



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap**  
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

# **Hur ljuset påverkar könsmognad och äggläggning hos värphöns (*Gallus do- mesticus*)**

*Ella Sigvardsson*

*Uppsala  
2015*

*Kandidatarbete 15 hp inom veterinärprogrammet*

*Kandidatarbete 2015:30*



# Hur ljuset påverkar könsmognad och äggläggning hos värphöns (*Gallus domesticus*)

## How Light Affects Sexual Maturation and Egg laying in Hens (*Gallus domesticus*)

*Ella Sigvardsson*

*Handledare: Lena Holm, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi*

*Examinator: Eva Tydén, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap*

*Kandidatarbete i veterinärmedicin*

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** grund nivå, G2E

**Kurskod:** EX0700

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2015

Serienamn: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

**Delnummer i serie:** 2015:30

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

**Nyckelord:** Äggläggning, höns, ljus, GnRH, äggstock, äggledare, könsmognad, reproduktion

**Key words:** Egg-laying, hens, light, GnRH, ovary, oviduct, sexual maturation, reproduction

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning .....	1
Summary .....	2
Inledning.....	3
Material och metoder .....	3
Litteraturoversikt.....	4
Hönans reproduktionsorgan.....	4
Äggstock .....	4
Äggledare .....	5
Reproduktionsorganens utveckling .....	6
Könsmognad .....	6
Äggläggningssykeln .....	7
Ljusets påverkan på äggläggningsprocessen .....	7
Ljusutmattnig .....	8
Diskussion .....	9
Litteraturförteckning .....	12



## SAMMANFATTNING

Det är sedan länge känt att om höns hålls i naturlig belysning varierar äggläggningen med årstiderna. Lägst antal ägg läggs när dagarna är som kortast och ljusstimuleringen är som lägst. Eftersom hönan reagerar även på artificiellt ljus kan ljusprogram användas för att styra antalet ljusa respektive mörka timmar per dygn för att därigenom undvika årstidsvariation. Syftet med denna litteraturstudie är att ta reda på hur ljuset styr hönans könsmognad och äggläggning.

Ljus registreras av fotoreceptorceller i retina, hypotalamus och epifysen vilka omvandlar energin i fotonerna till en biologisk signal. Vid ljusstimulering stimuleras gonadotropinfrisättande hormon (GnRH) vilket ökar frisläppningen av gonadotropinerna follikelstimulerande hormon (FSH) och luteiniserande hormon (LH). Ljusstimulering aktiverar även inhibitoriska neuropeptider i hypotalamus som minskar GnRH-frisläppningen. Så länge ljusstimuleringen sker kommer ökningen av GnRH-frisläppning att radera effekten av de inhibitoriska neuropeptiderna, men när stimuleringen minskar tar den inhibitoriska effekten över och reproduktionsförmågan minskar.

Hönans reproduktionsorgan består av äggstock och äggledare. Äggstockens funktion styrs av hypofysen, hypotalamus, epifysen och äggstockens egna hormonproducerande celler. Gonadutveckling stimuleras av GnRH. Endast den vänstra äggstocken utvecklas till ett funktionellt organ. Den könsmogna äggstocken innehåller en hierarki av folliklar i olika utvecklingsstadier. Folliklarna tillväxer kraftigt under den mognadsprocess som sker när de utvecklas och upptar ägguleprotein. I äggstocken omges äggcellen av två cellager, thecaceller respektive granulosaaceller. Thecaceller producerar androstenedion, som granulosaacellerna konverterar till östrogen. Östrogen stimulerar inlagringen av ägguleprotein från levern. Granulosaacellerna producerar även progesteron, det hormon som initierar den kraftiga ökningen av LH som föregår ovuleringen.

Ljus påverkar både könsmognad och den fortsatta äggläggningen. Rätt ljus är viktigt under hela äggläggningsperioden. För att en ökad ljusstimulering ska ske vid en höjning av antalet ljusstimmar måste antalet timmar överstiga en undre kritisk gräns. Det finns även en övre mättnadsgräns där en ytterligare höjning av antalet ljusstimmar inte ger ytterligare stimulering. Höns har relativ ljusutmattningsvilket innebär att deras känslighet för ljusstimuli minskar över tid.

I litteraturstudien beskrivs hönans reproduktionsorgan, vilka hormoner som inverkar och hur ljusstimuli kan användas för att påverka könsmognad och äggproduktion. Min slutsats är att ljus har en stor inverkan på hönans äggläggning. Både antal ljusstimmar per dygn, förändringar i ljusmönster över tid, ljusintensitet och ljusets våglängd har visat sig påverka äggläggningen. Även om det bedrivits intensiv forskning under lång tid på olika aspekter av hur ljuset påverkar hönans äggläggning finns det ett behov av ytterligare forskning, exempelvis på hur lågenergibelysning bör vara utformad för att efterlikna dagsljuset på bästa möjliga sätt.

## SUMMARY

It is general knowledge that if poultry is kept in natural light the egg-laying rate will vary throughout the year. Egg production will be at its lowest point during the seasons with short days, when the stimulation of light is low. Artificial light can be used to manipulate this variation. The aim of this paper is to find out how light regulates sexual maturity and egg-laying in the hen.

Light is perceived through photoreceptor cells in retina, hypothalamus and the pineal gland. The photoreceptors transduce energy from photons to a biological signal. The stimulation of light induces production and release of gonadotropin releasing hormone (GnRH), which enhances the release of the gonadotropins, follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH). Light will also increase the inhibitory neuropeptides in hypothalamus that will decrease the release of GnRH. As long as light stimulation continues, the inhibitory neuropeptides will be overruled by the effect of stimulatory peptides, but once the stimulation of light disappears the impact of the inhibitory neuropeptides increases and reproduction ceases.

The reproduction system consists of the left ovary and the oviduct. Ovarian function in the hen is controlled by neuroendocrine information from pituitary gland, hypothalamus, pineal gland and from hormone producing cells in the ovarian tissue. GnRH stimulates the gonadal development. In the mature hen the ovary consists of a hierarchy of follicles in different states of development. During follicular maturation assembly of the yolk, development and the ability to produce hormones increases. In the ovarian tissue the egg cell is surrounded by theca and granulosa cells. Theca cells produce androstenedione, which is converted to oestrogen by granulosa cells. Oestrogen stimulates assembly of yolk proteins from the liver. Granulosa cells also produce progesterone. Progesterone stimulates the increased level of plasma LH which initiates the ovulation.

The duration of light exposure controls GnRH release, which affects both maturation and the egg-laying process. Appropriate light management is therefore important during the whole laying period. Two factors that are important to consider when designing a stimulatory photo schedule are critical and saturation day length. The critical day length must be reached to give a higher rate of gonadotropin secretion. The saturation limit occurs when maximum stimulation is reached and increasing day length over this limit does not further stimulate the endocrine system. Photorefractoriness is the process when transduction of photon energy into a physiological stimulus is reduced over time.

This literature study includes a description of the avian reproduction system, the hormones that have an effect on egg-laying and sexual maturity and how light management can be used to increase the egg production. The conclusion of this paper is that appropriate light has a strong effect on the hen reproduction system. Both the number of light hours per day, light intensity and wavelength affects the egg-laying process. More research on light and its effects is still needed for example on how new low energy light systems should be designed to imitate natural daylight.



## INLEDNING

I Sverige finns idag cirka sju miljoner värphöns vilka producerar ungefär 129 000 ton ägg per år. Föräldradjuret till de värphönskycklingar som föds upp i Sverige importerar från internationella företag med huvudkontor i exempelvis USA och Tyskland. Sveriges äggproduktion baseras alltså på import av specialiserade hybrider (SVA, 2014). För äggproducenten är det viktigt att hönan börjar värpa vid rätt tidpunkt, har en hög ägglägningsfrekvens och fortsätter producera ägg under en lång tid. Värphönans produktionscykel, det vill säga den period hon lägger ägg, varar i ungefär ett år (52-56 veckor). En produktiv värphöna kan lägga över 300 ägg per år (FAO, 2003). Detta enorma antal ägg kan jämföras med de 8-12 ägg per år som värphönans anfader, den röda djungelhönan, producerar i vilt tillstånd (Jordbruksverket, 2005).

Alla domesticerade höns härstammar från den röda djungelhönan, *Gallus gallus*. Domesticeringen ägde rum för minst 8000 år sedan men den ursprungliga rasen existerar fortfarande både i vilt tillstånd i sydöstra Asien och på djurparker (Jensen, 2006). Hönan är en intermittent äggläggare vilket innebär att äggläggning fortsätter tills ett tillräckligt antal ägg för fågeln att ruva ligger i redet. När hönan börjar att ruva äggen upphör äggproduktionen och reproduktionsorganet genomgår en regression. Om ägg plockas bort från redet kontinuerligt fortsätter hönan att lägga ägg. Den intermittenta äggläggningen gjorde det enkelt att välja ut de hönor som hade förmåga att lägga ägg under längre och längre perioder. På så vis kunde ett intensivt avelsarbete leda till specialiserade hybrider av höns för äggproduktion.

Man har länge känt till att om höns lever i naturlig belysning kommer äggläggningen att variera med årstiderna. Lägst antal ägg läggs under senhöst och tidig vinter då den naturliga ljusstimuleringen är som lägst (Sharp, 1993). Ljus har alltså en eller kanske t.o.m. flera viktiga funktioner i hönans reproduktion.

Syftet med detta arbete är att ta reda på ljusets inverkan på hönans äggläggning, samt vilken roll ljuset spelar för könsmognad och äggläggning.

## MATERIAL OCH METODER

Litteraturstudien är till stor del baserad på vetenskapliga artiklar. Sökning efter artiklar har huvudsakligen skett i Libro, PubMed och Web of Knowledge. Relevanta reviewartiklar och böcker gav en översikt över ämnet och deras referenslistor samt råd från handledaren gav ytterligare relevanta artiklar.

Den initiala sökfrasen som användes var ("eggproduction OR egg laying OR reproduction) AND (poultry OR hen OR chicken) AND (light\* OR endocrine\*).

## LITTERATURÖVERSIKT

### Hönans reproduktionsorgan

#### Äggstock

Hönans reproduktionsorgan består av äggstock och äggledare. Den utvecklade vänstra äggstocken är ett komplext organ, både en gonad och en endokrin körtel. I bindväven finns blodkärl, nerver och steroidproducerande celler. Äggstocken innehåller en hierarki av folliklar i olika utvecklingsstadier som är synliga för blotta ögat. Under mognadsprocessen upptar folliklarna mer och mer äggulematerial (Etches *et al.*, 1983). Hos de könsmogna hönorna utvecklas folliklarna en efter en och tillväxer kraftigt under mognadsprocessen. Den största follikeln i äggstocken kallas F1 follikeln, den näst största F2 osv (Hudelson & Hudelson, 1996).

Äggstockens funktion styrs av hormoner och neurokin information som sänds mellan hypotalamus, hypofysen och äggstocken. Utsöndringen av hormon från äggstocken verkar också direkt på äggstockens egna celler och vävnader (Hudelson & Hudelson, 1996). Äggcellen omges av två cellager, granulosa-celler och theca-celler. Theca-celler är endokrina celler associerade med äggstocken och dess folliklar. Luteiniserande hormon (LH) stimulerar theca-cellerna i de små omogna folliklarna till tillväxt och produktion av androstenedion (Robinson & Etches, 1986). Androstenedion är en prekursor som konverteras av granulosa-celler till östrogen. Granulosa-cellerna producerar under sin utveckling progesteron (Young & McNeilly, 2010).

Depositionen av äggula i den omogna follikeln sker till största delen under de tio sista dagarna innan ovulering. Interaktioner mellan olika vävnader krävs för att koordinera samlingen av äggula och förbereda den största follikeln för ovulation. Östrogen stimulerar ansamlingen av äggula. Ägguleprotein bildas i levern och förs med blodomloppet till äggstocken där inlagring till ägget sker med hjälp av lipoproteinreceptorer (Etches *et al.*, 1983).

Ovulation sker när en mogen follikel rupturerar och ovum (ägget) frisläpps från äggstocken. Ovulationen styrs av hormoner från hypotalamus, hypofysen och gonaderna. Till skillnad från hos däggdjur är det hos hönan progesteron och inte östrogen som stimulerar den pre-ovulatoriska ökningen av LH (Etches & Croze, 1983). Denna ökning av LH uppträder ungefär 6 h innan follikeln rupturerar (Sjaastad *et al.*, 2010).

Gonadotropinfrisättande hormon (GnRH) ökar utsöndringen av både LH och follikelstimulerande hormon (FSH). Frisättning av GnRH stimuleras av ljus. Om hönan lever i naturlig belysning kommer äggproduktionen att variera med årstiderna. Under senhöst och tidig vinter är den naturliga ljusstimuleringen inte tillräcklig, vilket innebär en lägre eller helt upphörd äggläggning (Sharp, 1993).

Huvudkällan till progesteronsyntes och sekretion av hormonet är den största preovulatoriska follikeln (F1). Follikelruptur sker när progesteronnivån är hög men den initierande LH-toppen passerat och koncentrationen av LH är låg. Progesteron stimulerar en enzymatisk förändring som försvagar follikelväggen inför rupturen (Shimada *et al.*, 1984). LH utsöndras från adeno-

hypofysen och stimulerar produktionen av androgener och östrogen. Östrogen påverkar bland annat produktionen av äggvita och tillväxten av äggstocken (Robinson & Etches, 1986). Utsöndringen av FSH ökar preovulatoriskt och stimulerar utmognaden av de omogna folliklarna (Woods & Johnson, 2005).

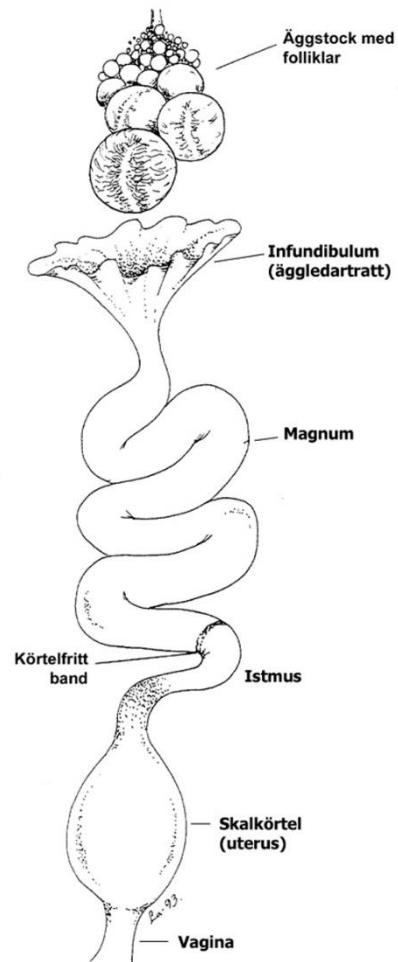
### Äggledare

Den största follikeln (F1) i äggstocken omges av äggledarens första del infundibulum. Äggledaren sträcker sig från äggstocken genom kroppshålan till kloaken. Äggledaren består av fem delar med olika funktioner: infundibulum, magnum, isthmus, uterus (skalkörtel) och vagina (Figur 1.). Ägget utvecklas i en serie processer på sin väg genom äggledaren (Rose, 1997). Mellan ovulering av äggcellen och äggläggning tar det vanligen cirka 24-25 timmar (Sjaastad *et al.*, 2010).

När en mogen follikel rupturerat och ägget frisläppts från äggstocken upptas det i infundibulum (Etches *et al.*, 1983). Det är i infundibulum som eventuell befruktning kan ske om honan betäcks eller seminerats (Sjaastad *et al.*, 2010). I magnum secernerar en kompakt äggvita i lager runt äggulan, nästan alla äggviteproteiner tillförs ägget här. Magnum är den längsta delen av äggledaren. Östrogen och progesteron stimulerar sekretionen i magnum. I isthmus produceras det inre och det yttre skalmembranet av keratinfilament (Roberts, 2004).

Ägget spenderar ca 20 timmar i skalkörteln där det först sker en addering av vätska till den kompakta äggvita som bildats i magnum. I processen som på engelska kallas för "plumping" späds äggvitan ut och ägget antar sin typiska form (Rose, 1997). Efter det secernerar epitel och körtelceller i skalkörteln kalciumkarbonat runt ägget (Hudelson & Hudelson, 1996). I slutet av äggskalsbildningen fälls eventuellt färgpigment in i skalet och kutikulan bildas. Kutikulan är en vaxartad hinna som skyddar mot uttorkning och även delvis hindrar bakterier från att tränga in genom äggskallets porer (Roberts, 2004). Förändringar i pH spelar en stor roll vid skalbildning och äggläggning (Kupittayanant & Kupittayanant, 2010). Svaga muskelkontraktioner sker kontinuerligt för att rotera ägget i körteln. En signifikant ökning av Prostaglandin-F2-alfa och Prostaglandin-F2-metaboliter i perifer plasma har observerats när skalkörtelns kontraktioner når sitt maximum, vilket sker en timme innan äggläggning (Shimada *et al.*, 1984).

Kontraktioner i skalkörtelns glatta muskulatur leder till utstötning av ägget (Kupittayanant *et al.*, 2009). På gränsen mellan skalkörtel och vagina sitter den uterovaginala övergången



Figur 1. Illustration från höna över äggstock och äggledare och äggstockens fem ingående delar. Illustration: Lena Holm.

(UVJ). I UVJ finns en samling körtlar som kan lagra befruktningsdugliga spermier. Vaginan har ingen del i formationen av äggets beståndsdelar utan fungerar som en kortvarig lagringsplats för det färdiga ägget. Äggladaren mynnar i kloaken (Sjaastad *et al.*, 2010).

### **Reproduktionsorganens utveckling**

En skillnad mot däggdjurs organutveckling är att hönans högra gonad inte utvecklas. Den vänstra gonaden börjar utvecklas redan i det växande embryot och fram till könsmognad då den blir en funktionell äggstock. När kycklingen kläcks kvarstår den högra gonaden som en rudimentär rest (Greenwood & Blyth, 1938). Hos tuppen utvecklas gonaderna bilateralt. Om äggstocken hos honfågeln blir förstörd, vanligtvis vid sjukdom, kan den högra gonaden stimuleras till utveckling (Rose, 1997). Denna kan då bilda en så kallad ovotestis som producerar testosteron och ger hönan en tuppliknande karaktär med förändrad fjäderdräkt och beteende. En onormal gonadutveckling har exempelvis studerats hos hönor framkläckta ur östrogeninjicerade ägg, där endast en av sex hönor producerade normala ägg (Greenwood & Blyth, 1938).

Hos äggläggande hönor utgör äggstock och äggladare ca 10 % av kroppsvikten. Reproduktionsorganen upptar en stor del av bukhålan. Regression av reproduktionsorgan sker då hönan slutar lägga ägg exempelvis vid ruggning eller ruvning. Ruggning kan induceras med hjälp av minskad ljusstimuli och kraftigt minskad fodergiva eller utfodring med en medvetet näringsmässigt felaktigt sammansatt foder (Berry, 2003). Endast en rudimentär rest kvarstår när regressionen skett. Inför nästa värperiod sker en nybildning av reproduktionsorganen. Detta innebär att en förnyring av reproduktionsorganets vävnad sker mellan varje äggläggningsperiod (Oguike *et al.*, 2005).

### **Könsmognad**

Tiden för könsmognaden varierar hos olika raser och hybrider beroende på fysiologiska parametrar som kroppsvikt och kroppskomposition. Fågeln's ålder vid första äggläggningstillfället kan också påverkas av när och hur mycket man förändrar antalet ljusa timmar per dygn. När fåglar kläcks är de fysiologiskt okänsliga för påverkan av ljus. Att en sådan period existerar innebär att hönan behöver ha uppnått en viss ålder för att vara mottaglig för ljusstimulering (Lewis *et al.*, 1997). När denna tidpunkt inträffar kan bero på vilken kroppsvikt som hönan hunnit uppnå och vilken kroppsbyggnad som fågeln har. Hos våra äggläggande hybrider inträffar denna punkt troligen vid 13-14 veckors ålder (Lewis & Perry, 1994).

En ökning av dagslängden som genomförs under senare delen av uppfödningperioden sänker könsmognadsåldern (Sharp, 1993; Lewis *et al.*, 1997). Störst effekt och därigenom lägsta könsmognadsåldern inträffade vid förlängning av antal ljusstimmar från 8 till 13 timmar vid 9 veckors ålder. Könsmognadsåldern varierade mellan olika hybrider. White Leghornhybriderna i försöket lade vid det schemat sitt första ägg vid cirka 17 veckors ålder, vilket var i genomsnitt 22 dagar tidigare än kontrollerna (Lewis *et al.*, 1997).

Storleken på ägget varierar med hönans ålder och ökar generellt med stigande ålder under äggläggningsperioden. I början av äggläggningsperioden är äggen mycket små och därefter följer en period med ökat antal dubbla gulor. Dessa perioder i början av äggläggningskurvan förkortas om hönan börjar värpa senare. I kommersiella besättningar fördröjs därför köns-

mognaden med hjälp av icke-stimulatoriska ljusprogram (Etches, 1996). De hönor som används i produktionen styrs med ljusprogram så att de börjar lägga ägg i sin tjugonde eller tjugoförsta levnadsvecka.

### **Ägglägningscykeln**

En ovulationscykel kan definieras som hur lång tid som passerar mellan två ovulationer. Ovulationen styrs som tidigare nämnts av en preovulatorisk frisläppning av LH. Om frisläppningen ska leda till ovulation måste den ske under något som allmänt kallats den öppna perioden. Den öppna perioden inträffar en gång per ljus/mörkercykel, följer dygnsrytmen (Etches, 1996). Då den ovulatoriska cykeln vanligen tar mer än 24 timmar inträffar ovulationen och därmed äggläggningen senare och senare under ägglägningssekvensen (Etches & Schoch, 1984). När LH-frisläppningen sker under någon annan av dygnets timmar sker ingen ovulering vilket leder till ett uppehåll på ett dygn innan nästa ovulation sker i början av nästa ljusa period (Ippala Janardhan Reddy, 2012).

### **Ljusets påverkan på ägglägningsprocessen**

Ljus registreras genom fotoreceptorer som omvandlar energi i fotoner till en biologisk signal. Mekanismen är att fotoreceptoriska celler kan absorbera fotoner (ur den elektromagnetiska strålningen). Vid upptag av fotoner startar en signalkaskad som via aktivering av fosfolipas depolariserar fotoreceptorcellens membran (Baxter *et al.*, 2014). I fågelns retina omvandlar fotoreceptorceller (stavar och tappar) energin från ljusfotoner till elektriska signaler som leds via den optiska nerven till hjärnan. Fåglar kan registrera ljus inte bara via ögonen utan även via receptorceller i hjärnan (Bischoff, 1969). Förekomst av fotoreceptoriska celler i hypotalamus har indirekt undersökts i många studier, exempelvis genom studier på blinda fåglar eller genom elektrisk stimulering av hypotalamus (Etches, 1996). Hönans epifys innehåller ependymala, sekretoriska och fotoreceptoriska celler. De receptoriska cellerna är tätt omgärdade av axoner och nervändar samt har en annan mikroskopisk uppbyggnad än de övriga cellerna (Bischoff, 1969). Fotoreceptorcellerna kan stimuleras av både naturligt och artificiellt ljus (Sharp, 1993).

I kommersiell äggproduktion används ljusprogram för att styra antalet ljusa/mörka timmar per dygn för att reglera hönornas äggproduktion (Sharp, 1993). Domesticerade konventionella hönor hålls ofta på åtta timmars ljus per dag under uppfödning. Antalet ljusa timmar ökas sedan när fåglarna börjar närma sig ägglägningsperioden upp till cirka 16 timmars ljusperiod för att maximera äggproduktionen (FAO, 2003). Vanligtvis har äggläggande hönor 8-9 timmar mörker och 15-16 timmars ljus per dygn under ägglägningsperioden (Sjaastad *et al.*, 2010).

Ljusstimuli krävs inte för att initiera ovarieaktivitet men könsmognaden fördröjs om honan inte får ljusstimulering. Om broilerhönor inte stimuleras med ljusprogram spelar kroppsvikt och utfodring en stor roll för när honan blir köns mogen (Ciacciariello *et al.*, 2005). Varken hos broilerhönor eller äggläggande hybrider påverkas den ljusinducerade LH responsen av en restriktiv utfodring (Dunn & Sharp, 1990).

Den fotoperiodiska responsen karakteriseras av en hastig ökning av LH i plasma som svar på en ökning av ljusperioden från en kort, icke stimulerande dagslängd till stimulerande längre dagar. Både hypotalamus och epifysen har en hög förmåga att snabbt svara på en ökning av ljusperioden (Petitte & Etches, 1988). Vilken ljusintensitet som hönan utsätts för spelar roll för hur stor ljusstimuleringen blir. Hönor stimuleras i lägre grad vid låga ljusintensiteter. Belysningsstyrka kan mätas i Lux, ett mått på hur mycket ljus som träffar en yta. Full stimulering av reproduktionssystemet uppnås från och med intensiteter på två lux (Lewis *et al.*, 1999). Även ljusets våglängd har betydelse. Rött ljus stimulerar gonaderna mer än ljus med kortare våglängder. Ljus inom det röda spektrumet (650nm) har visat sig ge en förhöjning av plasmakoncentrationerna av LH och ökad äggproduktion (Ippala Janardhan Reddy, 2012). Stimulering med grönt ljus ger tvärtom en senare könsmodningsålder och lägre äggproduktion (Baxter *et al.*, 2014).

Den svenska djurskyddslagen kräver att alla fjäderfästallar ska ha insläpp för dagsljus, med undantag för stallar som börjat användas före den 1 januari 1994. Olämplig belysning eller felaktiga ljusinsläpp kan öka risken för beteendeproblem hos hönsen. Om djurhälsoproblem uppstår på grund av dagsljusinsläpp får ersättningsbelysning som liknar dagsljuset användas. Detta ljus bör inkludera UV strålning (SJV, 2014). Glödlampor med glödtråd har varit den vanligaste ljuskällan i svenska hönsbushus. Dessa glödlampor är den ljuskälla som mest efterliknar solljus i och med sin temperaturstrålning och sitt ljusspektrum. För att minska energiförbrukningen sker nu en övergång till alternativa ljuskällor, som lysrör och LED. I en undersökning där LED-lampor med olika ljusspektrum ersatte vanliga glödlampor sågs ingen negativ påverkan på äggproduktionen då vita eller röda LED-lampor användes. Det påpekas dock i artikeln att fler undersökningar inom LED-belysning för fjäderfä krävs (Borille *et al.*, 2013).

### **Ljusutmattning**

Förlängning av de ljusa perioderna används för att stimulera äggläggandet. En längre dagslängd leder till en ökad LH halt i blodet. När denna halt når över den kritiska koncentrationen stimuleras äggläggningen. Hos värphönshybrider har undersökningar visat att den kritiska dagslängden inträffar vid cirka tio timmar ljus per dygn. Det finns dock en mättnadnivå när hönan inte blir ytterligare stimulerad. Mättnadnivån inträffar vid mellan 12 till 15 timmar ljus per dygn (Dunn & Sharp, 1990).

Processen när ökad ljusstimulering inte längre leder till ett ökat fysiologiskt svar kallas på engelska för photorefractoriness. Jag har valt att benämna denna oförmåga att svara på vidare ljusstimulering som ljusutmattning. Hönor har en relativ ljusutmattning vilket innebär att när fågeln börjar lägga ägg och utsätts för förlängd exponering kommer mättnadsgränsen förskjutas uppåt. Detta sker genom att längre dagar leder till frisättning av både stimulatoriska och inhibitoriska neuropeptider som verkar på GnRH-1 neuroner. När fågeln utsätts för kortare dagar igen upphör frisläppningen av de stimulerande neuropeptider som stimulerar GnRH-frisläppning medan frisläppningen av inhibitoriska neuropeptider fortsätter. Därigenom minskar GnRH-frisläppningen och reproduktionsförmågan avtar. Även om dagslängden inte minskar kommer hönans känslighet för ljusstimulering att minska över tid, vilket på sikt ger en minskad GnRH frisläppning (Sharp, 1993).

Vid en minskad dagslängd sjunker LH-nivån och äggläggningen minskar (Sharp, 1993). Detta kommer att ske naturligt i och med årstidsväxlingarna om fåglarna hålls i naturligt ljus. Även i flockar som hålls i byggnader med kontrollerade ljusprogram där dagslängden aldrig minskar kommer äggläggningen i och med ljusutmattning att minska över tid och slutligen avta helt (Sharp, 1993). Jag tror att processen där omvandlingen av ljusets fotonenergi till nervsignaler minskas efter en period av långa dagar skyddar hönan från att lägga ägg för sent på året. De kycklingar som föds då inte hinner växa upp innan födotillgången minskar. En långsam ökning av dagslängden upprätthåller en plasmanivå av LH under lång tid, vilket ger fler ägg per äggläggningsperiod än om ökningen skett hastigt. Att öka antalet ljustimmar över mättnadsnivån accelererar utvecklingen av ljusutmattning (Sharp, 1993). Ljusstimulering spelar en viktig roll för att uppehålla äggproduktionen även i sena delar av äggläggningsperioden (Ippala Janardhan Reddy, 2012).

## DISKUSSION

Den här litteraturstudien har fokuserat på hönans äggläggning. Det har gjorts en mängd studier på olika faktorer som påverkar äggläggning och könsmognad hos höns. Dagens äggläggande hybridhönor härstammar från den röda djungelhönan som lägger 8-12 ägg per år (Jordbruksverket, 2005). Att hybridhönan under sin värpperiod som pågår under cirka ett år har förmågan att lägga över 300 ägg, är resultatet av en mycket målmedveten avel för hög äggproduktion och användning av ljusprogram för att styra äggläggningen. Omfattande forskning har lett fram till förståelse för ljusets effekt på reproduktionen och de hormoner som styr reproduktionen .

Fåglar påverkas av ljus genom att de kan registrera ljus via fotoreceptorer i retina, hypotalamus och epifysen. I retina sker registreringen genom att fotoreceptorer (stavar och tappar) omvandlar ljuset till elektriska signaler som leds via den optiska nerven till hjärnan. Även i epifysen omvandlas ljusenergi till nervsignaler. Att fotoreceptoriska celler finns även i andra organ innebär att receptorerna i retina inte är nödvändiga för att ljus ska kunna stimulera reproduktionen (Bischoff, 1969). Receptorcellerna omvandlar energin till en neurokrin signal som påverkar det endokrina systemet att öka utsöndringen av GnRH (Sharp, 1993). GnRH styr reproduktionen genom att det ökar utsöndring av LH och FSH. Dessa hormoner stimulerar i sin tur gonadutveckling och syntes av östrogen och progesteron. Östrogen stimulerar exempelvis utveckling av äggstockensfolliklar och leverns produktion av äggulematerial. Minskar stimuleringen sjunker plasmanivåerna av GnRH och de hormon som stimulerats vilket leder till lägre äggproduktion (Dunn & Sharp, 1990). Eftersom fotoreceptorcellerna kan stimuleras både av naturligt och artificiellt ljus kan säsongsvariationer i äggläggningen undvikas genom hönhållning i byggnader med reglerbara ljusinsläpp och ljusprogram.

Hönans könsmognad kan påverkas med hjälp av ljusstimuli. Även hönor som inte exponerats för ljusstimuli kommer dock att uppnå könsmognad men den blir fördröjd (Dunn & Sharp, 1990). För att hönorna ska vara mottagliga för ljusstimulering behöver de ha uppnått cirka 13 veckors ålder, åldern varierar mellan olika hybrider beroende på generell kroppsvikt och kroppsbyggnad (Lewis *et al.*, 1997). I kommersiell produktion sker ljusstimuleringen av hönorna senare, genomsnittlig första äggläggning sker vid 20 till 21 veckors ålder. Vid första

anblicken verkar det märkligt att hönsen inte stimuleras till att börja lägga ägg så tidigt som möjligt men äggkvalitén varierar också med hönans ålder. I början av hönans äggläggningsperiod är äggen små och under en period är det vanligt att de innehåller dubbla äggulor, vilket ger problem i den mekaniska hanteringen eftersom de varierar kraftigt i storlek. En senare ljusstimulering och därmed senare könsmognad leder till en kortare period av svårhanterliga ägg och därmed en högre vinst totalt sett.

Ljusintensitet spelar också roll vid könsmognaden. Om hönorna utsätts för låga ljusintensiteter blir effekten av stimuleringen lägre. Gränsen för när full stimulering uppnås är dock enligt undersökningar relativt låg. Full stimulering sågs vid intensiteten två lux (Lewis *et al.*, 1999) vilket kan jämföras med att en ljusintensitet på en lux uppnås på en meters avstånd från en stearinljuslåga i ett mörkt rum.

Ett aktuellt forskningsområde är hur lågenergibelysning, exempelvis LED, inverkar på hönans äggläggning. Tidigare användes glödlampor med glödtråd vilka efterliknade dagsljuset på ett bra sätt. Försök har visat att ljusets våglängd spelar roll och det är därför viktigt att även lågenergilamporna ger stimulerande vågländer. Vitt och rött ljus har visat sig ha en stimulerande effekt medan grönt ljus inte ökar äggproduktionen (Baxter *et al.*, 2014). Vetskap om att både antal ljusa timmar, ljusintensitet och ljusets våglängd spelar roll ökar möjligheten att styra hönsens äggproduktion.

Att den ovulatoriska cykeln vanligen tar längre tid än ett dygn förskjuter den preovulatoriska frisläppningen av LH tills den sker utanför den öppna perioden. Då sker ingen ovulation och det uppstår ett dygns uppehåll innan nästa period (Etches & Schoch, 1984). En kort ovulationscykel ger längre äggläggningssekvenser vilket är värdefullt för att få en så hög äggproduktion som möjligt. Längst tid under äggbildningen tillbringar ägget i skalkörteln, processerna där tar cirka 20 timmar (Rose, 1997). Skalbildningen borde därmed vara det tidsbegränsande steget i äggbildningen. Om ovulationscykeln skedde med ett intervall som är kortare än tiden det tar för äggledaren att producera hela ägget skulle hönan kanske lägga ofärdiga ägg med svaga skal eller få förstoppning i äggledaren. En kraftigt förkortad ovulatorisk cykel leder isåfall inte till fler användbara ägg.

Ljuspåverkan sker även senare under äggläggningscykeln. Domesticerade hönor har en relativ ljusutmattning vilket innebär att när hönan har utsatts för en längre stimulerande dagslängd kommer mättnadsgränsen att förskjutas uppåt (Dunn & Sharp, 1990). En höna som från början stimulerades maximalt av en ljusperiod på 14 timmar per dygn kommer efter att ha utsatts för en cykel med 16 ljusa timmar/dag få en sänkt produktion om ljusperioden återgår till 14 timmar igen. Detta även om hönan från början skulle blivit maximalt stimulerad av 14 timmars ljus. Denna oförmåga att svara på vidare stimulering beror på att längre dagar påverkar både inhibitoriska och stimulatoriska GnRH-1neuroner. När dagslängden förkortas upphör endast den stimulatoriska påverkan på GnRH-1neuroner. Den inhibitoriska effekten kvarstår och minskar reproduktionsförmågan (Sharp, 1993). För att få en så långsam relativ ljusutmattning som möjligt bör dagslängden ökas långsamt. Ljusutmattningen går fortare när antalet ljusstimmar ökas över mättnadsnivån (Sharp, 1993)



Hönan lägger ägg i sekvenser tills hon ruvar eller genomgår ruggning. Vid ruggningen sker regression och nybildning av reproduktionsorganet. Efter att nybildning skett kan ljusstimulering ske igen (Oguike *et al.*, 2005). Denna process utnyttjas dock inte i kommersiell äggproduktion idag eftersom varje höna bara lever under en ägglägningsperiod och sedan slaktas. För att inducera ruggning krävs både minskning av antalet ljustimmar och av fodergivan (Berry, 2003). Jag tror att det i praktiken i svenska kommersiella besättningar är ogenomförbart att rugga hybriderna. Inte för att det skulle vara fysiologiskt omöjligt utan för att den svältperiod som krävs för att en hel flock ska genomgå ruggning samtidigt är oförenlig med vår djurskyddslag. Att förlänga hönans enda värppperiod vore ett annat sätt att öka äggproduktionen från varje höna.

Min slutsats är att ljus har en stor inverkan på hönans äggläggning. Ljus styr frisättningen av GnRH och därmed både könsmognad och den fortsatta äggläggningen. Både antal ljustimmar per dygn, förändringar i ljusmönster över tid, ljusintensitet och ljusets våglängd har visat sig påverka äggläggningen. Även om det bedrivits intensiv forskning under lång tid på olika aspekter av hur ljuset påverkar hönans äggläggning finns det ett behov av ytterligare forskning, exempelvis på hur lågenergibelysning bör vara utformad för att efterlikna dagsljuset på bästa möjliga sätt.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Baxter, M., Joseph, N., Osborine, V. R. & Bédécarrats, G. Y. (2014). Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poultry Science*, 93(5), pp 1289- 1297.
- Berry, W. D. (2003). The physiology of induced molting. *Poultry Science*, 82(6), pp 971-980.
- Bischoff, M. B. (1969). Photoreceptor and secretory structures in the avian pineal organ. *Journal of ultrastructure Research*, 28(1-2), pp 16-26.
- Borille, R., Garcia, R. G., Royer, A., Santana, M., Colet, S., Naas, I., Caldara, F., Paz, I., Rosa, E. & Castilho, V. (2013). The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. *Brazilian Journal Of Poultry Science*, 15(2), pp 135-140.
- Ciacciariello, M., Gous, R. M. & Gous, R. M. (2005). A comparison of the effects of feeding treatments and lightning on age at first egg and subsequent laying performance and carcass composition of broiler breeder hens. *British Poultry Science*, 46(2), pp 246-254.
- Dunn, I. C. & Sharp, P. J. (1990). Photoperiodic requirements for LH release in juvenile broiler and egg-laying strains of domestic chickens fed ad libitum or restricted diets. *Journal of Reroduction and Fertility*, 90(1), pp 329-335.
- Etches, R. J. (1996). *Reproduction In Poultry*. Cambridge: CAB International. pp 100-103, 107, 144,
- Etches, R. J. & Croze, F. (1983). Plasma concentrations of LH, progesterone, and corticosterone during ACTH- and corticosterone-induced ovulation in the hen (*Gallus domesticus*). *General and Comparative Endocrinologi*, 50(3), pp 359-365.
- Etches, R. J., Mac Gregor, H. E., Mottis, T. F. & Williams, J. B. (1983). Follicular growth and maturation in the domestic hen (*Gallus domesticus*). *Journal of Reproduction and Fertility*, 67(2), pp 351-358.
- Etches, R. J. & Schoch, J. P. (1984). A mathematical representation of the Ovulatory cycle of the domestic hen. *British Poultry Science*, 25(1), pp 65-76.
- FAO (2003). FAO Egg Marketing- A Guide for the Production and Sale of Eggs. FAO Corporate Document Repository. Available from: <http://www.fao.org/docrep/005/y4628e/y4628e00.htm>. [Accessed 2015-02-24]
- Greenwood, A. W. & Blyth, J. S. S. (1938). Experimental Modification of the Accessory Sexual Apparatus in the Hen. *Quarterly Journal of Experimental Physiology and Cognate Medical Sciences*, 28(1), pp 61-69.
- Hudelson, K. S. & Hudelson, P. (1996). A Brief Rewiev Cycle of the Female Avian Reproductive cycle with Specia Emphasis on the Role of Prostaglandins and Clinical Applications. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 10(2), pp 67-74.
- Ippala Janardhan Reddy, C. G. D. (2012). GnRH-1 mRNA, LH surges, steroid hormones, egg production, and intersequence pause days alter in birds exposed to longer wavelength of light in the later stages of production in *Gallus gallus domesticus*. *Tropical and animal health and production*, 44(6), pp 1311-7.
- Jensen, P. (2006). Domestication- From behavior to genes and back again. *Applied Animal Behavior Science*, 97(1), pp 3-15.

- Jordbruksverket (2014) *Stallmiljö för fjäderfän*. Available from: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/olikaslagsdjur/fjaderfan/stallmiljo.4.6beab0f111fb74e78a780001734.html>. [Accessed 2015-03-13].
- Jordbruksverket (2005). *Äggproduktion i ekologiskt lantbruk*[online]. Available from: [http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_jo/jo05\\_21.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo05_21.pdf) [Accessed 2015-02-12]
- Kupittayant, S & Kupittayanant, P. (2010). The roles of pH in regulation of uterine contraction in the laying hens. *Animal Reproduction Science*, 118(2), pp 317- 323.
- Kupittayant, S., Kupittayanant, P. & Suwannachat, C. (2009). Mechanism of uterine contractility in laying hens. *Animal Reproduction Science*, 115(1-4), pp 215-224.
- Lewis, P. D., Morris, T. R. & Perry, G. C. (1999). Light intensity and age at first egg in pullets. *Poultry Science*, 78(8), pp 1227-1231.
- Lewis, P. D. & Perry, G. C. (1994). Factors that influence sexual maturation in the laying hen. *The Veterinary Annual* 34. (34) pp 89-96
- Lewis, P. D., Perry, G. C. & Morris, T. R. (1997). Effect of size and timing of photoperiod increase on age at first egg and subsequent performance of two breeds of laying hen. *British Poultry Science*, 38(2), pp 142- 150.
- Oguike, M. A., Igboeli, G., Ibe, S. & Ironkwe, M. (2005). Physiological and endocrinological mechanisms associated with ovulatory and induced-moulting in the domestic chicken – a review. *World's Poultry Science Journal*. 61(4), pp 625-632.
- Petitte, J. N. & Etches, R. J. (1988). The effect of corticosterone on the photoperiodic response of immature hens. *General and Comparative Endocrinologi*, 69(3), pp 424- 430.
- Roberts, J. R. (2004). Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *The Journal of Poultry Science*, 41(3), pp 161-177.
- Robinson, F. E. & Etches, R. J. (1986). Ovarian steroidogenesis during follicular maturation in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Biology of Reproduction*. 35(5), pp 1096 – 1105.
- Rose, S. P. (1997). *Principles of Poultry Science. I: Female reproduction*. ed., Wallingford: CAB International. pp 42-45.
- Sharp, P. (1993). Photoperiodic control of reproduction in the domestic hen. *Poultry Science*, 72(5), pp 897- 905.
- Shimada, K., Olson, D. M. & Etches, R. J. (1984). Follicular in relation to uterine prostaglandin levels in relation to uterine contraction and the first ovulation of a sequence in the hen. *Biology of Reproduction*, 31(1), pp 76-82.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2<sup>nd</sup> edition. Oslo: Scandinavian Veterinary press, pp 731-733.
- SVA (2014-11-05) Tamhöns Available from: <http://www.sva.se/sv/Djurhalsa1/Fjaderfa/Artfakta-om-fjaderfa/Tamhons/>. [Accessed 2015-02-15].
- Woods, D. C. & Johnson, A. L. (2005). Regulation of follicle-stimulating hormone-receptor messenger RNA in hen granulosa cells relative to follicle selection. *Biology of Reproduction*, 72(3), pp 643-650.
- Young, J. M. & McNeilly, A. S. (2010). Theca: the forgotten cell of the ovarian follicle. *Reproduction*, 140(4), pp 489-504.