stallet försågs därför med två avdelningar med olika ljusintensitet i. I studien vägdes mängden deponerad gödsel och antalet lagda ägg i vardera halvan av stallet för att bedöma var hönsen vistades.

Studien gjordes med tre olika ljuskällor och med olika ljusintensitet. Ljusintensiteten för varje källa definierades som låg, medelhög och hög. De olika ljuskällorna var glödljus (GL), lysrör med varmvitt sken (VV) och lysrör med dagsljusspektra (DL).

5 Litteraturgenomgång

Ljus är en elektromagnetisk strålning som uppfattas av ögonen hos människor och djur. Strålningen vi själva kan uppfatta (ca 400-700 nm) är endast en liten del av den totala strålningen en ljuskälla ger ifrån sig. Energin som en ljuskälla avger karakteriseras av effekten som kan uttryckas i enheten Watt (W). För den mänskliga uppfattningen av ljuset används beteckningarna ljusflöde, (Φ , lumen), ljusstyrka (I, candela) och belysningsstyrka/illuminans (E, lumen/m², lx).

Ljusflöde (Φ) avser den totala strålningen som utgår från en ljuskälla inom det för oss synliga området och detta mäts i enheten lumen (lm). Ljusstyrka är måttet på ljusflödet i en viss riktning och anges i candela (cd). Intensiteten i en viss riktning avgörs av ljuskällans speciella utformning (reflektor etc.) och ljusflödet som sprids över en m² anges i enheten lux (lx, =lumen/m²) och utgör ett mått på hur bra belysningen av en viss yta upplevs av oss människor (tabell 1).

Tabell 1. Vanliga ljus tekniska benämningar och deras samband (Anonym, 2015)

Ljusterm	Beskrivning
Ljusstyrka I (cd)	Ljusflödet inom rymdvinkeln/Rymdvinkeln Ω (sr)
Belysningsstyrka E (lx)	Infallande ljusflöde (lm)/belyst yta (m ²)
Belysningsstyrka E (lx)	Ljusbild (lm)/[Avstånd (m)] ²
Luminans L (cd/m ²)	Ljusstyrka (cd)/Projicerad, sedd yta m ²
Ljusutbyte η (lm/W)	Alstrat ljusflöde (lm)/Förbrukad elektrisk effekt (W)

Ljusutbyte (η) är ett mått på hur mycket ljusflöde (lumen) som alstras per förbrukad watt. Detta är således ett mått på en ljuskällas driftsekonomi. Måtten på färgåtergivningen karakteriserar färgåtergivningsegenskaperna från ljuskällan. Färgtemperatur (Tf) anger färgtonen som en ljuskälla avger och mäts i Kelvin (K). För att få en korrekt bedömning av färgtemperaturen behövs även färgåtergivningskonstanten som anges i Ra. Beroende på användning kan man ställa olika krav på färgåtergivningen. En naturlig färgåtergivning är alltid en fördel. En sämre färgåtergivning kan aldrig ge ett mervärde. Färgåtergivningsindexet Ra mäts från 0 till 100. 100 innebär att färgåtergivningen är perfekt och med fallande index sjunker återgivningen helt tills värdet är 0. För att bestämma en ljuskällas Ra-värde belyser man pastellfärger med den aktuella ljuskällan samt med en ljuskälla med perfekt färgåtergivning, dagsljus eller glödlampa. Några exempel på olika ljuskällors Ra-värden finns i tabell 2:

Tabell 2. Olika ljuskällors Ra-värden (Anonym, 2015)

Lampa	Ra-värde
Glödlampa	100
Halogenglödlampa	100
Dagsljus	100
Fullfärgslysrör special	95
Led - lampa	80-90
Fullfärgslysrör	85
Metallhalogenlampor	85-92
Enkelfärgslysrör	52
Kvicksilverlampor	50
Högtrycksnatriumlampor	20

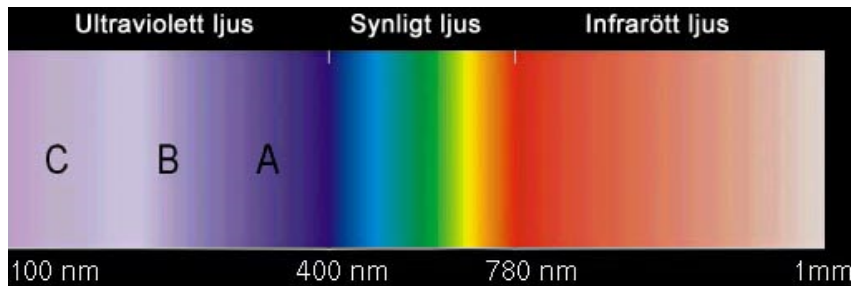
5.1 Spektralfördelning

Med spektralfördelning menas fördelning av ljusenergin över aktuellt våglängdsområde. Dagsljus har en jämn fördelning av energin i hela spektrumet som vi människor kan uppfatta, dvs. mellan ca 400-700 nm (Gustavsson, 1998). Olika ljuskällors spektralfördelning inverkar på hur färger uppträder i dess belysning och ger därför ett direkt uttryck för en ljuskällas kvalitet. En ljuskällas färgspektrum definieras inom belysningstekniken med dess absoluta temperatur i Kelvin (K), beroende på förmågan att reflekteras eller absorberas. Temperaturer över 5 300 K benämns som varma och är de under 3 300 K betecknas de som kalla (Anonym, 2015).

Ett föremål blir synligt i och med att det reflekterar det befintliga ljuset eller att föremålet självt avger ljus. Det synliga ljuset bildar ett band (spektrum) från violett (kortaste våglängden) till rött (längsta våglängden). Ljusets våglängd anges vanligen i nanometer (nm), se tabell 3 och figur 1. Det vi uppfattar som ett föremåls färg bestäms av våglängden på de strålar som reflekteras tillbaka till ögat efter absorption och spridningen av infallande ljus. Reflektionen kan ske från ytan eller inifrån objektet efter penetration av ytan.

Tabell 3. De olika färgernas spektralfördelning (Pirjola, 2003)

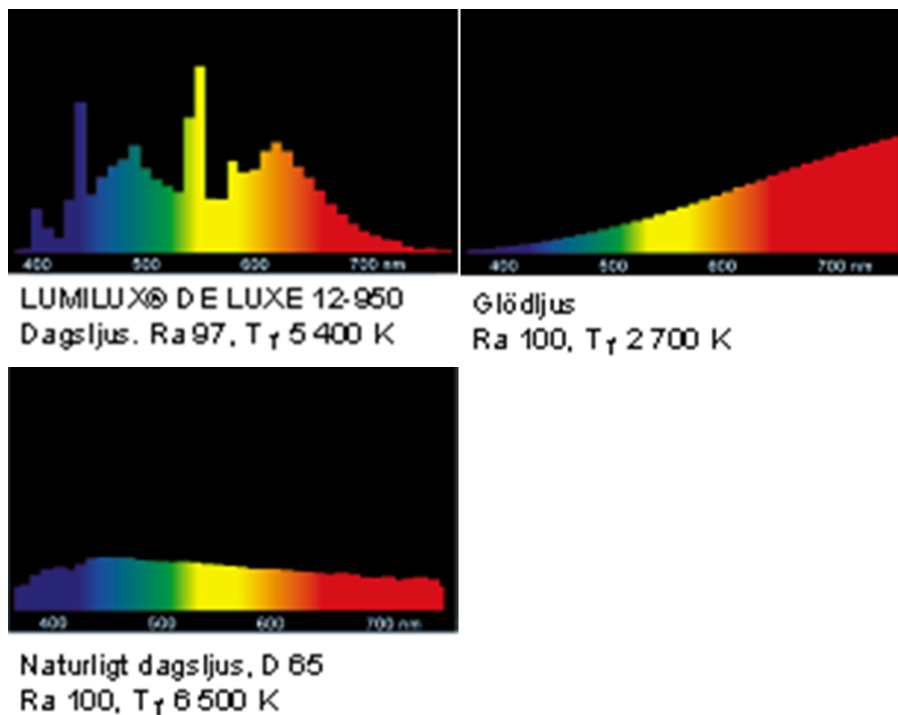
Färg	Spektralfördelning (nm)
Lila	380-450
Blått	450-490
Grönt	490-560
Gult	560-590
Orange	590-630
Rött	630-780



Figur 1. Indelningen av våglängder och deras färgåtergivning (Pirjola, 2003)

Allra kortast våglängd har UV-ljuset (Ultraviolet) som ligger utanför människoögats synliga ljusområde. UV-ljus uppdelas ytterligare i UVC (100–280 nm), UVB (280–315 nm) och UVA (315–400 nm). UVA-ljuset är det enda av dessa våglängder som kan passera fönsterglas. Blått ljus (435-490 nm) reflekteras i hög grad, utan att värma upp sin omgivning. Långvågiga färger där rött (630-780 nm) är mest långvågigt, avsätter sin energi i materialet som bestrålas, vilket innebär att uppfattningen av rött ljus är varmare.

Genom att låta ljuset brytas genom en prisma kan man se de olika våglängderna. Detta sker naturligt då solen lyser på regndroppar och regnbågen lyser klart med alla färgerna uppdelade med längst våglängd ytterst i bågen (Pirjola, 2003). I figur 2 visas spektrum för det dagsljuslysrör som användes i försöket, för vanligt dagsljus samt för glödljus.



Figur 2. Ljusspektrum för olika ljuskällor (Osram, 2005).

Lysrör som saknar HF-don blinkar 50 gånger per sekund och upplevs därför som ett stroboskopljus för hönsen (Dybdahl, 2002). Detta grundproblem gör det svårt att använda lysrör till fåglar då de kan upp-

fatta så många fler blinkfrekvenser än vad vi människor kan, upp till 150 blinkningar per sekund jämfört med den humana uppfattningen om nio (Wathes & Prescott, 2000). Glödljus saknar dessa blinkningar och av den anledningen har glödlampor traditionellt varit ett val i fjäderfästallar. HF-don används numera i de flesta lysrörsarmaturer och om ljuset ska gå att dimma upp och ner krävs HF-don. Widowski & Duncan (1996) gjorde en studie där de dock inte kunde se någon påverkan av flimrande lysrör på värphöns. I deras studie fick hönsen välja mellan att vistas i ett område med HF-don och ett utan. I båda avdelningarna var intensiteten ca 14 lx. Man kunde inte se att hönsen hade någon preferens för någon av ljusstrategierna.

5.2 Lagkrav

Förutom de svenska lagarna ska även de europeiska lagarna följas i Sverige då de är övergripande. Ägg producerade i andra länder får dock säljas i Sverige utan att man följt den svenska lagstiftningen.

5.2.1 Svenska lagkrav och rekommendationer för värphöns

Enligt Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m. (SJVFS 2010:15 samt SJVFS 2014:31) gäller bland annat följande:

14 § Djur som behöver särskild vård ska kunna tas omhand lösgående i ett närbeläget utrymme och ska där vid behov kunna hysas individuellt. Utrymmet ska ha ett klimat som djuren är vana vid.

Första stycket gäller inte fjäderfästallar där sjuka eller skadade djur omedelbart avlivas.

17 § Det ska finnas en godtagbar plan för hur djurskyddet ska upprätthållas vid elavbrott.

21 § I ett stall får djur endast tillfälligtvis utsättas för luftföroreningar som överstiger följande värden om inte annat anges i denna författning:

- ammoniak: 10 ppm,*
- koldioxid: 3 000 ppm,*
- svavelväte: 0,5 ppm,*
- organiskt damm: 10 mg/m³.*

23 a § Djuren ska ha tillgång till dagsljus och belysning som stödjer deras dygns-rytm och beteendebehov.

24 § Djurstallar får vara försedda med andra ljusinsläpp för dagsljus än fönster. I stallar med plats för mer än 350 fjäderfä ska ljusinsläpp för dagsljus vara placerade på ett sådant sätt att de ger en jämn fördelning av ljuset i djurutrymmet. I fjäderfästallar där användningen av dagsljus orsakar djurskydds- eller djurhälso-problem, får dagljusliknande artificiellt ljus användas i stället för ljusinsläpp för dags-ljus. Ljuskällan ska i så fall kunna styras och ha en spektralprofil i våglängdsområdet 315 - 700 nm inkluderande ultraviolett ljus (UVA).

26 § Stallar ska vara försedda med fast monterad belysning som inte förorsakar djuren obehag och som medger att tillsyn kan utövas utan svårigheter. I stallar för fjäderfä ska belysningen ge ett ljus som är flimmerfritt eller har en flimmerfrekvens på minst 120 Hz.

1 kap. 26 § första stycket avseende ljus i fjäderfästallar träder i kraft den 1 jan 2016

28 § Vid förprövningspliktig ny-, till- eller ombyggnad av ett stall med gödseldrainerande golv ska stallet ha mekaniskt utgödslingssystem som medger att regelbunden utgödsling kan ske under det gödseldrainerande golvet.

Första stycket gäller inte för envåningssystem för föräldradjur i slaktkycklingproduktionen där det gödseldrainerande golvet motsvarar högst 1/3 av hönsens tillgängliga area.

6 kap

3 § Belysning i stallar med plats för mer än 350 djur ska tändas och släckas med automatisk, tidsstyrd dimfunktion eller motsvarande.

7 § Mekaniskt ventilerade stallavdelningar med fler än 2 000 djur ska vara utrustade med larmanordning som varnar för:

1. övertemperaturer,
2. strömavbrott, samt
3. fel på larmanordningen.

Larmanordningen ska vara utformad så att larmet uppmärksammas på ett betryggande sätt.

Utrustningen ska kontrolleras regelbundet och före varje insättning av en ny omgång djur.

10 § I system för frigående värphöns med plats för mer än 350 djur får sittpinnar inte vara placerade över ströbädden.

I flervåningssystem för frigående unghöns eller värphöns ska våningsplanen utföras så att spillning inte kan falla ner på lägre våningsplan. Även i övrigt ska inredning i stallar vara utformad så att djuren inte blir nedsmutsade av foder-, vatten- eller gödselspill.

Värphöns bör ha en sammanhängande mörkerperiod på minst åtta timmar per dygn. Belysning med plats för fler än 350 djur ska tändas och släckas med automatisk, tidsstyrd dimfunktion eller motsvarande. I stallar med plats för mer än 350 fjäderfä ska ljusinsläpp för dagsljus vara placerade på ett sådant sätt att de ger en jämn fördelning av ljuset i djurutrymmet. I fjäderfästallar där användningen av dagsljus orsakar djurskydds- eller djurhälsoproblem, får dagljusliknande artificiellt ljus användas i stället för ljusinsläpp för dagsljus. Ljuskällan ska i så fall kunna styras och ha en spektralprofil i våglängdsområdet 315 -700 nm inkluderande ultraviolett ljus (UVA).

Övriga lagkrav för luftkvaliteter för både fjäderfän och arbetare finns i tabell 4.

Tabell 4. Hygieniska gränsvärden för skötare och djur i fjäderfäbyggnader med frigående värphöns (Arbetsmiljöverket, 2011; Jordbruksverket, 2010).

Luftförorening	Nivågränsvärde	Takgränsvärde	Korttidsvärde
Organiskt damm (mg/m ³)	5 ^a 10 ^c		
Respirabelt damm (mg/m ³)	5 ^a		
Ammoniak NH ₃ , ppm	25 ^{a,d}	50 ^b	
Koldioxid, CO ₂ , ppm	5 000 ^a 3 000 ^c		10 000 ^e

a = Yrkeshygieniskt gränsvärde under en åttatimmars arbetsdag (AFS 2011:18)

b = Yrkeshygieniskt gränsvärde vid exponering upp till max 5 minuter (AFS 2011:18)

c = Hygieniskt gränsvärde för djurskydd (SJVFS 2010:15)

d = Hygieniskt gränsvärde för djurskydd vid inhysning av fjäderfä på ströbädd (SJVFS 2010:15)

e = Tidsvägt medelvärde under 15 minuter

5.2.2 Europeiska lagkrav och rekommendationer för fjäderfä

I Council Directive 2007/43/EC Annex 1 (Anonym, 2007) står att alla byggnader för fjäderfä som hålls för köttproduktion ska ha ljusintensitet som motsvarar minst 20 lx under dagtid på minst 80 % av den användbara arean, uppmätt vid hönsens ögonhöjd. Om det av veterinära skäl krävs en lägre nivå får den dock sänkas. Enligt EU-direktivet CEU 1999 (Anonym, 1999), kräver man att värphöns ska ha en skymningstid som har tillfredsställande tidsrymd när ljuset dimmas för att hönsen ska kunna uppsöka nattläger utan oro och risk för skador.

I Council of Europe's (Anonym, 1995) rekommendationer för både äggläggande och växande fjäderfän sägs att dessa ska ha byggnader med tillräckligt hög ljusintensitet så att de kan se varandra och kunna se tydligt på ett sådant sätt att de kan undersöka sin omgivning visuellt och visa normal nivå av

aktivitet. Därför är det en rekommendation att miniminivån uppgår till 20 lx i fåglarnas ögonhöjd, uppmätt i tre plan med räta vinklar mot varandra. I möjligaste mån ska ljuset vara naturligt. Ljusarmaturerna ska arrangeras på så sätt att ljuset fördelas jämnt i inhysningssystemet. Ljuset ska dimmas så länge att djuren hinner ta sig upp på sittpinnarna utan oro eller skaderisker. (Anonym, 1995).

5.3 Värphönans ursprung

Den tamhöna (*Gallus domesticus*) som finns i de svenska stallarna har sitt ursprung från djungelhönan, som troligtvis kläcktes fram för över 8 000 år sedan från vilda fåglar. Idag finns det uppskattningsvis 400 olika hönsraser, samt korsningar (hybrider) mellan dessa. Hybridavelns höns har sitt ursprung i den vita Leghornrasen eller den röda Rhode Island Red-hönan och man började avla fram dessa hybrider i början av 1900-talet. Leghornhönan är känd för sin goda äggläggningsförmåga och Rhode Islandhönan för sin tröga ruvningsinstinkt. (Neuschütz, Odén & Hagman, 2005). Hönsen kom till Sverige för ca 2 000 år sedan (Jönsson, 1977) och det fanns 2014 knappt 6,5 miljoner värphöns i landet (Jordbruksverket, 2014), vilket är en minskning från toppåren 1950-1960 då det fanns närmare 10 miljoner höns i landet (Jönsson, 1977). Totala antalet höns i världen uppgår till ca 4,93 miljarder, varav de flesta finns i Kina (ca 800- 1 000 miljoner) och ungefär 290 miljoner inom EU (International Egg Commission, 2015).

5.4 Avelsurval och avelskriterier

De höns som säljs till svenska hönsbesättningar kommer från utländska moderlinjer. Med jämna mellanrum inkommer dagsgamla far- och morföräldradjur till Sverige från framför allt Kanada, Västtyskland och Holland. Efter karantän flyttas djuren till avelshus där fyra olika importerade linjer korsas två och två till höns- respektive tupplinjer. I nästa generation korsas dessa till brukshöns (Jönsson, 1977). Allt eftersom fler länder får liknande lagstiftning om frigående höns som Sverige, blir behovet av djur som klarar dessa förhållanden allt större. I dag marknadsförs lugna höns med starkt skelett och hög redesbenägenhet, kriterier som tidigare med burhöns inte var lika intressanta. Därför ändras aveln allt eftersom kraven på hönsen förändras.

För att kunna hålla värphönsen frigående i andra länder i Europa näbbtrimmar man hönsen för att minska fjäderplockning och kannibalism (Roodbont Publisher B.V., 2013). I Sverige är det inte tillåtet med näbbtrimning och det är extra viktigt att avelsmaterialet baseras på frigående höns som trivs med att omges av många individer på ganska små ytor. I Sverige måste hönsen hållas frigående eller i inredda burar där det finns tillgång till sandbad och sittpinne. De andra EU-länderna närmar sig alltmer den svenska lagstiftningen. 2012 förbjöds hönshållning i oinredda burar inom EU, vilket innebär att andelen höns i bur drastiskt kommer att minska inom de närmaste åren i Europa.

5.5 Från kyckling till värphöna

När värphönskycklingarna kläckts på ett kläckeri, könssorteras de inom ca ett dygn. Hönskycklingarna transporteras vidare till en uppfödare som tar in de dagsgamla kycklingarna i sitt rengjorda och desinficerade stall. Temperaturen i stallet är ca 33-36 ° C de första dagarna för att sedan sjunka allt eftersom kycklingen blir allt äldre (Roodbont Publisher B.V., 2013). För den vuxna hönan är en temperatur mellan 18 och 24 ° C bäst (Bell & Weaver, 2002). Enligt Roodbont Publisher B.V. (2013) är den ideala temperaturen 25 ° C och den bör inte gå under 20 ° C.

Kroppstemperaturen för en nykläckt kyckling är ca 39,7° C och ökar dagligen de första tre veckorna till ca 40,6-41,7° C. (Bell, 2002; Swenson & Reese, 1993). Den första veckan behöver belysningen vara tänd hela dygnet för att underlätta för kycklingarna att hitta fodret eftersom de behöver äta ofta och lära sig var fodret finns. I naturlig miljö lärs kycklingarna upp av sin moder som visar var och vad de ska äta. I naturen kläcks de flesta fåglar på våren då dagslängden ökar och fodertillgången ökar. Rekommendationen från fågeldistributören Lohmann är att efter första veckan med mycket ljus sänka antalet ljusstimmar och intensitet till en låg nivå under de två följande veckorna och att senare öka antalet ljusstimmar igen så att fåglarna blir könsmogna vid ca 20 veckors ålder, se tabell 5 (Lohmann, 2015).

Fodret behöver innehålla minst 22 % protein de första tre-fyra veckorna och ges i fri tillgång, liksom vatten. Därefter sjunker behovet av protein till ca 17-19 % under äggläggningens topp. Under hönans sista produktionscykel sjunker behovet ytterligare till så lågt som 14 %. Variationerna under olika cykler beror på hönsras. (Roodbont Publisher B.V., 2013). Eftersom fåglar saknar svettkörtlar regleras kroppstemperaturen ner med hjälp av ökad andning då hönsen är för varma (Swenson & Reese, 1993). Värmeavgivningen ökar också då hönsen ätit. Temperaturen är högst dagtid för att sjunka under natten (Roodbont Publisher B.V., 2013). Hormonet melatonin (ofta kallat sömnhormon) frigörs från epifysen och styr bland annat hönans kroppstemperatur. Ju högre melatoninkoncentration desto lägre temperatur (Izzeldin & Kassim, 2000).

5.6 Hönans normala dagliga aktiviteter

En hönas dag börjar då gryningen kommer. Då börjar hon att röra sig och söka efter föda. I samband med att hönan börjar bli aktiv ökar hennes temperatur och andning. Temperaturen höjs lite extra strax före äggläggningen för att sedan sjunka något när ägget är lagt (Kadano, Besch & Usami, 1981). Koldioxidproduktionen höjs med ökad aktivitet (Kangro, 1993; von Wachenfelt, Pedersen & Gustafsson, 2001). Värpningen är intensivast under morgonen och förmiddagen. Under resten av dagen varvar hönan fodersökning med sol- och sandbad samt tillhörande putsning av fjäderdräkten. (Roodbont Publisher B.V., 2013). Putsningen av fjäderdräkten sker både för att tillrättalägga fjädrarna och för att fördela gumpfettet över kroppen. Gumpfettet innehåller ett ämne som omvandlas till vitamin D vid bestrålning av UVA-ljus. När hönan putsar fjädrarna förs vitaminerna in i munnen och sväljs.

En frigaende hönas dag startar med att hon äter och inspekterar redet. Därefter lägger hon sitt ägg. Mitt på dagen sprätter och värper hönan som mest. Fjäderplockning sker oftast under eftermiddagen. På kvällen när skymningen närmar sig tar hon sig upp på en högt belägen sovplats och helst på en sittpinne. (Roodbont Publisher B.V., 2013). Enligt Fölsch *m. fl.* (u.å.) använder en höna 35-50% av dagen till att aktivt söka föda med näbb och klor. Om ingen föda erbjuds kan en del av hönans energi övergå till att hacka på en höna i närheten i stället.

Starten för produktion av nästa ägg sker när ljuset försvinner och hönan får mörkt. Då frisätts melatonin. Melatoninet påverkar äggstocken att avlossa en äggula. Äggulan vandrar genom äggledaren där den förses med äggvita och hamnat efter några timmar i skalkörteln. I skalkörteln förses gulan och vitan med ett kalciumskal, vilket tar ca ett dygn. När ägget är skalförsett värps det ut genom kloaken (Jönsson, 1977; Nøddegaard, 1998).

5.7 Hönsens ljusuppfattning

Hönsens ögon är stora i förhållande till hjärnan och huvudets storlek och ögonen är placerade på vardera sidan om huvudet. Detta gör att hönsens vidvinkelseende är mycket bra, men att de har svårare att

bedöma avstånd eftersom de endast har ett mycket smalt område framför näbben där de kan se djup. I ögat finns tappar och stavar. Stavarna är ljuskänsliga och reagerar redan vid låga ljusintensiteter, men kan inte urskilja färger. Tapparna ger högre synskärpa under goda ljusförhållanden. En hög koncentration av tappar bidrar till en bättre synskärpa och hos fjäderfå finns det ett par områden i ögat som har tätare mellan tapparna för att få förbättrad synskärpa. Det finns olika sorters tappar som reagerar på olika våglängder och dessa styr färgseendet. Hos fjäderfå finns det förutom de tre sorters tappar i ögonen som människor har, även en fjärde sorts tapp som reagerar på UV-ljus (Swenson & Reese, 1993). Hönsen har också färgade oljedroppar i sina tappar som bidrar till att filtrerar det inkommande ljusets våglängder (Rintamäki *m.fl.*, 2002). Höns kan därför se ljus från ultraviolett ljus till infrarött ljus (320-700 nm) (Swenson & Reese, 1993; Rintamäki *m.fl.*, 2002; Lewis & Morris, 2000), med maximal uppfattning i det röda området kring 600 nm (Baev & Shantsin, 2004). Deras ljusuppfattning ligger därmed en bit utanför det humana ljusseendet som startar först kring 400 nm men sedan uppfattas till samma övre gräns som hönsens, dvs. fram till ca 700 nm (Vander, Sherman & Luciano, 1994; Sandström *m.fl.*, 2002). Detta ger en annorlunda färguppfattning på en hönas fjäderdräkt än den mänskliga urskilningen och därför har höns bland annat lättare att identifiera flockmedlemmar på utseendet, även om de har samma färg.

Nykläckta kycklingar ser mycket bra, men förmågan att fokusera minskar med åldern. Fåglar kan också fokusera med ett öga, utan påverkan på det andra. (Swenson & Reese, 1993). De kan också sova med ett öga öppet och då vila endast den ena hjärnhalvan. En stor del av hönsens hjärna har som uppgift att behandla synintryck, vilket styrker att det varit evolutionärt viktigt för dem att se bra. (Kristensen, u.å.). Förutom via ögonen påverkas även hönsen av belysning via epifysen. Denna är belägen centralt mellan hjärnhalvorna och kan uppfatta ljus från ca 0,5 – 10 lx och är känsligast för blått ljus. (Kristensen, u.å.). Höns kan känna igen varandra då de är närmare varandra än 30 cm, men kan se fiender på upp till 50 meters håll (Neuschütz, Odén & Hagman, 2005). Eftersom man vet att höns och människor upplever ljus på olika sätt är det inte intressant att enbart fastställa vilken ljusintensitet som är den optimala för höns. Det kan vara svårt att skilja på vad som beror på den direkta påverkan av ljusintensiteten och vad som beror på våglängden i ljuskällan. De tidiga studierna av ljus gjordes för glödljus eftersom det var dominerande i hönsstallar. Armaturerna byttes senare ut mot lysrör i allt större omfattning, eftersom de har längre livslängd och förbrukar betydligt mindre energi. Därefter har det kommit även LED-ljus, med helt olika spektralfördelning. Det är därför av intresse att beakta vilken ljuskälla som använts vid de olika försöken, speciellt under de senare åren då antalet olika ljuskällor blivit betydligt fler. Ett förslag från Baev & Shantsin (2004) är att man använder en ”luxmätare” som anpassas för fjäderfå, en plm-mätare (poultrylumens). Denna kan med hjälp av grundämnet selen mäta specifika våglängder kring 600 nm. Gimranäs har en likvärdig mätare som de kallar galliluxmeter och som mäter inom de våglängder som är specifika för fjäderfån (Gimranäs, 2015).

5.8 Antalet ljustimmar och fördelningen mellan dag och natt

Ljuset styr både dygnsrytmen och årsrytmen hos fåglar. Den biologiska klockan styr både när det är dags att fortplanta sig på året och när det är dags att värpa på dygnet. Fortplantningen styrs mot den tid då antalet ljustimmar ökar, vilket brukar indikera vår. I kommersiell produktion efterliknar man detta genom att gradvis öka antalet ljustimmar under hönsens uppväxt. Från ca 10-12 timmars ljus för unghöns ökas antalet timmar successivt från ca 16 veckors ålder, dvs. i samband med att unghönan transporterats iväg till äggproducenten (Roodbont Publisher B.V., 2013). Hos äggproducenten förlängs dygnet stegvis ofta till en fast fas om 14 eller 16 timmar dag per dygn, beroende på om hönan sitter i bur eller är frigående eller hybrid, se rekommendationer i tabell 5.

De biologiska system som styr när ljusregimen ska ändras är framförallt hur mycket muskler och fett djuren lagrar innan de blir sexuellt mogna och kan starta sin äggläggning. Om den ökande dagslängden görs med små dagliga förlängningar både morgon och kväll, desto bättre tillväxt på äggstockar och efterföljande äggproduktion uppnås (Newcombe, 2000; Charles & Walker, 2002; Bell & Weaver, 2002; Melnychuk *m.fl.*, 1999; Joseph *m. fl.*, 2002a). Äggproduktionen för de flesta hönor startar vid en ålder av ca 20 veckor, men sker något senare för höns kläckta på våren (Roodbont Publisher B.V., 2013). De första äggen är mindre till storleken och kallas för primörägg och äggstorleken ökar med åldern. När hönan producerat ca 300 ägg, oftast ett om dagen, tar hon en vilopaus genom att producera mindre mängd hormoner som håller äggproduktionen igång. Kammen mister sin röda färg och hon tappar fjäder samt slutar värpa. Fenomenet kallas för ruggning. I äggproduktionen slaktas hönorna normalt då det blir dags för ruggning, vilket ofta inträffar vid ca 80 veckors ålder (Roodbont Publisher B.V., 2013).

När dagsljusinsläpp finns på byggnaden behövs någon form av stängningsanordning för ljusinsläppen som följer ljusprogrammet. Dessutom behöver ljusinsläppen vara avskärmade så att inte ljuset kan komma in alltför fokuserat (Gustafsson *m. fl.*, 2005). Det finns flertalet varianter på hur ljusinsläpp kan konstrueras och med en förändring i den svenska lagtexten från november 2014 (Jordbruksverket, 2014) kommer det att introduceras ännu fler varianter. I förändringen står att alla stallar som byggs för fjäderfå ska förses med dagsljusinsläpp som är jämnt. I de ekologiska besättningarna med krav på att hönsen kan gå ut ur stallet är det extra naturligt att det finns dagsljusinsläpp i stallet för att minimera skillnaderna mellan ljuset inne i byggnaden och utanför. En del dagsljuslösningar kan studeras på ljus- och ventilationsförsäljaren Tulderhofs webbsajt (Tulderhof, 2015). Det finns möjlighet att släppa in dagsljus genom både tak och väggar.

Tabell 5. *Ljusrekommendationer för frigående höns av värphönshybriden LSL (Lohmann Selected Leghorn) (Tierzucht, 2015).*

Ålder (veckor)	Ljus i timmar per dygn	Ljusintensitet (lx)
Dag 1-2	24	20-40
Dag 3-6	Sänkning till 16	20-30
2	14	10-20
3	13	10-20
4	12	4-6
5	11	4-6
6	10	4-6
7	9	4-6
8-16	8	4-6
17	8	4-6
18	8	10-15
19	9	10-15
20	10	10-15
21	11	10-15
22	12	10-15
23	13	10-15
24*	14	10-15

*Till produktionens slut

5.9 Spektralfördelningens påverkan på höns, slaktkycklingar och kalkoner

Rött ljus påskyndar djurens sexuella aktivitet och gör dem mer aktiva jämfört med vitt ljus. Studier har också påvisat att de också varit något mindre aggressiva i det röda ljuset (Bowlby, 1957; Huber-Eicher, Suter & Spring-Stähli, 2013). Parningsvilligheten och aktiviteten för broilertuppar ökade i en studie när tupparna hade tillgång till UVA-ljus (Jones *m. fl.*, 2001). Även Wathes & Prescott (2000) rekommenderar UVA-ljus till äggläggande broilerföräldrar.

Våglängder med 880 nm visade sig i en studie ge lägre äggproduktion än våglängder på 560 och 660 nm (Kristensen, u.å.). Man såg att ultraviolett och blått ljus (mindre än 570 nm) gav högre tillväxt och bättre foderutnyttjande. Detta kan bero på att hönsens aktivitet minskar vid dessa våglängder (Wathes & Prescott, 2000). Vid val av spektralfördelning för slaktkycklingar har dessa valt blått eller grönt framför rött och vitt ljus (Kristensen, u.å.). Mendes *m. fl.* (2013) noterade att slaktkycklingar som föddes upp med LED-ljus som var vitt och gult, producerade bättre än de som föddes upp med glödljus. Prescott & Wathes (1999) undersökte reflektansen under UVA-ljus i fjäderdräkten på både slaktkycklingar och värphöns och fann att det var olikheter mellan individer. Dess olikheter gör att fåglarna kan se skillnader på varandra i UVA-ljus, något man är tveksam över om fåglar i stallar utan dagsljus och med låg intensitet kan göra.

D'eath & Stone (1999) noterade att särskiljningen av bekanta och obekanta höns i form av ätbeteende och aggressivitet ökade i vitt ljus vid 77 lux jämfört med då det var rött eller blått med samma intensitet. Man såg i samma studie att höns reagerar något mer på okända höns i sin omgivning än om ljuset är rött eller blått i samma intensitet.

En rekommendation som getts är att använda ett ljus med så brett spektra som möjligt till andra fjäderfä än slaktkycklingar (Dybdahl, 2002). Vid jämförelser mellan glödljus och lysrör för värphöns fann Ahmad *m.fl.* (2010) att foderomvandlingen var något högre med glödljus än med lysrör, men att detta inte påverkade dödlighet, värphönsens vikt eller foderkonsumtion. Bouschouwers & Nicaise (1993) gjorde erfarenheterna att hönsen var mer fysiskt aktiva med glödljus än lysrör då det var samma intensitet och att aktiviteten ökade med ökad ljusintensitet. Studier som gjorts av slaktkycklingar för jämförelse mellan de energisnålare lysrören och de något mer energiförbrukande glödljusen visade på att djurvälståndet inte påverkades negativt med lysrör (Byuse *m. fl.*, 1996). Hos kalkoner har man noterat att tillgång till UVA-ljus bidragit till en lägre grad av fjäderplockning jämfört med frånvaro av dessa våglängder (Wathes & Prescott, 2000).

5.10 Ljusintensitetens påverkan

Behovet av ljus för att hönsen ska kunna producera ”normal mängd ägg” har i flera studier fastställts till att vara ca 5 lx. Då har man dessutom låg grad av fjäderplockning, men det är svårt att kontrollera om fåglarna är sjuka eller skadade eftersom skötaren behöver högre intensitet för att klara av detta arbete (Morris, 1994; Tucker & Charles, 1993; Kristensen, u.å.).

Nivån på ljus i kontorsbyggnader är ca 500 lx medan ljusintensiteten utomhus uppgår till ca 50 000 lx (Sandström *m. fl.*, 2002). För att uppnå maximal djurvälstånd, låg sjukdomsfrekvens, bra produktion, god skötsel, tillfredsställande av preferenser som är motiverade (exempelvis sandbadning) och ett bra inomhusklimat rekommenderar flera forskare att man har lägre ljusintensitet i redena, högre vid vatten och foder samt högre intensitet för att kunna sköta om hönsen och se skador (Wathes & Prescott, 2000; Tucker & Charles, 1993). Zupan, Kruschwitz & Huber-Eicher (2005) noterade dock att viljan att ha mörkt i redena mera berodde på vilken hönsras man gjorde försöken på. De menade att det var större intresse för mörka reden för White Leghorns-hybrider än för Rhode Islands Red-hybrider.

Hönsen dras mot starkt ljus och de trivs med att sola sig (Prescott & Wathes, 2002; Davis *m. fl.*, 1999). Starkt upplysta platser drar till sig höns i stor omfattning och det kan t.o.m. hända att så många höns tränger ihop sig på den upplysta platsen att de undre dör av kvävning. De kommer efter en liten stund in i ett transliknande tillstånd som gör att de inte kämpar sig upp om de blir nedtrampade. Ju mindre solintensitet hönsen haft tidigare desto större är intresset för att flocka sig i ljuset (Manser, 1996). von Wachenfelt, Pedersen & Gustafsson (2001) noterade i en studie hos hönsfarmer att det fanns behov av solskydd när dagsljusinsläppen utgjordes av klara fönsterglas på de flesta byggnaderna.

Under 15 lx har man noterat minskat foderintag hos honkycklingar, att det är svårt att se vad djuren gör under 35 lx och att hönsen är rädda för sina skötare då ljuset är 17-22 lx, men inte då det överstiger 55 lx. (Manser, 1996). Vid möjlighet att välja ljusintensitet där de äter valde höns att kämpa för att få ljus vid foderplatsen (Prescott & Wathes, 2002).

I sin sammanfattning över forskning om ljusintensitetens påverkan på värphöns noterar Kristensen (u.å.) att höns vid 5 lx fortfarande kan förflytta sig obehindrat mellan sittpinnar och att de är mindre rädda för sin omgivning. Tyvärr ökar också risken för att hönsen utvecklar ögonanomalier vid så lågt ljus som under 6 lx (försök gjorda med blått ljus), liksom vid konstant ljus utan mörker. I samma skrift noterar författaren att det inte är ljusintensiteten som leder till aggressivitet, utan att det är beroende på många andra faktorer såsom exempelvis genetik, sysselsättning, vanor, ljusets spektralfördelning och fodersammansättning.

Davis *m. fl.* (1999) noterade att kycklingar ökade sin aktivitet med ökad ljusstyrka från 6 lx till 200 lx från ca 20 minuter per dag till det fyrdubbla vid 2 veckors ålder. Skillnaden sjönk sedan ner till ca 40 minuter per dag när kycklingarna uppnått 6 veckors ålder. I denna studie var tiden att äta, dricka och sandbada inte med i aktivitetstiden. Vilda fåglar går till nattvila redan ca 30-60 minuter innan skymningen kommer och de byter sittplatser med varandra under denna tid. Redan vid ca 15 lx börjar hönsen leta nattläger under naturliga förhållanden. De kan dock fortfarande söka nattläger fram till ca 2 lx (Kristensen, u.å.). Yngre djur, speciellt 2-6 veckor gamla kycklingar väljer gärna att vistas i upp till ca 200 lx. När de blir äldre föredrar de en lägre intensitet (Davis *m. fl.*, 1999).

Vid försök där hönsen själva kan picka på en strömbrytare för att tända eller släcka ljuset, visade det sig att de hellre valde att tända ljuset (20 %) när det var mörkt än att släcka det när det var ljust (1 %) (Kristensen, u.å.).

I en studie som Hartini *m. fl.* (2002) gjorde påvisade de att man kunde se ett samband mellan ljusintensitet över 60 lx och ökad kannibalism redan bland unga kycklingar. I ett försök med både olika fodersorter, näbbtrimning och två olika ljusintensiteter fann man att det var stor skillnad mellan kannibalism och aggressivitet i två olika ljus-grupper. I studien hade man fyra grupper av unga kycklingar. Två grupper (L) hade ca 5 lx och de andra två (H) ca 60-80 lx. Det fanns en grupp med näbbtrimmade och en som inte var näbbtrimmad i vardera ljusstrategin. Under första delen av fasen var L-gruppen helt utan aggressioner, men detta ökade vid äggläggningen. Dock var aggressiviteten i L-gruppen lägre än i H-gruppen och allra högst var den i H-gruppen som inte var näbbtrimmad. Av de icke näbbtrimmade kycklingarna var aggressiviteten så pass hög i H-gruppen att de i slutet av studien hade nästan 40 % döda djur. Det intressanta var att han inte minimerade kannibalismen genom att sänka ljusintensiteten utan genom att ändra foderstaten. Då reducerades dödligheten i gruppen till mindre än 1 %.

5.11 Åtgärder som inte är ljusrelaterade för att minimera oönskat beteende

Små vänskapligt sinnade pickningar på andras fjäderdräkt är normalt och ingår i de dagliga rutinerna. Rangordningen upprätthålls med hjälp av anfall med näbben på den ranglåga. Hon kan då välja att anfälla tillbaka för att hävda sin status som högre, eller falla undan och söka skydd undan den anfällande, vilket ger henne en lägre rang. Närvaron av tuppar ger hönsen en känsla av säkerhet då de ansvarar för att hålla flocken uppmärksam på närvaron av rovdjur, samt håller hönsen lugnare i sina kontakter med varandra (Odén, 1999). Avarten av pickning är när hönorna plockar bort fjädrarna för varandra, eller pickar mot kloaken. Dessa beteenden är aggressiva beteenden som har flera olika orsaker och som det ofta är svårt att hitta den direkta orsaken till. Teorier om att det inte bara beror på ljuset utan även fiberhalten i fodret, aveln eller sysselsättning, tidig tillgång till sittpinnar för de unga kycklingarna, våglängden på ljuset och tillräckligt stora utrymmen är vanliga och flera studier stöder samtliga dessa (Huber – Eicher, Suter & Spring-Stähli, 2013; Pötzsch *m. fl.*, 2001; Sørensen *m. fl.*, 2001; Kjaer & Vestergaard, 1999; Kjaer & Sørensen, 2002; Huber & Audrige, 1999).

I en studie gjord av (Huber-Eicher & Wechsler, 1997) noterades att hos de kycklingar som fick tillgång till både grovfoder och sand minskade fjäderplockningen jämfört med hos gruppen som bara hade det ena eller det andra. I en schweizisk undersökning fann man inga bevis för att ljusintensitet hade med fjäderplockning att göra alls, utan att det var andra faktorer som bidrog till att skapa dessa problem (Kristensen, u.å.).

Foder med högre proteinhalt i kan också orsaka oro i hönsflocken då djuren äter sin fodergiva för snabbt och sedan inte har anledning att fodersöka. Detta kan ge upphov till fjäderplockning i avsikt att finna sysselsättning (Fölsch *m.fl.*, u. å.). Även färgavvikelser i fjäderdräkten kan utlösa både fjäderplockning och hackning.

Då hönsen har ett starkt behov av sysselsättning är det önskvärt med ytor som de kan sprätta med benen på och picka med näbben på. Lite halm med några sädeskorn kan sysselsätta hönsen lång tid och minska frustrationer som leder till fjäderplockning. I studier på broilerunghöns som får restriktiv fodergiva, noterade Hocking *m. fl.* (2004) att tillgång till sockerbetsfiber och havreskal minskade hackningarna.

Jones och Carmichael (1998) föreslår efter en studie att hönsen får tillgång till vita eller gula snören att picka på för att undvika skador på andra individer. I studien noterades att hönsen som satt i burar gärna pickade på snörena och att de föredrog samma färg i stort sett hela tiden.

Har fjäderplockning väl startat kan man dock ofta bryta av den genom att sänka ljusintensiteten ett tag.

6 MATERIAL OCH METODER

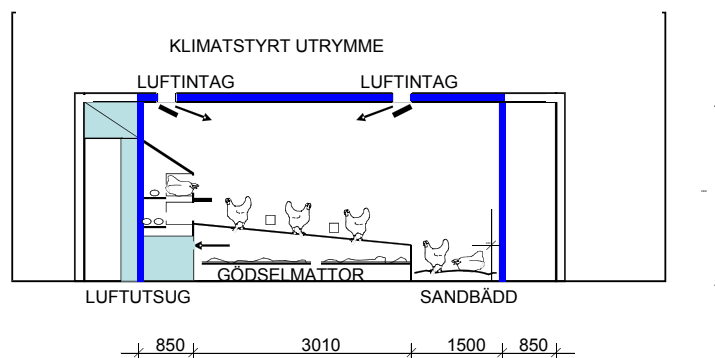
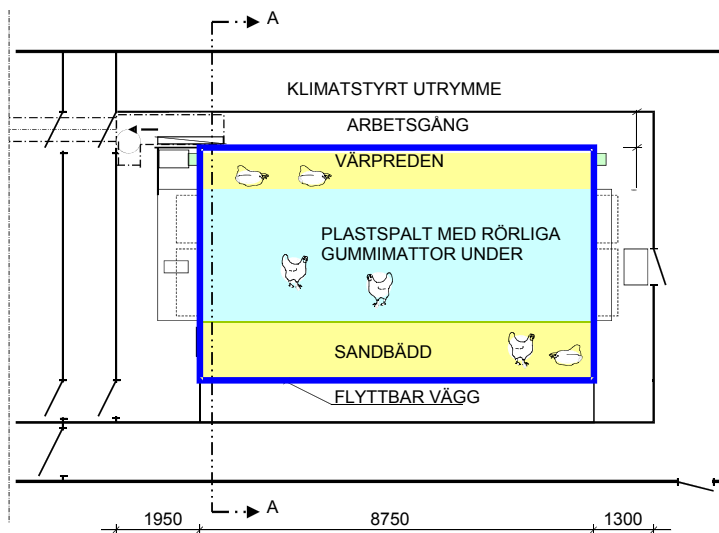
Studierna av olika ljuskällor och olika ljusintensitet för belysning till värphöns utfördes i klimatstallet vid SLUs försöksgård Alnarps Södergård.

6.1 Stallet och djuren

Klimatstallet vid Alnarps Södergård består av en stalldel med isolerade väggar uppbyggt inuti en byggnad och i utrymmet runt stalldelen finns möjlighet att röra sig runt om utrymmet där djuren vistas (figur 3). I övrigt finns utrymmen för foder- och ägghantering utanför detta rum. I klimatstallet kan klimatet hållas relativt opåverkat av omgivande temperatur och inget dagsljus kan komma in till djuren. Klimatstallet var då studierna gjordes inrett med ett system för frigående värphöns (figur 3). Inne i stallet fanns en 1,5 m bred ströbäddsyta längs söderväggen med dörrar på båda kortsidorna (till både väst och öst). Intill ströbäddsytan fanns en ca 60 cm upphöjd plastspaltförsedd gödselbinge. Under gödselbingen fanns två parallella gödselmattor. Över gödselbingen fanns en enkel rad med vattennipp-lar (Högberga AB) försedda med droppkoppar för att minimera vattenläckage. Golvarean (vistelse-arean) uppgick till 39,5 m² varav ströarean uppgick till 13 m². Det fanns två rader med rundade sitt-pinnar av trä i utrymmet över gödselbingen och en rundgående kedjedriven slinga med foder. Foders-lingan kördes 6 gånger per dygn under knappt en minut åt gången och det fanns alltid foder i slingan. Fodret som användes var först Svenska Lantmännens ”Fenix, hel vegetabilisk pellets-kross” från star-ten med övergång i januari till Svenska Lantmännens ”Fenix värp vegetabilisk brun pellets-kross”. Åtgången av foder var ca 100 g per höna och dag. Fodrets energiinnehåll var ca 11,2 - 11,3 MJ/kg foder. Proteinhalten var ca 155-165 mg/kg foder.

Intill gödselbingen längs stallets norrvägg fanns två upphöjda kollektiv-värpreden av fabrikat Jan-sen försedda med eftergivliga orange plastskydd framför ingångarna. Dessa erbjöd avskildhet för hön-sen i redena då hönsen passerar skyddet och kan lägga sig i redet utan att ses utifrån. I redena fanns också en utfösare som föste ut hönsen innan ljuset släcktes på kvällen och som sedan öppnades i sam-band med att ljuset tändes på morgonen. Under försöken delades djurutrymmet i två lika stora delar, benämnda Väst och Öst, av ett ljustätt fibervävsdraperi som monterades mitt i stallet från norrväggen med värpreden till söderväggen med ströbädd. Draperiet sattes fast längst upp vid taket och slutade ca 20 cm ovanför golvytan. Ändamålet med draperiet var att i vissa försöksled med olika belysning i stallets båda delar kunna studera hönsens preferens för en viss belysning. Öppningen gjorde att djuren kunde förflytta sig mellan de olika stalldelarna. Temperaturen hölls så nära 20°C som möjligt (medel-värde: 21,3°C, standardavvikelse: 1,95) och vintertid (under tiden 7 oktober till den 16 mars) tillfördes värme.

På ströbäddsytan tillfördes grus och sand regelbundet. Gödselbanden och äggbanden kördes en gång dagligen.



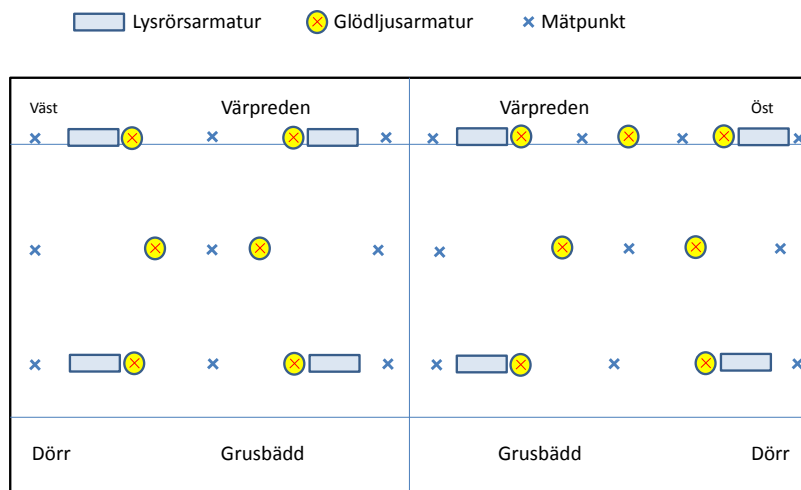
Sektion A - A

Skiss: Sven Nimmermark

Figur 3. Skiss över klimatstallet på Alnarp Södergård

6.2 Ljuskällor och belysning

Tre olika ljuskällor användes i försöken: 1) glödljuslampor (GL), 2) lysrör med varmvitt ljus (VV) och 3) lysrör med dagsljusspektrum (DL). De första månaderna (november-januari) användes glödljusarmaturerna som redan fanns i stallet och glödljuslampor (GL). Inför andra delen av försöken ersattes de 13 glödlamporna av 8 lysrörsarmaturer (Thorn PMII AKR 218W) för VV (lysrör med varmvitt ljus) och Osram L 18W/950, LUMILUX deLuxe för DL (lysrör med dagsljus). I varje lysrörsarmatur satt två 18 W lysrör. Lysrörsarmaturerna var HF-don (flimmerfria lysrörsarmaturer). Ljusintensiteten kunde varieras på den östra respektive västra sidan oberoende av varandra med hjälp av dimrar till vardera avdelningen. Placeringen av de olika ljuskällorna framgår av figur 4.



Figur 4. Översikt över ljuskällorna samt mätpunkternas placeringar i de båda stallhalvorna

Ljusintensiteten ändrades veckovis under tisdagar. Ljusintensiteten ändrades mellan Öst och Väst enligt schema i tabell 6 och likaså ändrades ljuskällorna från GL till VV för att avlösas av liknande ljusintensiteter med DL. Försöken avslutades den 21 juni.

Tabell 6. Schema över ljusinställningarna. H = Hög ljusintensitet, L= Låg ljusintensitet GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

Försöksnummer	Startdatum	Typ av ljuskälla	Ljusfördelning öst/väst	Planerad ljusstyrka (Lux)	Uppmätt ljusstyrka öst/väst (Lux)
1	Före 6/11	GL	Lika i hela	Låg	3
2	6/11	„	Lika i hela	Låg	8
3	20/11	„	Lika i hela	Medel	17
4	26/11	„	Lika i hela	Medel	22
5	2/12	„	Lika i hela	Medel	25
6	5/12	„	Lika i hela	Max	50
7	8/12	„	H/L	Låg/Max	42/7
8	19/12	„	Lika i hela	Låg	9
9	2/1	„	Lika i hela	Max	39
10	9/1	„	H/L	Max/Låg	40/5
11	16/1	„	L/H	Låg/Max	5/38
12	23/1	VV	Lika i hela	Låg	5
13	30/1	„	Lika i hela	Max	41
14	6/2	„	H/L	Max/Låg	38/5
15	24/2	„	L/H	Låg/Max	5/40
16	5/3	„	L/H	Låg/Max	6/56
17	16/3	„	Lika i hela	Max	63

Tabell 6 Fortsättning

Försöksnummer	Startdatum	Typ av ljuskälla	Ljusfördelning öst/väst	Planerad ljusstyrka (Lux)	Uppmätt ljusstyrka öst/väst (Lux)
18	23/3	„	H/L	Max	64/6
19	30/3	„	Lika i hela	Medel	25
20	6/4	„	Lika i hela	Låg	6
21	16/4	DL	Lika i hela	Låg	4
22	23/4	„	Lika i hela	Max	67
23	30/4	„	H/L	Max/Låg	64/5
24	11/5	„	L/H	Låg/Max	8/70
25	18/5	„	L/H	Låg/Max	8/97
26	25/5	„	Lika i hela	Max	91
27	1/6	„	H/L	Max/Låg	79/9
28	8/6	„	Lika i hela	Medel	20
29	15/6	„	Lika i hela	Låg	4

6.3 Allmänt om studien och försöksplan

Före försökets genomförande genomgicks den litteratur som var relevant för att undersöka vad tidigare studier fastställt för behov och krav för värphöns. I tillägg till detta söktes och erhöles tillstånd från den etiska nämnden i Malmö för djurförsök innan försöken startade.

396 st 16 veckor gamla vita LSL-unghöns (Lohmann Selected Leghorn) levererades från unghönsuppfödaren Gimranäs AB till Alnarp Södergårds klimatkammare den 7 oktober. Ljuset ökades och minskades med hjälp av glödljusarmaturer morgnar och kvällar för att efterlikna gryning och skymning i ca en minut. Antalet ljustimmar ändrades enligt tabell 7. Första veckan i november reglerades ljusstyrkan ner till ca 5 lx i hela hönsstallet. Därefter startade försöken med glödljus enligt tabell 5. När försöken avslutades i juni fanns det 367 hönor (93 % av de insatta hönsen) kvar i stallet. En del av hönsen flyttades till annat stall då de av olika orsaker inte kunde vara kvar i försöket.

Tabell 7. Ändringsdatum och antalet ljustimmar i försöksstallet

Datum	Antal timmar
7 okt	9
10 okt	9,5
20 okt	10
4 nov	10,75
11 nov	11,5
25 nov	12,5
1 dec	13
16 dec	13,5

6.4 Äggproduktion

Äggen räknades för vardera sidan och den sammanlagda vikten för dem registrerades dagligen.

6.5 Aktivitetsgivare

I hela byggnaden fanns fyra aktivitetsgivare, en i varje hörn av hönsens vistelseyta. Givarna var av en typ som utvecklats vid Forskningscenter Bygholm, Danmark (Pedersen & Pedersen, 1995). Dessa kalibrerades till avläsningsbara nivåer. Under försökets gång visade det sig att tre av givarna efterhand slutat fungera och data från dessa har sorterats bort, vilket begränsade möjligheten att jämföra aktivitetsnivåerna i de olika indelningarna (Väst och Öst) vid olika ljusintensiteter i dessa. Den givare som fungerade under hela försöket var placerad i sydöstra hörnet.

6.6 Koldioxidmätningar

Koldioxidmätningarna gjordes i utsugningsluften från djurutrymmet med en gasanalysator av märket Rieken Keiki (RI-221, Riken Keiki Co) och data registrerades var tionde minut dygnet runt med hjälp av en dator i utrymmet intill klimatkammaren och lagrades på en floppydisk. Analysatorn kalibrerades regelbundet varje månad med koldioxidgas av känd koncentration.

6.7 Ventilationsflöde

Luftflödet ut ur byggnaden mättes med hjälp av varmtrådsanemometer (Alnor, GGA - 65P) i fem punkter i frånluftstrummans luftkanal. Kalibreringar av flödet gjordes regelbundet varje månad.

6.8 Temperaturmätningar

Temperaturer registrerades i stallet, i frånluften och i tilluften med hjälp av termoelement. Data registrerades var tionde minut på datorn i rummet intill.

6.9 Fuktmätningar

Den relativa luftfuktigheten bestämdes med två elektroniska fuktgivare i tilluften och i frånluften (Rotronic, Hygromer – C80). Data registrerades var tionde minut på datorn i rummet intill. Givarna kalibrerades med hjälp av saltlösningar varje månad.

6.10 Ljusintensitetsmätningar

Ljusstyrkan (lx) mättes med en bärbar batteridriven luxmeter (Meterman). Mätningarna gjordes i hönsens ögonhöjd, vilket motsvarade ca 30 cm ovanför den fasta punkt djuren kunde stå på. Mätningarna gjordes mellan varje glödlampa och under denna, samt intill gångarna. Sammanlagt mättes ljuset på som mest 15 platser på västra sidan och 17 på den östra (figur 4). Vid redena innebar detta att avläsningarna skedde på högre höjd över golvet än på övriga ställen. Mätningarna skedde två gånger för varje förändring. Efter ljusförändringen mättes ljusnivån på den nya inställningen. Nästa mätning gjordes innan ljuset justerades igen veckan efter. Medelvärdet mellan dessa mätningar användes i beräkningarna för ljusintensiteten (tabell 6). De olika värdena som uppmättes sammanfogades till ett

medelvärde för ena sektionen och i de fall då det skulle vara samma ljusintensitet i stallet, lades båda ytornas medelvärden samman. När glödljusen ersatts av lysrörsarmaturer gjordes färre mätningar, men på motsvarande platser, dvs. under varje ljuskälla, mellan dem och invid gångarna, se figur 4. Inställningarna mellan Öst och Väst kunde ställas med hjälp av två separata dimrar. Elsystemet var dock underdimensionerat för ljusstyrkor över 50 lx (GL), 64 lx (VV) respektive 100 lx (DL).

6.11 Dammvägningar

Mängden sedimenterat damm per kvadratmeter och timme mättes genom att montera 5 plåtbrickor nära taket. Placeringarna av brickorna visas i figur 5. Anledningen till att plåtarna inte hängdes i hönsen höjd berodde på två saker. Dels har hönsen ett stort intresse för att sitta på allt som går att sitta på och dels har man genom tidigare erfarenhet av dammsedimentering upptäckt att det inte är stor skillnad mellan olika höjder som man mäter partikelsedimentation på, utan sedimentationen är ganska jämnt fördelad i höjd i lokalen. Arealen på var och en av dessa brickor var 0,230 m².

Plåtarna vägdes två gånger varje vecka på en elektronisk våg (Sartorius), med en noggrannhet på 10 mg. För att få en uppfattning av sedimenteringshastighet per kvadratmeter räknades denna fram för varje enskild plåt och medelvärdet för stalllets samtliga plåtar sammanräknades. Under den tid som det var samma ljusintensitet i båda stallhalvorna, beräknades totala dammsedimentationen i mg damm per timme och m².

Väst	Värpreden	Värpreden	Öst
1			2
	3		
5			4
	Grusbädd	Grusbädd	

Figur 5. Dammplåtarnas placeringar i de två stallhalvorna

6.12 Gödselvägningar

Gödseln vägdes dagtid för vardera avdelningen. Bandet startades och tömdes på morgonen. Gödseln skrapades ner i en hink placerad i gödselkultverten och vägdes för vardera halvan av stallet, dvs. för västra och östra delen av stallet. Mängden gödsel (kg) per timme beräknades per halva vid jämförelserna.

6.13 Värmeavgivning

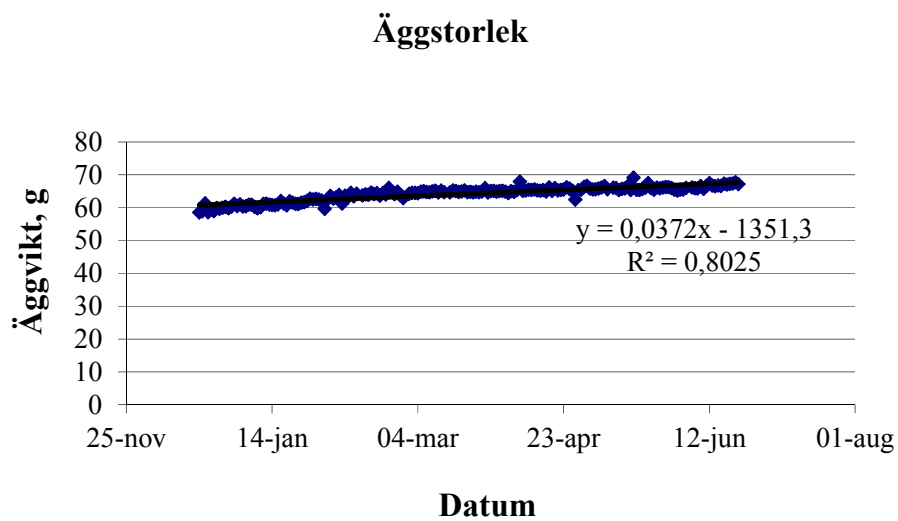
Hönsens fria värmeavgivning i Watt (W) beräknades som summan av ventilationsförluster (P_{vent}) och transmissionsförluster (P_{trans}). Storleken på ventilations- och transmissionsförluster beräknades med hjälp av uppmätta luftflöden, uppmätta temperaturer i luftflöden, stall och omgivande utrymmen samt beräknade U-värden för omslutningsytorna. Ventilationsförlusterna (P_{vent}) beräknades med hjälp av uppmätt luftflöde i frånluften och temperaturskillnaden mellan frånluftens och tilluftens temperatur. Transmissionsförlusterna (P_{trans}) beräknades med hjälp av uppmätt temperaturskillnad mellan stallet och omgivande utrymmen och beräknade U-värden för omslutningsytorna.

7 Resultat

7.1 Produktion

7.1.1 Äggproduktion

Äggproduktionen startade med det första ägget den 29 oktober då hönsen var 19 veckor gamla. Vid 22 veckors ålder värpte 80 % av hönsen ett ägg dagligen, se tabell 8. Äggvikten ökade något per dag och viktförändringen syns i figur 6.



Figur 6. Viktförändring på äggen över tiden (g/ägg)

Tabell 8. Hönsens äggproduktion de första tre veckorna efter ägglägningsstart

Datum	Antal ägg
29 okt	1
30 okt	1
31 okt	2
1 nov	6
2 nov	4
3 nov	15
4 nov	14
5 nov	19
6 nov	31
7 nov	38
8 nov	39
9 nov	67
10 nov	117
11 nov	105
12 nov	132
13 nov	151
14 nov	191
15 nov	171
16 nov	250
17 nov	236
18 nov	314

7.2 Sammanfattande resultat vid lika ljusstrategi i båda stallhalvorna

De olika ljusintensiteternas och ljuskällornas uppmätta effekter på aktivitet, koldioxidavgivning, fuktavgivning och värmeproduktion framgår av tabell 9.

Tabell 9. Olika ljusintensiteters och ljuskällors påverkan på hönsens aktivitet, koldioxidavgivning, fuktproduktion och värmeavgivning, GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

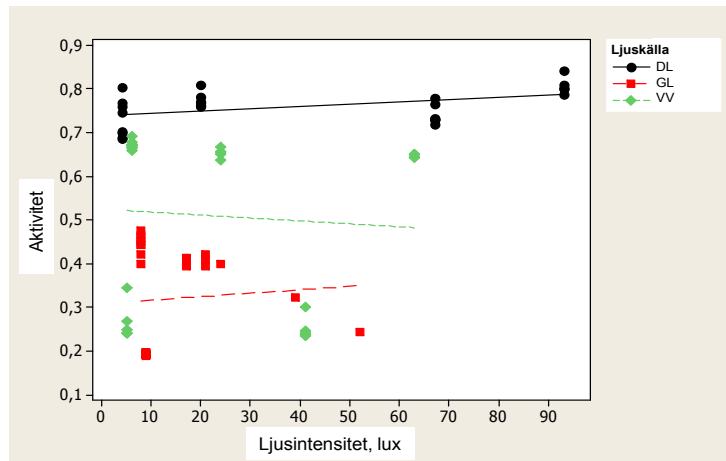
	Låg (4-9 lx)	Medel (17-24 lx)	Hög (39-91 lx)
Aktivitet			
GL	0,32	0,41	0,28
VV	0,47	0,65	0,3
DL	0,73	0,78	0,79
Koldioxid, (g/höna/h)			
GL	3,8	3,66	4,54
VV	4,39	4,11	4,05
DL	4,22	4,18	4,13
Fukt, (g/höna/h)			
GL	7,14	7,16	8,48
VV	7,87	7,05	7,78
DL	6,5	6,46	6,7
Värmeavgivning, (W/höna/h)			
GL	6,51	6,97	6,95
VV	4,91	4,95	5,12
DL	(-) ^a	5,69	4,96

a Mätfel

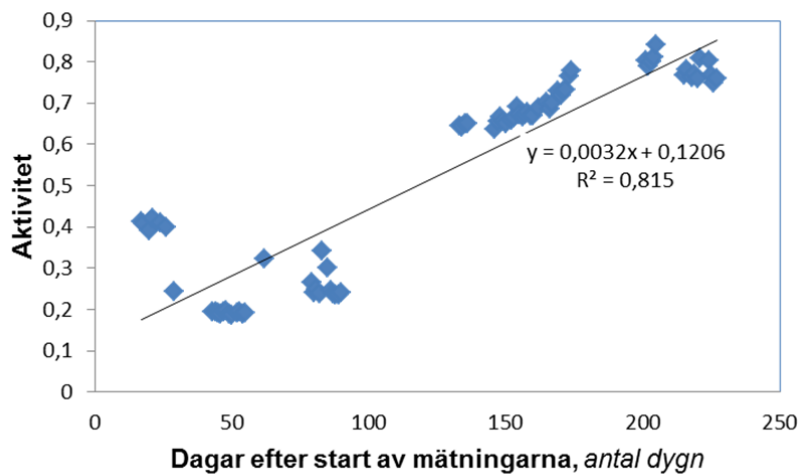
Aktiviteten var lägre för GL (0,28 - 0,41) jämfört med VV (0,3 - 0,65) och DL (0,73 - 0,79). Den var något högre för de flesta ljuskällorna då ljuset var av medelintensitet (17 - 24 lx). Koldioxidproduktionen var högst för hög intensitet (39-91 lx) av GL (4,54 g/höna) och lägst vid medelhög ljusintensitet (3,66 g/höna) av samma ljuskälla. Fuktavgivningen ökade svagt med ökad intensitet för både GL (7,1 - 8,5 g/höna) och DL (6,5 - 6,7 g/höna), medan VV hade något högre fuktproduktion vid låg intensitet (7,87 g/höna). Värmeavgivningen (hönsens fria värmeavgivning) ökade med ökad intensitet för både GL (6,5 - 7,0 W/höna) och VV (4,9 - 5,0 W/höna). Uppmätt värmeavgivning vid DL och låg ljusintensitet tros vara ett felvärde då det fanns få timmar registrerade i detta intervall.

7.2.1 Aktivitet

Figur 7 visar hur aktiviteten förändras med olika ljuskällor och intensitet. Figur 8 visar hur aktiviteten förändras över tiden. Pearsons regressionsanalys visade på en signifikant positiv relation mellan ljusintensitet och aktivitet ($p < 0,01$) och också mellan antal dagar efter start av försöket och aktiviteten ($p < 0,001$). Jämfört med en regression där ljusintensitetens påverkan på aktiviteten studerades noterades ett mycket högre R^2 -värde (79,9 %) i en regression där både ljusintensitet och dagar efter start av försöket inkluderades som påverkansvariabler.

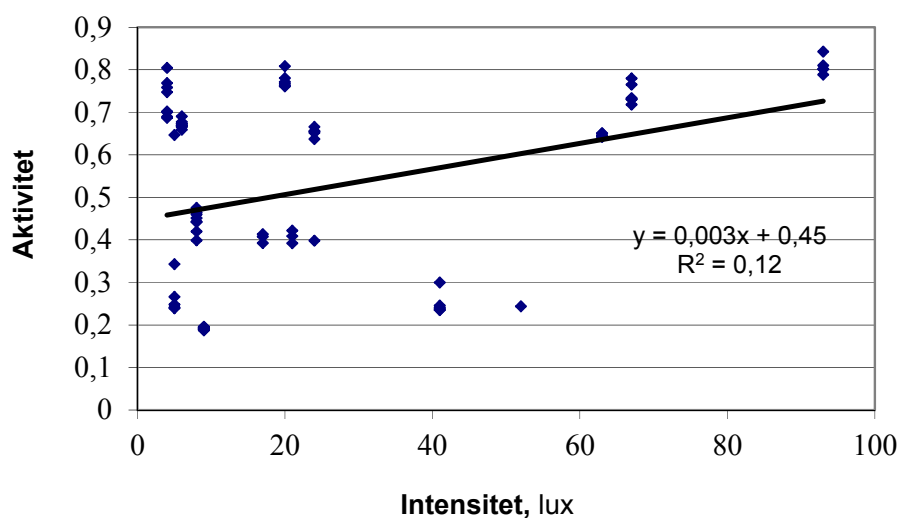


Figur 7. Ljusets inverkan på aktiviteten i de olika ljusstrategierna. GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör



Figur 8. Aktivitetens förändring över tid

Aktivitetens förändring med tiden för alla ljuskällorna kan ses i figur 8. Man kan ana en tendens till att aktiviteten ökar med ljusintensiteten då denna ökar över 60 lx, men på lägre intensiteter kan man inte urskilja några tydliga skillnader (figur 9).



Figur 9. Hönsaktivitet vid olika ljusintensitet under dagtid

7.2.2 Värmeavgivning

Hönsens värmeavgivning framgår av tabell 10. Det finns en svag tendens till en ökning av värmeavgivningen med ökad ljusintensitet för VV, från 4,91 W/höna/h till 5,12 W/höna/h, medan det för DL är en minskning vid högre ljusintensitet än vid medelhög. Tyvärr saknas data för låg ljusintensitet. För GL tycks nivån vara i stort sett densamma efter en svag ökning från låg ljusintensitet, 6,51 W/höna/h, jämfört med 6,95 W/höna/h vid hög intensitet.

Tabell 10. Värmeavgivning per höna i W/h i olika ljusintensiteter från de olika ljuskällorna, GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

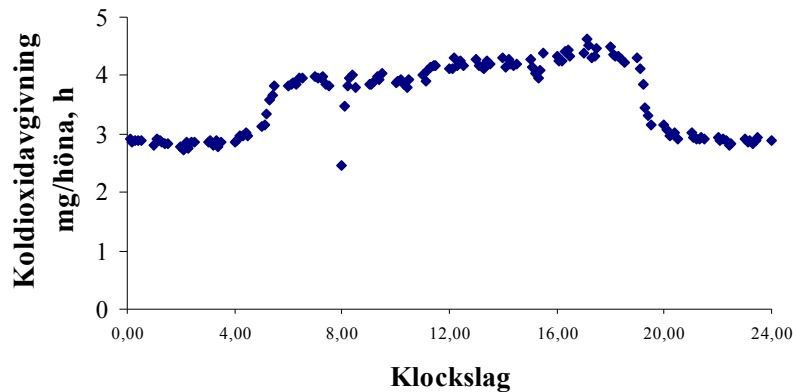
Värmeavgivning, (W/höna/h)	Låg (4-9 lx)	Medel (17-24 lx)	Hög (39-91 lx)
GL	6,51	6,97	6,95
VV	4,91	4,95	5,12
DL	(-) ^a	5,69	4,96

a Mätfel

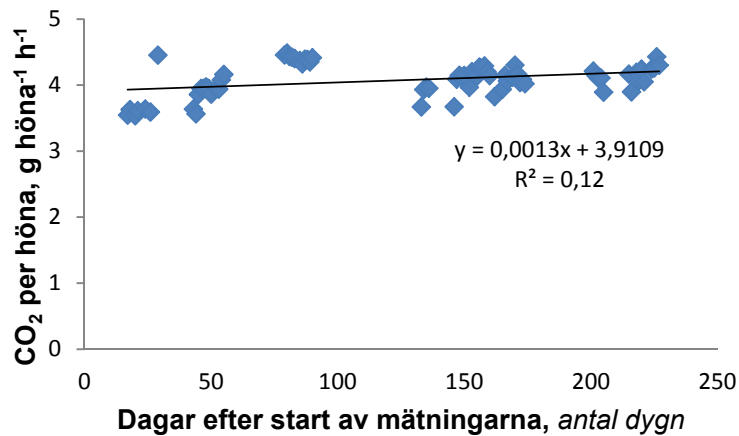
7.2.3 Koldioxid

Med ökad aktivitet ökar behovet av syre till kroppen och restprodukten koldioxid ökar i luften. Koldioxidhalten mättes dagtid då hönsen var aktiva mellan kl 7-17 och ett ganska typiskt dygnsdiagram syns i figur 10. Dagen startades vid olika tider under försökens början och hamnade i slutet på kl 6. När hönsen vaknar märks en markant ökning av koldioxidavgivningen och den

stabiliseras på en högre nivå än nattutsöndringen, efter ca en timma. Likadant syns en tydligt effekten av att hönsen går i kvällsvila efter att ljuset släckts ner. Släckningstidpunkten varierade under lite längre period och var som senast kl 19.30. Störningar i koldioxidhalten syns vid de tidpunkter som gödselbanden kördes och dörrarna öppnades till äggrum och foderrum. Det gick inte att se några tydliga skillnader i koldioxidutsöndring mellan de olika ljusintensiteterna som användes under försöken, trots att det skiljer från ca 4 lux till 93 lux (tabell 9). För GL är den något högre vid högst intensitet, medan den för VV och DL är som lägst då och högst vid låg intensitet. Koldioxidavgivningens förändring med tiden efter start av försöken framgår av figur 11.



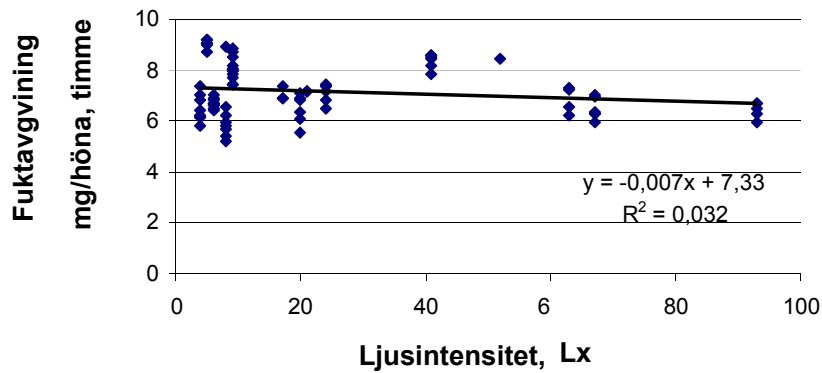
Figur 10. Dygnsvariation av koldioxidavgivning från hönsen under dagtid (kl 6-19.30). Utgödsling gjordes på morgonen, vilket gav en snabb sänkning av koldioxidkoncentrationen under tiden som gödselbandet rullade och dörrar öppnades.



Figur 11. Koldioxidproduktionens förändring över tiden från försökets start.

7.2.4 Fuktagivning

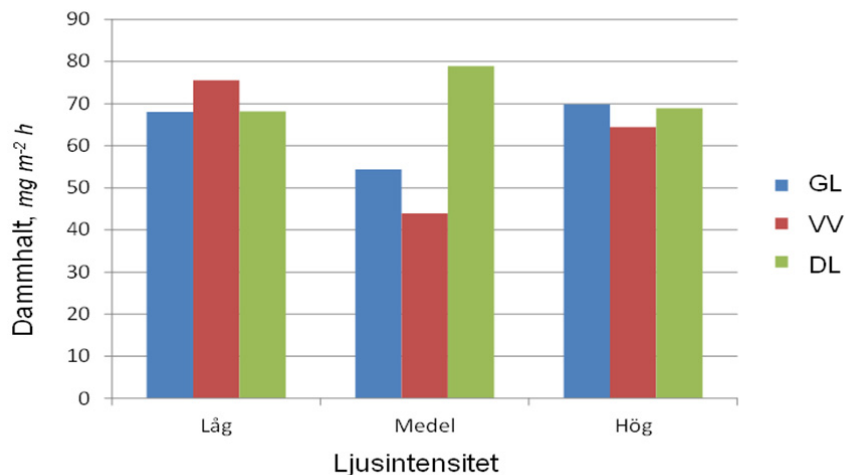
Hönsens fuktavgivning speglar den utsöndring av fuktig utandningsluft som sker, samt den fukt som ströbädd och gödsel avger tillsammans med vattenavdunstning från vattennipplar. I studien gick det inte se att denna ökar med ökad ljusintensitet (figur 12). Skillnader fanns dock mellan de olika ljuskällorna, men de var inte stora nog för att säkerställas, utan indikerar på en något högre fuktavgivning med ökad intensitet. Skillnaden är störst för GL där det är en ökning från 7,14 g/höna/h vid låg intensitet och 8,48 g/höna/h vid hög intensitet. För VV är värdet som högst vid låg intensitet och för DL är det knappast någon skillnad alls (6,5 vs 6,7 g/höna/h). (Tabell 9).



Figur 12. Hönsens fuktavgivning vid olika ljusintensiteter, samtliga ljuskällor

7.2.5 Damnhalter

Mängden sedimenterat damm per m^2 var för både GL (53 mg/h) och DL (42 mg/h) lägst då ljuset var av medelintensitet. För DL var produktionen som störst vid medelintensitet (78 mg/h) och ungefär lika stor vid låg och hög intensitet. Tendensen för GL var att dammproduktionen var lägre vid medelhög ljusintensitet (17-24 lx) än för låg och hög intensitet då mängden damm var högre än för medelintensitet. (figur 13). Denna fördelning var ungefär densamma för VV som för GL, men med en lite högre mängd vid låg ljusintensitet och ännu lägre vid medelintensitet.



Figur 13. Damnhalter för olika ljusintensitetsnivåer (låg (4-9 lx), medel (17-24 lx) och hög (39-91 lx), GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

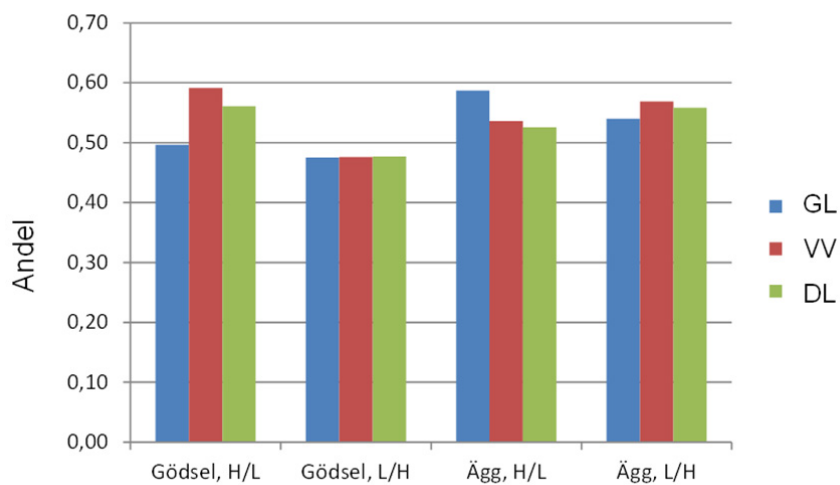
7.3 Resultat vid olika ljusintensitet i stallets halvor

7.3.1 Vistelseplats med avseende på gödslingsmönster och äggläggning

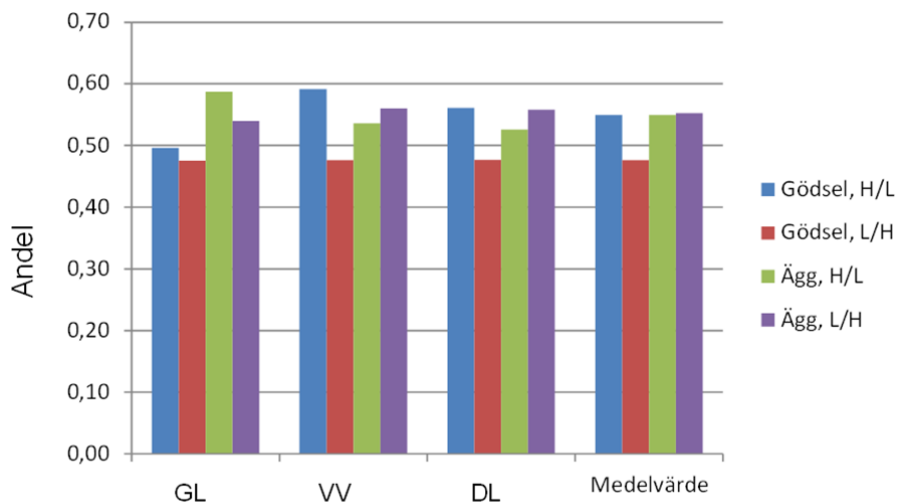
Några stora skillnader i var hönsen lade sin gödsel kunde inte urskiljas mellan de olika sidorna vid olika ljusintensiteter, figur 14 och 15 och tabell 11 och 12. En tendens att de valde att vistas i den ljusaste delen av bygganden kunde anas fram tills att ljuset översteg ca 70 lx. Vid ljusintensitet under 70 lx var det något färre hönsor som valde den mörkare delen. I studien noterades en viss ökning av gödselmängden i den del av stallet som var ljusast då det var olika ljusintensiteter i stallhalvorna.

Vissa skillnader fanns också för var hönsen lade sina ägg vid olika ljusintensiteter i Öst och Väst. I de flesta fall (för VV och DL) valde något fler höns att värpa i den avdelning där det var mörkast. Mängden lagda ägg för Öst var lägre då där var ljusast och högre då där var mörkast för både VV (55 % vs 58 %) och DL (51 % vs 57 %), medan det var fler lagda ägg i den ljusaste avdelningen vid GL (58 % vs 53 %). Mängden gödsel var som störst där det var ljusast för samtliga ljusregimer.

I studien fanns en skillnad mellan preferens för att lägga ägg i Öst och Väst. Tabell 13 visar på hönsens preferens för redan placerade i Öst eller Väst och där det syns att hönsen har en starkare preferens för redan i Öst från början, men att denna minskar över tiden.



Figur 14. Andel gödsel och ägg i Öst då ljusintensiteten i Öst är högre än i Väst (H/L) och då ljusintensiteten i Öst är lägre än i Väst (L/H), GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör



Figur 15. Andel gödsel och ägg i Öst för olika ljusstrategier då ljusintensiteten i Öst är högre än i Väst (H/L) och då ljusintensiteten i Öst är lägre än i Väst (L/H), GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

Tabell 11. Andel av äggproduktionen i Öst med olika ljuskällor och ljusintensitet. För GL gjordes inga studier med hög intensitet, GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

	GL		VV		DL	
Ljusstyrka			Medel	Hög	Medel	Hög
Högre intensitet i Öst	0,587		0,547	0,524	0,512	0,540
Lägre intensitet i Öst	0,540		0,578	0,560	0,573	0,543

Tabell 12. Andel gödsel i Öst vid olika ljus i avdelningarna (andel av total produktion). För GL gjordes inga försök med hög intensitet, GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

	GL		VV		DL	
Ljusstyrka			Medel	Hög	Medel	Hög
Högre intensitet i Öst	0,50		0,59	0,57	0,57	0,58
Lägre intensitet i Öst	0,41		0,47		0,48	

Tabell 13. Procent lagda ägg i Öst av totalmängden ägg under olika ljusregimer, GL= Glödljus, VV= Varmvitt lysrör, DL= Dagsljuslysrör

	GL	VV	DL
Medelvärde, %	56,8	54,6	52,8

7.3.2 Övriga resultat

Under försökets början målades aggressiva hönor lila med sprayfärg, vilket visade sig vara mindre lyckat. Hönorna reagerade mycket starkt på denna extra färg på de i övrigt vita hönorna och de blev kraftigt ansatta av många hönor. De blev så illa mobbade att de fick utgå helt ur studien. Vi märkte också att det blev mycket fjäderplockning vid ett tillfälle i början av studien då personalen hade julleddigt och hönsens grus hann ta slut innan ledigheten var över. Ljusintensiteten var låg (ca 5 lx) under perioden och det sammanföll olyckligtvis även med ett foderbyte från unghönsfoder till värphönsfoder.

Ett av projektets mål var att undersöka om höga ljusintensiteter kunde leda till att hönsen flockades, men varken på de videofilmer som spelades in, eller vid skötseln av hönsen kunde några sådana tendenser synas.

8 Diskussion

Den första hypotesen om att de olika ljuskällornas spektralfördelning skulle påverka hönsens aktivitet olika visade sig stämma på så sätt att hönsen visade sig vara aktivare med DL än med både VV och GL. I den andra hypotesen antogs att ökad ljusintensitet skulle leda till ökad aktivitet. En viss tendens till detta kunde ses (figur 9), men samtidigt fanns ett samband med tid efter start som gjorde det svårt att tolka resultaten. Den skillnad man kunde se mellan de olika ljuskällorna var att det fanns en tendens till högre aktivitet vid högre intensitet för GL och DL. Den lilla ökningen kan bero på de röda våglängder som förekommer. De våglängder som är vanligast i GL är det röda, långvågiga ljuset, vilket visat sig ge aktivare djur i tidigare studier (Morris & Lewis, 2000).

Det kunde inte konstateras att koldioxidavgivningen ökade med ökad aktivitet då dygn med olika ljusintensitet jämfördes, vilket den borde gjort. Dock var sambandet tydligt under dygnets timmar, dvs. för en specifik dag. När ljuset tändes ökade koldioxidavgivningen direkt och den sjönk sedan ganska snabbt efter att ljuset släckts och hönsen tagit plats på sittpinnarna. En andra parameter som visar på hönsens aktivitet är fuktavgivningen som påverkas båda av djurens andning och deras övriga beteenden. Den tenderade till att öka med ökad ljusintensitet, även om förändringen inte var speciellt tydlig och höga värden uppmättes för VV vid låg intensitet. Inte heller hönsens värmeavgivning indikerade på en speciellt aktiv höna i ljusare miljö, eller med olika spektralfördelningar.

Den tredje hypotesen om att hönsens preferens för äggläggning och vistelse skulle förändras med olika ljusintensiteter stämde bättre. Här valde hönsen ofta att vistas där det var ljusast, medan de gärna värpte där det var mörkast. Vid jämförelse mellan de olika ljuskällorna var det lite större andel höns som valde den ljusare miljön när det var VV och DL än GL. Det var också fler som valde att värpa i den ljusa delen när det var GL än VV och DL. Troligtvis är redeshänsen så pass stor att det är svårt att få fram ett beteende på så kort tid som vi hade i försöken med växlingar i intensitet varje vecka. En annan av orsakerna kan vara att skillnaderna mellan de lägsta och högsta värdena för GL inte var lika stora som för de andra ljuskällorna.

Den uteblivna flockningen av djur beror troligtvis på att den högsta ljusintensiteten som hönsen utsattes för var alldeles för låg för att få dessa effekter. Egna mätningar som gjorts på ljus genom fönster i stallar har visat på luxtal över 600 och allra högst värdet i studien var 97 lx.

Det samband som kunde utläsas med en ökning av aktiviteten framåt våren var inte ett väntat resultat och med detta som facit kan man notera att det varit bra att återgå till samma ljuskällor en andra omgång. Eftersom påverkan av ljus är något som är så kraftigt borde nog ett bättre försöks-

upplägg vara en studie med betydligt färre ljusintensiteter och över längre tid för varje inställning. Ett alternativ skulle kunna vara att bibehålla samma ljusintensitet och byta ljuskällan. Då det byttes armaturer i stallet var inte detta upplägg möjligt, men det är troligt att det då hade varit enklare att utvärdera ljuskällorna gentemot varandra på ett bättre sätt.

Piesiewicz *et al.* (2010) noterade att det i kycklingar som kläckts vid olika årstider fanns skillnader i epifysen som påverkade djurens biologiska klocka. Det är möjligt att det fanns sådana skillnader som påverkat resultaten i denna studie. Då vi inte gjorde om försöksserien med en andra omgång höns, kläckta vid annan tidpunkt är det svårt att styrka eller avfärda kopplingen till djurens inneboende rytm.

Den skillnad i aktivitet som kunde ses kan dels bero på att det fanns felkällor med de täta skiftningarna av ljusintensitet. Den kan också bero på att hönsen trots sin isolering i klimatkammaren kan notera att året växlar mot vår och sommar på andra sätt än endast genom förändringar i ljusintensitet.

På Södergård ansåg vi oss ha en tillfredsställande arbetsmiljö när ljusintensiteten var över ca 20-30 lx. Att vi fick bra arbetsmiljö vid denna belyningsgrad berodde på att vi under försöken mätte intensiteten i hönsens ögonhöjd och vi hade således en något högre ljusintensitet vid vår ögonhöjd. Det ljus som behövs för människa för att urskilja konturer är ett par lux, medan förmågan att urskilja färger kommer först med högre intensitet.

Eftersom resultaten från försöken med avseende på aktiviteten inte är så tydliga är det svårt att dra klara slutsatser om vilka ljusintensitetsnivåer och ljuskällor som är att föredra. Två av orsakerna till detta kan ha varit de snabba förändringarna mellan ljuskällorna och att försöken inte upprepades (vilket inte gick då armaturerna byttes ut efter hand). Det är troligt att längre perioder mellan ljusinställningarna gett mer data att bearbeta och större statistisk säkerhet. Vissa dagar förelåg det väldigt lite data och för andra fanns det mer att analysera, vilket ger sämre förutsättningar för användbar och säker statistik.

9 Kommentarer - slutsatser

Att inga direkta kopplingar mellan exempelvis dammproduktionen och ökad ljusintensitet kunde ses var lite märkligt då fuktproduktion och värmeavgivning var något högre vid högre ljusintensitet. Dessa ökningar borde betyda aktivare djur och då tycks det naturligt att det virvlar upp mera damm. De flesta andra studier är enstämmiga, med ökad ljusintensitet ökar djurens aktivitet, men det kunde inte visas i denna studie. Att mängden damm i stallar med frigående höns är ett större problem än i burhönssystem är känt sedan länge och studier av metoder för att minska mängden har gjorts bland annat vid SLU i Alnarp (Gustafsson & von Wachenfelt, 2004).

Den säsongsmässiga minskningen och ökningen av aktiviteten över tid var intressant och lite oväntad då försöken gjordes i ett slutet rum utan dagsljusinsläpp. Den friskluft som strömmar in i stallet kommer direkt utifrån och det är inte omöjligt att dofter utifrån triggat de system som startar hönsens inbyggda vårkänslor. Det kan också vara ljud utifrån som påverkar inre system i hönsen som ökar deras aktivitet.

10 Fortsatt forskning

Fortsatt forskning skulle vara av intresse för att fastställa vilka armaturer som drar minst ström men ändå fungerar bra för hönsen. Med ökad andel ekologiska höns som går utomhus och därmed påverkas kraftigt av det starka dagsljuset (speciellt under sommartiden) skulle det vara intressant att undersöka kopplingarna mellan belysningstypen inomhus och dagsljuset. Det skulle också vara intressant att undersöka hur man bör variera ljusintensiteten i olika delar av stallet, dels för att ge hönsen maximalt ljus vid fodersök och dels för att erbjuda vila utan att öka andelen golvägg. För att veta vad det är som påverkar hönsens aktivitetsförändringar över tid, krävs fler studier som fokuserar mera på vad som aktiverar hönsen. Är det så att den biologiska klockan för värpning på våren är så stark att den fortfarande efter många generationer under styrda ljusprogram ännu märks, eller är resultaten i denna studie bara tillfälligheter?

Referenser

- Ahmad, F., Ahsan, M., Hussain, J. & Siddiqui, M.Z. (2010). Production performance of white leghorn under different lighting regimes. *Pakistan Veterinary Journal*, 30 (1), 21-24.
- Baev, V.I. & Shantsin, V.A. (2004). Light level and units of measurements in lightning installations for poultry production. *Mekhanizatsiya i Elektrifikatsiya Sel'skogo Khozyaistva* (No 3): 26-29.
- Bell, D. D. & Weaver, W.W.Jr. (2002). *Chicken Meat and Egg Production, 5th edition*. Kluwer Academic Publishers. USA.
- Bowlby, G.M.S. (1957). Some preliminary investigations into the effects of light on broilers. *World's Poultry Science Journal* 13: 214-216.
- Boushouwers, F.M.G. & Nicaise, E. (1993). Artificial light sources and their influence on physical activity and energy expenditure of laying hens. *British Poultry Science*, 34 (1), 11-19.
- Buyse, J., Simons, P.C.M., Boushouwers, F.M.G. & Decuyper, E. (1996). Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. *World Poultry Science Journal*, 52 (2), 121-130.
- Charles, D. & Walker, A. (2002). *Poultry Environment Problems A guide to solutions*. Nottingham University Press. Wiltshire
- Davis, N.J., Prescott, N.B., Savory, C.J. & Wathes, C.M. (1999). Preferences of growing fowls for different light intensities in relation to age, strain and behavior. *Animal Welfare* 1999, 8: 193-203.
- D'earth, R.B. & Stone, R.J. (1999). Chickens use visual cues in social discrimination: an experiment with coloured lightning. *Applied Animal Behaviour Science* 62, 233-242.
- Dybdahl, J. (2002). *Diskotekblink stressar både folk och fjäderfä*. Fjäderfä 8:2002, sid. 10-14. Sverige.
- Föreskrifter om ändring i Stallets jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (2014). Jönköping. (SJVFS 2014:31)
- Gustafsson, G., Ascard, K., Odelros, Å., von Wachenfelt, E. (2005). *Utformning av avskärningsanordningar för direkt solljus i stallar för värphöns*. JBT Rapport 138. Sverige.
- Gustafsson, G. & von Wachenfelt, E. (2004). *Begränsningar av luftföroreningar vid inhysning av golvhöns*. JBT. Rapport 129. Sverige.
- Gwinner, E. & Brandstätter, R. (2001). Complex bird clocks. *Phil.Trans.Royal Society B* 356, 1801-1810.

- Harm, R.H., Motl, M.A. & Russell, G.B. (2000). Influence of age at lighting, Dietary Calcium, and Addition of Corn Oil on Early Egg Weight. *Journal of Applied Poultry Research* 9: 334-342.
- Hartini, S., Choct, M., Hinch, G., Kocher, A. & Nolan, J.V. (2002). Effects of light intensity during rearing and beak trimming and dietary fiber sources on mortality, egg production, and performance of ISA Brown laying hens. *Poultry Science Association. Inc. Vol 11* p. 104-110.
- Hocking, P.M., Zaczek, V., Jones, E.K.M. & Macleod, M.G. (2004). Different concentrations and sources of dietary fibre may improve the welfare of female broiler breeders. *British Poultry Science* 45, nr 1, p 9-19.
- Huber-Eicher, B. & Audrige, L. (1999). Analysis of risk factors for the occurrence of feather pecking in laying hen growers. *British Poultry Science* 40 (5): 599-604.
- Huber-Eicher, B., Suter, A. & Spring-Stähli, P. (2013). Effects of colored light-emitting diode illumination on behaviour and performance of laying hens. *Poultry Science* 92 (4): 869-873.
- Huber-Eicher, B. & Wechsler, B. (1997). Feather pecking in domestic chicks: its relation to dustbathing and foraging. *Animal Behaviour* 54, p. 757-768.
- Izzeldin, B. & Kassim, H. (2000). The effect of Light and Darkness on Acclimatization of Laying Hens. *Asian-Aus. J. Anim. Sci. Vol 13*, No 5: 694-697.
- Jones, R.B. & Carmichael, N.L. (1998). Pecking at string by individually caged, adult laying hens; colour preferences and their stability. *Applied Animal behavior Science* 60 (1998) 11-23
- Jones, E.K.M., Prescott, N.B., Cook, P., White, R.P. & Wathes, C.M. (2001). Ultraviolet light and mating behavior in domestic broiler breeders. *British Poultry Science, Volym 42*, nr 1, p. 23-32.
- Joseph, N.S., Dulaney, A.A.J., Robinson, F.E., Renema, R.A. & Zuidhof, M.J. (2002a). The effects of age and photo stimulation and dietary protein intake on reproductive efficiency in three strains of broiler breeders varying in breast yield. *Poultry Science* 81:597-607. Canada
- Joseph, N.S., Robinson, F.E., Renema, R.A., Zuidhof, M.J. (2002b). Responses of two strains of female broiler breeders to a midcycle increase in photoperiod. *Poultry Science* 81 (6): 745-754.
- Jönsson, E. (1977). *Värphönsens utfodring och skötsel*. Praktiskt lantbruk 30. LTs förlag. Stockholm
- Kadano, H., Besch, E.L. & Usami, E. (1981). Body temperature, oviposition, and food intake in the hen during continuous light. *Journal of applied Physiology*. Vol 51, 1145-1149. USA.
- Kangro, A., (1993). *Luftföroreningar i värphönsstallar*. LBT-rapport 88. SLU, Lantbrukets byggnadsteknik, Sverige.
- Kjaer, J.B. & Sørensen, P. (2002). Feather pecking and cannibalism in free-range laying hens as effected by genotype, dietary level of methionine + cystine, light intensity during rearing and age of first access to the range area. *Applied Animal Behaviour Science* 76. p. 21-39.
- Kjaer, J.B. & Vestergaard, K.S. (1999). Development of feather pecking in relation to light intensity. *Applied Animal Behaviour Science* 62: 243-254.

- Kristensen, H.H. (u.å.). *The effects of light intensity, gradual changes between light and dark and definition of darkness for the behavior and welfare of broiler chickens, laying hens, poultry and turkeys. A review for the Norwegian Scientific Committee for Food Safety.* University of Copenhagen. Denmark.
- Lewis, P. D. & Morris, T.R. (1998). Response of domestic poultry to various light sources. *World's Poultry Science Journal*, Vol 54, 7-25. March 1998.
- Lewis, P. D. & Morris, T.R. (2000). Poultry and coloured light. *World's poultry Science Journal*, vol. 56, September 2000.
- Manser, C.E (1996). Effects of lightning on the welfare of domestic poultry: a review. *Animal Welfare* 1996, 5: 341-360
- Melnychuk, V.L. Robinson, F.E. Renema, R.A. Hardin, R.T. & Emmerson, D.A. (1999). Effects of lighting program on reproductive development of female large white turkeys. *Canadian Journal of Animal Science. Ottawa.* v. 79 (2) p. 149-155.
- Mendes, A.S., Paixao, S.J., Restelatto R., Morello, G.M. de Moura D.J. & Possenti J.C. (2013). Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. *Journal of Applied Poultry Research* 22:62-70
- Morris, T.R. (1968). *Light requirements of the fowl.* Carter TC (ed) Environmental Control in Poultry Production. Olivier and Boyd. Edinburgh.
- Morris, T.R. (1981). *The influence of photoperiod on reproduction in farm animals.* Environmental Aspects of Housing for Animal Production. JA Clark (ed), Butterworths, London, UK, pp:85-110.
- Morris, T.R. (1994). Lightning for layers: What we know and what we need to know. *World's Poultry Science Journal* 50:283-287.
- Morris, TR. (2004). Environmental control for layers. *World's Poultry Science Journal* 60 (2):163-175.
- Neuschütz, K., Odén, K. & Hagman, T. (2005). *Höns, raser, skötsel, uppfödning*, Natur och Kultur, Stockholm.
- Newcombe, M. (2000). Light in poultry houses. *Zootecnica international*. Vol 23, april 2000. p. 26-27.
- Nøddegaard, F. (1998). Oviposition patterns and plasma melatonin rhythms in response to manipulations of the light:dark cycle. *British Poultry Science* 39: 653-661.
- Odén, K. (2003). *Fear and aggression in large flocks of laying hens, effects of sex composition.* SLU Veterinaria 144.
- Piesiewicz, A., Podobas, E., Kedzierska, U., Joachimiak, E., Markowska, M., Majewski, P. & Skwarlo-Sonta, K. (2010). Season-Related Differences in the Biosynthetic Activity of the Neonatal Chicken Pineal Gland. *The Open Ornithology Journal* 3, 134-140.
- Prescott, N.B. & Wathes, C.M. (1999). *Reflective properties of domestic fowl (Gallus g. domesticus), the fabric of their housing and the characteristics of the light environment in environmentally controlled poultry houses.* British Poultry Science 40: 185-193.
- Prescott, N.B. & Wathes, C.M. (2002). Preference and motivation of laying hens to eat under different illuminances and the effect of illuminance on eating behaviour. *British Poultry Science.* V. 43 (2), p. 190-195.

- Pöttsch, C.J., Lewis, K., Nicol, C.J. & Green, L.E. (2001). A cross-sectional study of the prevalence of vent pecking in laying hens in alternative systems and its associations with feather pecking, management and disease. *Applied Animal Behaviour Science* 74, sid 259-272.
- Renema, R.A. & Robinson, F.E. (2001). *Effects of Light Intensity from Photostimulation in Four Strains of Commercial Egg Layers: 1. Ovarian Morphology and Carcass Parameters*. *Poultry Science* 80: 1112-1120.
- Rintamäki, P. T., Håstad, O., Ödeen, A., Alatalo, R. V., Höglund, J. & Lundberg, A. (2002). *Sexual selection, colour perception and coloured leg rings in grouse (Tetraonidae)*. *Avian Science* vol 2 no. 3: 145-152.
- Rodin, E. & Kuznetsov, S. (2003). *Dynamics of relative mass of hen ovaries in postnatal ontogenesis depending on red, green or blue monochromatic light*. *Zhivotnov'dni Nauki* 40 (3/4): 94-96 2003.
- Roodbont Publisher B.V. (2013). *Värphöns, en praktisk guide om hönsskötsel med hönan i fokus*. Holland
- Saiful, I.M., Fujita, M. & Ito, T. (2002). Effects of physical activity on heat production of white leghorn hens under different lighting regimes. *Journal of Poultry Science* 39 (3): 159-166 2002.
- Sandström, M., Bergqvist, U., Küller, R., Laike, T., Ottosson, A. & Wibom, R. 2002. *Belysning och hälsa- en kunskapsöversikt med fokus på ljusets modulation, spektralfördelning och dess kronobiologiska betydelse*. Arbetslivsinstitutet. <http://www.niwl.se>. Nr 2002:4.
- Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m. 2010. Jönköping. (SJV/SF 2010:15).
- Swenson, M.J. & Reese, W.O. (1993). *Duke's physiology of domestic animals*. 11th edition. USA
- Sørensen, P., Kjaer, J.B., Baek Jensen, A., Steinfeldt, S., Engberg, R.M., Johansen, N.F., Permin, A., Bisgaard, M., Priesholm, M & Søbørg, H.P. (2001). *Forskning og udvikling i økologisk aegproduktion*. Forskningscenter for økologisk Jordbrug. Danmark.
- Taylor, P.E., Coerse, N.C.A. & Haskell, M. (2000). The effects of operant control over food and light on the behavior of domestic hens. *Applied Animal Behaviour Science* 71, p. 319-333.
- Tucker, T.A. & Charles, D.R. (1993). Light intensity, intermittent lighting and feeding regime during rearing as affecting egg production and egg quality. *British Poultry Science* 34:255-266.
- Vander.A.J., Sherman, J.H. & Luciano, D.S. 1994. *Human Physiology, the mechanisms of body function*. 6th edition. International edition. McGraw-Hill, Inc.
- Wathes, C.M. & Prescott, N. (2000). *Vision and the need for light in hen houses*. ASAE Meeting Presentation, 17 September 2000.
- Widowski, T.M. & Duncan, I.J.H. (1996). Laying hens do not have a preference for high-frequency versus low-frequency compact fluorescent light sources. *Canadian Journal of Animal Science*, 76 (2), 177-181.
- Whitley, R. D., Albert, R. A., McDaniel, G. R., Brewer, R. N., Mora, E. C. & Henderson, R. A. (1984). Photoinduced buphthalmic avian eyes. 1. Continuous fluorescent light. *Poultry Science* 63: 1537-1542.

von Wachenfelt, E., Pedersen., S. & Gustafsson, G. (2001). Release of heat, moisture and carbon dioxide in an aviary system for laying hens. *British Poultry Science*. 42: 171-179

Zupan, M., Kruschwitz, A., Huber-Eicher, B. (2005). *The influence of exposure to light and colour on the choice of nest colours in laying hens*. Proceedings of the 7th European Symposium on Poultry Welfare, Lublin, Poland. 15-19 June, 2005. *Animal Science Papers and Reports* 23 (Suppl.1): 129-133.

Internetreferenser

Anonym (1995). Council of Europe 1995. *Standing committee of the European Convention for the Protection of Animals kept for Farming Purposes*. Recommendations Concerning Domestic Fowl. Council of Europe

Anonym. (1999). CEU 1999. *Council Directive 1999/74/EC of 19 July 1999 laying down Minimum Standards for the Protection of Laying Hens* (OJ EC No L 203 of 3.8.1999, p. 53) European Community, Brussels (1999).

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:203:0053:0057:EN:PDF> [20141220]

Anonym. (2007). CEU 2007. Council of the European Union. (2007). Council Directive 2007/43/EC. *Laying down minimum rules for the protection of chickens kept for meat production. Official Journal of the European Union (L182/19) 28 June*.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:182:0019:0028:EN:PDF> [20141220]

Anonym. (2015). *Grunder för belysning*. <http://www.lampor.nu/merbelysning.htm>. [20150401]

Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden (2011). Stockholm. (AFS 2011:18)

Fölsch, D.W., Höfner, M., Staack, M. & Trei, G. (u.å.) *Comfortable quarters for chickens in research institutions*. <http://www.awionline.org/pubs/cq02/Cq-chick.html>. [20051025]

Gimranäs (u.å.). *Gimranäs AB*. <http://www.gimranas.se/shop/product/galli-lux-matare?tm=webshop/belysning>. [20150602]

Gustavson, S. 19981018. *Färg: färgseende, färgmätning och färgpresentation*. http://webstaff.itn.liu.se/~stegu/TNM037-2004/farg_annankurs.pdf [2015-05-10]

International Egg Commission (2015). *Egg industry*. <https://www.internationalegg.com/corporate/eggindustry/details.asp?id=18> [20150603]

Jordbruksverket. 20141015. *Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden. JO 20 SM 1403. Husdjur i juni 2014*. <http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Husdjur/JO20/JO20SM1403/JO20SM1403.pdf> [20140529]

Lohmann Tierzucht (2015). *Management guides*. <http://www.ltz.de/en/downloads/management-guides.php>. [20150602]

Osram. (u.å.). *Osram*. <http://www.osram.com> [20051015]

Pirjola, P. (2003). *Ljusstrålar i atmosfären: Ljus och spektrum*.
<http://www.learnify.se/learnifyer/ObjectResources/d4fc5337-6282-4efd-b11f-8a38791c346e/Ljus/index.htm> [2015-05-04]

Tulderhof (2015). *Tulderhof ventilation*. <http://www.tulderhof.com/products/daylight/blackout-ridge.html> [20150128]