



Afdækning af dyrevelfærdsmæssige problemer ved bedøvelse og slagtning af slagtekyllinger

- Forskning siden 2004.

Indhold

Forord:	3
Introduktion:	3
1. Velfærd i forbindelse med ophængning	4
1.1. Ophængningsbøjlernes betydning for kyllingernes velfærd.	4
1.2. Slagtekæden og betydningen af eksterne stimuli.	5
1.3. Delkonklusion	5
2. Betydningen af elektriske parametre for dyrenes velfærd.....	6
2.1. Kort gennemgang af princippet i vandbadsbedøvelse.....	6
2.2. Bedøvelse vs. immobilisering	7
2.3. Betydning af elektriske parametre for dyrenes velfærd og bedøvelsens effektivitet.	8
2.3.1. Strømstyrken	8
2.3.2. Frekvens.....	9
2.3.3. Spænding	10
2.3.4. Princippet i "constant current stunning"	12
2.3.5. Pulserende jævnstrøm og vekselstrøm	13
2.4. Delkonklusion	15
3. Indikatorer på bedøvelsens effektivitet.....	16
3.1. Vingeblink	17
3.2. Cornearefleks.....	18
3.3. Åbne vs. lukkede øjne	18
3.4. Spontan blinken	19
3.5. Respiration / vejrtrækning	19
3.6. Tonus i halsmuskulatur	19
3.7. Kam-refleksen (comb pinch).....	19
3.8. Vokalisering som indikator på smerte og angst hos kyllinger.	20
3.9. Delkonklusion	22
Samlet konklusion og anbefalinger	23
Referencer	26

Forord:

Videncenter for Dyrevelfærd (ViD) har ønsket en gennemgang af den nyeste forskning indenfor velfærd i forbindelse med bedøvelse og aflivning af slagtekyllinger i strømførende vandbad, med hovedvægten på tiden efter EFSA rapporten 2004. Baggrunden er implementeringen af EU forordning nr. 1099/2009 af 24. september 2009 om beskyttelse af dyr på aflivningstidspunktet. EFSA arbejder p.t. på en videnskabelig udtalelse om krav til elektriske indstillinger ved vandbadsbedøvelse af fjerkræ, og det anbefales at støtte anbefalinger og lign. op ad denne udtalelse fra EFSA, hellere end denne begrænsede opgave, der primært fokuserer på forskning efter 2004 og derfor ikke kan betragtes som udtømmende.

Introduktion:

Dette review tager udgangspunkt i den forskning og forskningsformidling, der er foregået siden EFSA's rapport: "Welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals" (EFSA 2004). Der har siden været en del fokus på bedøvelse og slagtning af slagtekyllinger internationalt. Resultatet er rapporter og forskningsopgørelser, som vil blive opsummeret i dette review.

Fokus vil være på bedøvelse i elektrisk vandbad, og der vil dermed ikke blive inkluderet undersøgelser vedr. andre bedøvelsesformer, f.eks. gas-bedøvelse, "head-only" bedøvelse, eller "head-cloaca" bedøvelse, i dette review. Ligeledes vil dette review blive afgrænset til at omhandle 3 primære aspekter af bedøvelse og slagtning, selvom andre aspekter vil være relevant at gennemgå i fremtiden. De 3 primære aspekter, der vil blive gennemgået i dette review er:

- 1. Velfærd under ophængning**, hvor betydningen af håndtering, ophængningssystem og slagtekæden vil indgå.
- 2. Elektriske indstillinger ved vandbadsbedøvelse og velfærd**, som vil belyse betydningen af de forskellige elektriske indstillinger for bedøvelsens effektivitet og kyllingernes velfærd.
- 3. Indikatorer på bedøvelsens effektivitet**, hvor kliniske indikatorer for forskellige bedøvelsesniveauer ved vandbadsbedøvelse vil blive gennemgået.

1. Velfærd i forbindelse med ophængning

Ophængning og slagtning af fjerkræ har længe været et område med stor bekymring for dyrevelfærd. Slagtekyllinger finder ophængning i benene akut stressende (f.eks. Gregory and Bell 1987, Sparrey and Kettlewell 1994, Gentle and Tilston 2000, Debut et al. 2005), mens der ikke var signifikant forskel på at være ophængt 2 og 5 minutter (Bedanova et al. 2007). Stress før aflivning kan desuden øge nogle neurotransmittere, og kan dermed påvirke post-bedøvelses reflekser og bevidstløshed, iflg. Lambooj and Gerritzen (2007).

1.1. Ophængningsbøjlernes betydning for kyllingernes velfærd.

FAWC (2009) skriver, at forskning overbevisende har vist, at ophængning i ophængningsbøjler er meget smertefuldt. Smerte udløses ved kompression (op til 180 Newton) af benene i metal-ophængningsbøjlerne (Sparrey and Kettlewell 1994), og der er god sammenhæng mellem aktivering af nociceptorer i benene og adfærdsindikatorer på smerte (Gentle and Tilston 2000). Undersøgelser har vist at hanekyllinger kæmpede (struggled) signifikant mere og over dobbelt så længe som hønekyllinger ved ophængning (Satterlee et al. 2000). Da hanekyllinger ofte har markant tykkere ben end hønekyllinger, kan deres adfærdsrespons på ophængning tænkes at være forårsaget af smerte ved kompression af deres ben i de uflexible metal-bøjler ved ophængning. Parker et al (1997, citeret af EFSA 2004) fandt længere og voldsommere vingebasken ved tæt-siddende ophængningsbøjler, og Algers (2006a) fandt både vingebasken og vokalisering i forbindelse med ophæng af slagtekyllinger. Udfordringen i designet af ophængningsbøjlerne ligger bl.a. i, at 1) bøjlerne er lavet af metal på grund af den elektriske ledningsevne, og er derfor traditionelt uflexible, 2) der er stor variation i tykkelsen af benene hos slagtekyllinger af forskelligt køn og størrelse, selv indenfor det enkelte slagtehold 3) det er væsentligt for bedøvelsens effektivitet, at der er god kontakt mellem slagtebøjlerne og kyllingens ben, idet dette danner den elektriske forbindelse, der forårsager bedøvelsen.

I et mindre forsøg afprøvede Lines et al. (2011b) et mere dynamisk design af ophængningsbøjler (compliant shackles), der kunne variere i bredden, men stadig sidde tæt nok til at give elektrisk forbindelse ved bedøvelsen. Man undersøgte tykkelsen af benene hos et udsnit af slagtekyllingerne på et slagteri, og fandt at gennemsnitstykkelsen var 12,7 mm med en standardafvigelse på 0,55 mm. De faste ophængningsbøjler på det givne slagteri var 11,3 mm bredde (dvs. at kun 5 % af slagtekyllingerne kunne ophænges uden kompression af deres ben). Med de fleksible

ophængningsbøjler, kunne bredden af bøjlen variere mellem 10,5 mm og 14,3 mm via en fjeder (5 N/mm), så 99 % af slagtekyllingerne kunne ophænges uden kompression af deres ben. Konklusionen af den mindre afprøvning på slagteriet var optimistisk, målinger af strømstyrken viste god elektrisk ledningsevne (conduction pathway) af de fleksible bøjler, selvom forfatterne foreslår mindre ændringer, og systemet stadig skal afprøves på større skala.

1.2. Slagtekæden og betydningen af eksterne stimuli.

Gregory and Bell (1987), samt Debut et al. (2005) fandt at de fleste kyllinger holdt op med at baskede med vingerne indenfor 12 sekunder fra ophængning, men mange begyndte igen hvis udsat for sollys, pludselige bevægelser, pre-stun shocks (Gregory and Bell 1987). Både dæmpet belysning (5 lux vs 50 og 200 lux), og bryststøtter har vist sig at reducere vinge-basken (Jones RB and Satterlee DG 1997, Jones et al 1998a, 1998b, Gregory and Bell 1987, Lines et al 2011a). Dog understreger EFSA (2004) at mangel på vinge-basken ikke er ensbetydende med manglende smerte eller lidelse hos kyllingerne. Lines et al (2011a, 2011b) har udviklet et bryst-støtte-transportbånd, hvor kyllingerne undgår at hænge med hovedet nedad, men i stedet kan støtte brystet på transportbåndet, mens benene stadig er i ophængningsbøjler. Bryst-støtte-transportbåndet slutter således, at kyllingernes hoveder svinger fra transportbåndet og direkte ned i det strømførende vandbad (Lines et al. 2011a). Evaluering af bryst-støtte-transportbåndet viste en reduktion i antallet af kyllinger der kæmpede og baskede med vingerne ved ophængning, på en slagtelinje uden sving, samt ved indgang til vandbadet. Dog forårsagede et 90 grader sving på slagtelinjen uro og "struggling" blandt signifikant flere kyllinger med bryst-støtte-transportbånd i forhold til uden bryst-støtter.

1.3. Delkonklusion

Der er flere velfærdsproblemer forbundet med ophængning i slagtebøjlerne for slagtekyllingerne. Håndtering og ophængning i benene med hovedet nedad i slagtebøjlerne er akut stressende for kyllingerne. Bryst-støtter kan muligvis afhjælpe en del af kyllingernes stress ved at have hovedet nedad og gøre kyllingerne mere rolige på slagtekæden. Dog skal designet af bryst-støtten gennemtestes kommercielt for at bekræfte det optimale design og endelige effekt på kyllingernes velfærd.

Ophængning i benene i traditionelle, uflexible slagtebøjler kan forårsage kraftig kompression af knoglerne på op til 180N, hvilket medfører akut smerte hos kyllingerne. Et nyt system med fleksible, dog tætsiddende slagtebøjler der kan sættes på de nuværende kommercielle slagtekæder skal stadig testes på stor skala, men har dog vist lovende resultater i forsøg på et mindre slagteri. DEFRA (2007) anbefaler at

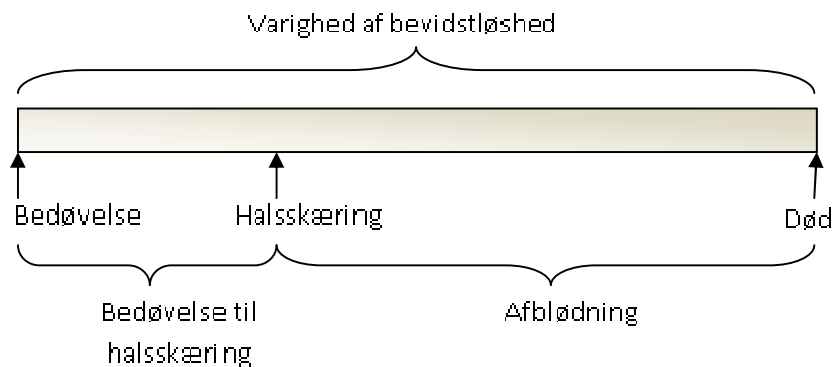
slagtekæde/ophængningssystem indeholder bryst-støtter og, at kyllingerne ideelt er ophængt i 12 sekunder for, at de når at falde til ro mellem ophængning og indgangen til det strømførende vandbad. Derudover bør slagtekæden være belyst af dæmpet, men konstant lys, dog bør der være tilstrækkeligt lys til at inspicere kyllingerne. Pludselige sving og alle unødige forstyrrelser i nærheden af slagtebåndet bør undgås, da det kan give uro blandt kyllingerne på slagtekæden, især ved brug af bryst-støtte-transportbånd. Det er derudover væsentligt at kyllingerne er rolige på slagtekæden for at undgå "pre-stun-shocks", som følge af vingebasken i nærheden af det strømførende vandbad (HSA 2006).

2. Betydningen af elektriske parametre for dyrenes velfærd.

2.1. Kort gennemgang af princippet i vandbadsbedøvelse.

Danske slagtekyllinger bedøves på slagteriet i et strømførende vandbad. Metoden involverer at der passerer strøm af en passende strømstyrke gennem et vandbad. Kyllingen hænges op i benene i en våd metal-bøjle med hovedet nedad, og slagtekæden kører således, at kyllingens hoved føres ned i det strømførende vandbad, hvorved strøm passerer gennem kyllingen, fra vandbadet til ophængningsbøjlerne. Strømmen afbryder den normale hjerneaktivitet, og kyllingerne bedøves derved. En mere uddybende forklaring på princippet i bedøvelsesmetoden er angivet i Raj (2006).

Bevidstløshedens varighed skal være længere end summen af tiden mellem bedøvelsen til døden indtræffer ved afblødning (Figur 1, Raj 2006). Raj (2006) foreslår minimum 40 sekunders bevidstløshed, mens Hindle et al (2010) kræver bevidstløshed og insensibilitet i minimum 60 sekunder for effektiv bedøvelse med strømførende vandbad, forudsat at halsen skæres indenfor 30 sekunder af bedøvelsen.



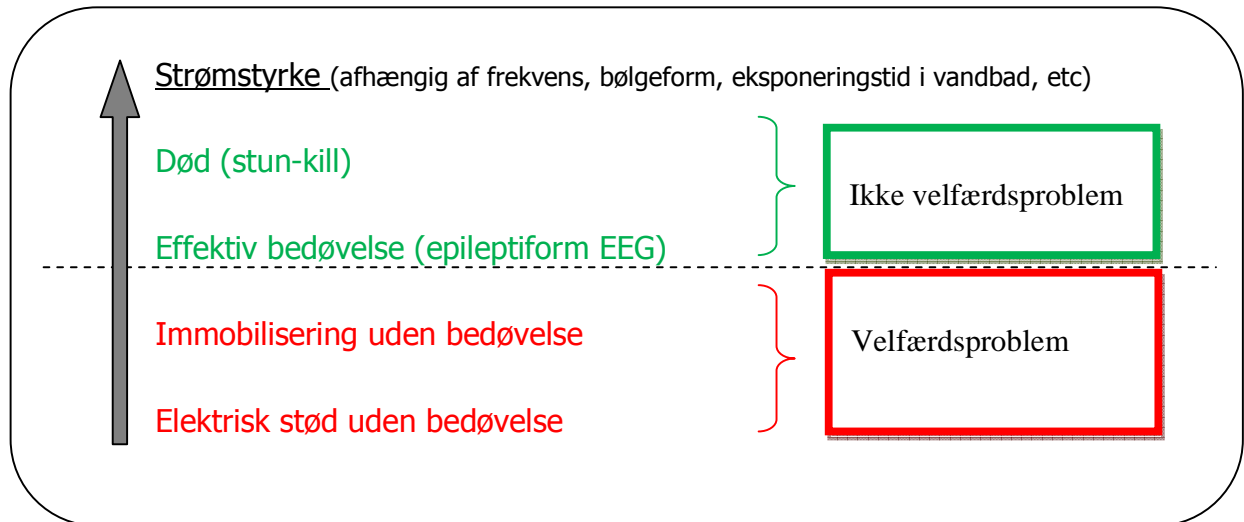
Figur 1. Bedøvelsen skal inducere bevidstløshed af længere varighed end summen af tiden mellem bedøvelsen og dødens indtræffen efter afblødningen (Modificeret fra Raj 2006).

Der er mange forskellige elektrotekniske parametre, der påvirker bedøvelsens effektivitet. Den tilgængelige litteratur har testet forskellige kombinationer af disse, og det er svært at sammenligne resultater fra de forskellige forsøg direkte, da de har anvendt forskellige strøm-typer, bølgeformer, frekvenser, strømstyrker, spændinger og varigheder i vandbadet, foruden forskellige målemetoder for bedøvelsens effektivitet. Raj et al (2006a,b,c) har testet en del elektrotekniske kombinationer, men her har varigheden kun været 1 sekund i vandbadet. Derimod har Prinz et al (2010a, b) testet en del af de samme kombinationer men har anvendt varigheder på ca. 10 sekunder i vandbadet, samt anvendt en anden metode for at måle EEG på kyllingerne end Raj et al (2006a,b,c). Hjerneaktivitet via EEG er først for nyligt blevet muligt på slagtekyllinger uden at skulle implantere elektroder i hjernen på enkelte kyllinger (Coenen et al. 2007). Derfor er der i mange studier forståeligt kun brugt få dyr, selvom usikkerheden af resultaterne øges derved. Desuden gør de praktiske forhold på slagteriet det umuligt at registrere EEG og adfærdsreaktioner samtidig.

2.2. Bedøvelse vs. immobilisering

Elektrisk bedøvelse af fjerkræ kan inducere immobilisering af kyllingen uden den nødvendigvis er bevidstløs, via depolarisering af de skeletale muskler (bl.a. Von Wenzlawowicz and von Holleben 2001). Det vil sige at kyllingen vil se ud som om den er bedøvet, men vil være ved fuld bevidsthed og i stand til at føle smerte (figur 2). Raj (2006) skriver at lange applikationer med strømstyrker under grænseværdien for effektiv bedøvelse kan forårsage immobilisering i stedet for bedøvelse og vil i alle tilfælde ikke inducere øjeblikkelig tab af bevidsthed. Prinz (2009) fandt immobilisering af slagtekyllinger med to-fase elektrisk bedøvelse i vandbad, hvor kyllingerne viste

fysiske reflekser svarende til effektiv bedøvelse, men hvor EEG målinger samtidig viste at kyllingerne stadig var ved bevidsthed. Algers (2006b) skriver at hvis strømstyrken i vandbadet er for lav til at inducere et epileptisk anfald vil kyllingen være ved bevidsthed, men ude af stand til at bevæge sig på grund af muskel depolarisering. Disse resultater illustrerer at det er væsentligt at anvende flere forskellige kriterier for at vurdere bedøvelsens effektivitet.



Figur 2. Oversigt over sammenhængen mellem strømstyrke og bedøvelsesniveau ifm. Bedøvelse af slagtekyllinger i strømførende vandbad. Strømstyrken skal over et vist niveau (indikeret med stiptet linje) for at forårsage effektiv bedøvelse og undgå velfærdsproblemer.

2.3. Betydning af elektriske parametre for dyrenes velfærd og bedøvelsens effektivitet.

2.3.1. Strømstyrken

Strømstyrken er essentiel for effektiviteten af elektro-bedøvelse af kyllinger i vandbad da det er strømstyrken der strømmer gennem hjernen, der resulterer i bevidstløshed (e.g. Raj 2006, Prinz 2010, Hindle et al. 2010). For at opnå en effektiv bedøvelse, kræves en vis strømstyrke, som illustreret i figur 3. Strømstyrken, der kræves for at opnå effektiv bedøvelse afhænger af flere parametre, og er bl.a. en funktion af den elektriske modstand i kroppen (Lamboojij and Gerritzen 2007), og varierer med frekvensen af strømmen (jo højere frekvens, jo højere strømstyrke kræves for at opnå bedøvelse) (Raj 2006). Derudover påvirker strømtyperen (jævnstrøm, vekselstrøm, pulserende jævnstrøm) (Raj et al. 2006a, b, c), vandets ledningsevne (bl.a. salinitet) og

fugtighed af ophængningsbøjlerne (Perez-Palacios and Wotton 2011) den nødvendige strømstyrke der kræves for at opnå en effektiv bedøvelse. At inkludere alle relevante parametre i bestemmelsen af den bedst egnede strømstyrke er en kompleks opgave, hvor der siden EFSA rapporten i 2004 har været og stadig er en del forskningsaktivitet.

Raj and O'Callaghan (2004a) fandt at 100 mA ved 50 Hz Sinus vekselstrøm var tilstrækkeligt til at bedøve kyllinger, mens bedøvelse ved 400 Hz vekselstrøm behøvede minimum 150 mA for at opnå tilstrækkelig dybde og varighed af bevidstløshed. I midlertid gav 150 mA ikke tilstrækkeligt bedøvelse ved 1500 Hz, hvor Raj and O'Callaghan derfor anbefaler minimum 200 mA, selvom denne strømstyrke ikke blev testet i forsøget. Lambooij and Gerritzen (2007) skriver at det kræver højere strømstyrker for at bedøve effektivt ved frekvenser på mellem 200 og 1600 Hz. Dette bekræftes af Prinz (2009), der anbefaler at strømstyrker bør være mindst 120 mA og 150 mA for hhv vekselstrøm og pulserende jævnstrøm ved frekvenser mellem 200 og 400 Hz. Prinz et al (2010b) fandt at strømstyrker på 80 og 100 mA ved 70 eller 100 Hz pulserende jævnstrøm resulterede i bevidstløshed hos over 90% af slagtekyllingerne, som genvandt bevidstheden 30-40 sekunder efter bedøvelsen. Desuden gav 150 mA mere effektiv bedøvelse end 80 mA ved 70 Hz pulserende jævnstrøm (Prinz et al. 2010b). I et andet forsøg fandt Prinz et al (2010a) at strømstyrker på under 100 mA (vekselstrøm) ikke resulterede i tilfredsstillende bedøvelsesniveauer, og fraråder derfor brugen af strømstyrker under 100 mA. Lambooij and Gerritzen (2007) skriver at den angivne minimums-strømstyrke (120 mA) i EU kan øge kvalitets-defekter (blødninger, knoglebrud) på slagtekroppen og kødet. Der kan derfor være en konflikt imellem dyrevelfærd og kødkvalitet i forhold til de elektriske indstillinger ifm. vandbadsbedøvelse.

2.3.2. Frekvens

Frekvensen af strømmen har stor betydning for bedøvelsens effektivitet. Ved en given strømstyrke vil øget frekvens reducere antallet af slagtekyllinger med epileptiform EEG (dvs. bedøvede) og effektiviteten er begrænset til nogle elektriske frekvenser (Raj 2006). Lambooij and Gerritzen (2007) skriver at de mest effektive frekvenser er mellem 50 og 200 Hz, og at det er svært at inducere epileptiform EEG ved frekvenser lavere end 25 Hz.

Hvis frekvensen i vandbadet er mellem 50 og 100 Hz vil de fleste kyllinger dø af hjertestop i vandbadet (Hindle et al. 2010). DEFRA (2007) anbefaler for slagtekyllinger i et lav-frekvens-vandbad (50Hz) en minimum strømstyrke på 105 mA for at sikre en effektiv bedøvelse. EFSA (2004) skriver at elektrisk vandbad med 50-60 Hz sinus-bølge

vekselstrøm bruges som metode til at bedøve-aflive. Hindle et al (2010) fandt at 50 ud af 51 slagtekyllinger i forsøget blev effektivt bedøvet i vandbad ved 50 Hz (kvadratbølget jævnstrøm) mellem 45 og 240 mA. Ud af de 51 slagtekyllinger blev 20 bedøvet effektivt ved strømstyrker under 100 mA (Hindle et al. 2010). Der er generel enighed om, at bedøvelse, der også inducerer hjertestop har mærkbare fordele for dyrevelfærden: Det forårsager hurtigt tab af hjernefunktion, sikrer at dyret ikke genvinder bevidstheden og er ikke afhængigt af en præcis hals-skæring (bl.a. EFSA 2004, Raj 2006, DEFRA 2007, Lambooij and Gerritzen 2007, HSA 2008, FAWC 2009, Prinz 2009).

Ved stigende frekvens forøges den strømstyrke, der er nødvendig for at opnå tilfredsstillende bedøvelse. Lambooij and Gerritzen (2007) behøvede højere strømstyrke til at bedøve effektivt ved frekvenser på mellem 200 og 1600 Hz. Flere forskere mener at vekselstrøm frekvens ikke bør overstige 800 Hz, da det kræver mere end 200 mA for at bedøve kyllingerne ved så høje frekvenser (FAWC 2009, Raj 2006, Prinz, pers.komm. 14.02.2012). Prinz et al. (2009a, 2010a, 2010b) fandt at frekvenser på 800 eller 1500 Hz af vekselstrøm eller pulserende jævnstrøm ikke medførte tilfredsstillende bedøvelse hos kyllinger, selv når strømstyrken blev øget og selvom halsen blev overskåret med det samme og fraråder derfor brugen af disse høje frekvenser. Generelt fraråder Prinz på baggrund af flere forsøg brugen af frekvenser højere end 400 Hz ved strømstyrker på 150 mA eller derunder. EFSA (2004) skriver også at varigheden af bedøvelsen reduceres med højere frekvenser (f.eks. over 200 Hz). DEFRA (2007) skriver, at ved høj-frekvens bedøvelse (ikke klart defineret) bør varigheden af den elektriske vandbadsbedøvelse være mindst 8 sekunder for at kyllinger mister bevidstheden, men det er uklart hvad dette er baseret på, eller hvilke strømstyrker der er tale om. Dog advarer Raj (2006) netop om, at lange applikationer med strømstyrker under grænseværdien for effektiv bedøvelse kan forårsage immobilisering i stedet for bedøvelse. Om dette også gælder høje frekvenser er ikke endeligt bekræftet, men både Raj (2006) og Prinz (2009, 2010a, 2010b) fraråder at anvende meget høje frekvenser af dyrevelfærdsmæssige årsager.

2.3.3. Spænding

De nuværende bedøvelsesmetoder i elektrisk vandbad bruger faste niveauer af spændinger for at opnå det ønskede niveau i strømstyrke. Derved er den totale strømstyrke lig med summen af de strømstyrker, der løber gennem hver kylling i vandbadet.

Et lille forsøg (kun 4-5 kyllinger i hver af 3 grupper), hvor spændingen blev holdt konstant (100 V), men hvor strømtypen (vekselstrøm vs. pulserende jævnstrøm),

frekvensen (70 Hz vs 1500 Hz) og tiden i vandbadet (5 vs 10 sekunder) varierede, illustrerede tydeligt at bedøvelsens effektivitet varierede meget, selvom spændingen var den samme (Prinz et al. 2009, tabel 1). Forskellen mellem gruppe 1 og 2 i Tabel 1 viser at bedøvelsens effektivitet reduceres når frekvensen stiger fra 70 Hz til 1500 Hz, endda til trods for den længere tid i vandbadet. Ingen af de grupper, der modtog høj-frekvent (1500 Hz) strøm af hverken vekselstrøm eller pulserende jævnstrøm blev tilfredsstillende bedøvet (Prinz et al. 2009). Gruppe 2 og 3 fik samme spænding, frekvens og tid i vandbadet men med forskellige strømtyper og forskellen tyder på, at pulserende jævnstrøm inducerede effektiv bedøvelse hos flere kyllinger end vekselstrøm (Prinz et al. 2009), men det er dog værd at notere, at hverken gruppe 2 eller 3 kan anses for at være blevet effektivt bedøvet. Prinz et al. (2009) konkluderede at 100V ikke er nok til at bedøve kyllinger med høj-frekvent vekselstrøm eller pulserende jævnstrøm.

Tabel 1. Betydningen af frekvens, strømtype og tid i vandbadet for bedøvelsens effektivitet ved samme spænding i et lille forsøg (Prinz et al. 2009).

	Gruppe 1 (N=5)	Gruppe 2 (N=5)	Gruppe 3 (N=4)
Strømtype	Pulserende jævnstrøm (1:1)	Pulserende jævnstrøm (1:1)	Vekselstrøm (rektangulær)
Spænding	100 V	100 V	100 V
Frekvens	70 Hz	1500 Hz	1500 Hz
Tid i vandbadet	5 sekunder	10 sekunder	10 sekunder
Faktisk målt strømstyrke pr. kylling	70-150 mA (Gns=98 mA)	85-90 mA (Gns=87 mA)	60-90 mA (Gns=82,5 mA)
Iso-elektrisk EEG (indikerer effektiv bedøvelse)	4 af 5 kyllinger iso-elektrisk EEG	2 af 5 kyllinger Iso-elektrisk EEG	0 af 4 kyllinger iso-elektrisk EEG

Der kan være forskel på bedøvelsens effektivitet afhængigt af slagtekyllingens køn. Samme spænding resulterede i højere strømstyrke pr kylling for hane-kyllinger end høne-kyllinger, høne-kyllinger behøvede 20V mere end hane-kyllinger for at opnå en effektiv bedøvelse (Prinz 2010), hvilket til dels forklarer at færre høne-kyllinger end hane-kyllinger har vist iso-elektrisk EEG (Prinz 2009, Prinz et al. 2010b). Dog fremgår det ikke om dette er gældende for både vekselstrøm og pulserende jævnstrøm (Prinz 2010). Tilsvarende fandt Prinz et al (2010b) at der var forskel på høne- og hanekyllinger i bedøvelse med pulserende jævnstrøm og at hønekyllinger var mindre tilbøjelige til at opnå et dybt undertrykt EEG end hanekyllinger. Årsagen er endnu ikke

fuldt belyst, men kan dels være på grund af forskel i elektrisk modstand mellem kønnene eller på grund af at høne-kyllinger som oftest har tyndere ben end hane-kyllinger, og derved måske ikke opnår lige så god kontakt med ophængningsbøjlerne (Prinz 2009, Prinz et al 2010b).

2.3.4. Princippet i "constant current stunning".

Som angivet i afsnit 2.3.1. er det strømstyrken der passerer gennem hjernen, der resulterer i bevidstløshed, og strømstyrken er derfor helt afgørende for effektiviteten af bedøvelsen i strømførende vandbad. Strømstyrken, der løber igennem hvert dyr afhænger af både spænding og modstand ifølge Ohm's lov (Box 1). Da den elektriske modstand i kroppen varierer fra dyr til dyr, har dette stor betydning for bedøvelsens effektivitet i konventionelle strømførende vandbade, hvor spændingen holdes konstant. Iflg. Ohm's lov betyder det, at der i det strømførende vandbad med konstant spændingsniveau løber en lavere strømstyrke igennem kyllinger med højere modstand. Dette kompliceres yderligere ved at der oftest er flere kyllinger i vandbadet ad gangen. Da spændingen holdes konstant, vil der hele tiden dannes parallelle kredsløb for alle kyllinger i vandbadet og hver kylling modtager en strømstyrke der er invers proportional med summen af modstanden i de parallelle kredsløb (Hindle et al. 2010). Dette betyder samtidig, at hvis strømstyrken er høj nok til alle kyllinger i vandbadet, vil kyllinger med lav modstand få tilsvarende høj strømstyrke, hvilket kan påvirke slagte kvaliteten, selvom det ikke er et velfærdsmæssigt problem (FAWC 2009).

Ohm's lov:

Spænding (V) = Strømstyrke (I) * Modstand (R)

DVS: Strømstyrke (I) = $\frac{\text{Spænding (V)}}{\text{Modstand (R)}}$

Box 1: Ohm's lov, der illustrerer forholdet mellem strømstyrke, spænding og modstand.

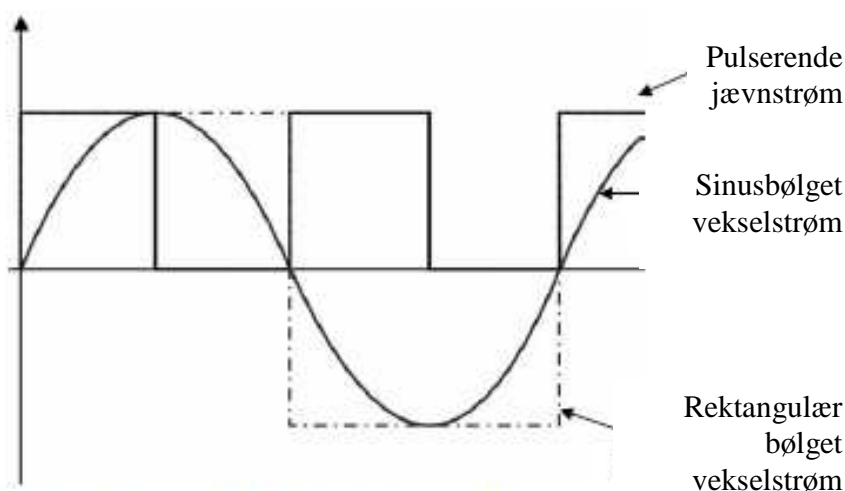
Der er tidligere vist stor variation i impedansen (den elektriske modstand overfor vekselstrøm) mellem individuelle kyllinger både mellem flokke og mellem individer inden for flokken (e.g. Sparrey et al. 1993, Hindle et al. 2010). Sparrey et al. (1993) udregnede slagtekyllingers effektive impedans til at være mellem 1000 og 2600 Ohm, mens Hindle et al (2010) estimerede impedansen til mellem 680 og 1500 Ohm i deres undersøgelse blandt Hollandske slagterier, og mellem 800-3900 Ohm i deres individuelle forsøg. Den store variation i elektrisk modstand mellem individuelle kyllinger

illustrerer i følge Hindle et al. (2010) udfordringen i at forudse en optimal strømstyrke for effektiv bedøvelse af flere kyllinger i et vandbad.

For at overvinde disse usikkerheder med variation i elektrisk modstand og antal af parallelle kredsløb i vandbadet, er det relevant at nævne "constant current stunning" ("konstant strømstyrke bedøvelse"), hvor strømstyrken holdes konstant, mens spændingen varierer. Dermed kan det sikres, at alle kyllinger bedøves med den ønskede strømstyrke. Når dette er velkendt, virker det ulogisk at konventionel vandbadsbedøvelse stadig baseres på konstant niveau af spænding og ikke strømstyrke (FAWC 2009). Der blev i slut-1990'erne udviklet en prototype af et constant-current strømførende vandbad i Silsoe Research Institute (Wilkins et al. 1999) der viste potentiale for både dyrevelfærd og slagte kvaliteten. Constant current princippet kan anvendes både i vandbadsbedøvelse, og i andre bedøvelsesmetoder, f.eks. head-only (TopKip systemet, Bal 2011). Dog anvendes systemet endnu ikke kommercielt i vandbadsbedøvelse (Paul Berry, personlig kommunikation, 16.11.2011).

2.3.5. Pulserende jævnstrøm og vekselstrøm

Strømstyrken kan have forskellige bølgeformer og frekvenser, og der bruges primært vekselstrøm og pulserende jævnstrøm på danske fjerkræslagterier. Det er da også primært disse strømtyper der er undersøgt videnskabeligt i forbindelse med vandbadsbedøvelse af fjerkræ (Figur 3).



Figur 3. Illustration af forskellige elektriske bølgeformer. Modificeret fra Prinz (2009).

EFSA (2004) citerer Bilgili (1999) for, at den spænding, der er nødvendig for at give en bestemt strømstyrke ved en given modstand er højere ved pulserende jævnstrøm end ved sinus-bølget vekselstrøm og også øges med øget frekvens. Raj (2006) angiver ligeledes at det kræver en højere strømstyrke for at bedøve kyllinger med pulserende jævnstrøm end med sinusbølget vekselstrøm. Prinz (2009) og Prinz et al. (2009) fandt at pulserende jævnstrøm og rektangulær bølget vekselstrøm var lige effektive, men at tiden i det strømførende vandbad var særlig væsentlig for bedøvelsens effektivitet ved pulserende jævnstrøm i forhold til rektangulær bølget vekselstrøm (se Tabel 1). Både Raj (2006b) og Prinz (2009) anbefaler en hurtig afblødning ved pulserende jævnstrøm, da kyllingerne genvinder bevidstheden hurtigere ved pulserende jævnstrøm end ved vekselstrøm. FAWC (2009) skriver netop også at kyllinger, der bedøves med pulserende jævnstrøm kan vågne op efter bedøvelsen, og denne metode kræver derfor (sammen med høj-frekvens elektrisk bedøvelse) hurtig hals-overskæring og afblødning for at undgå velfærdsproblemer. Lambooij and Gerritzen (2007) foreslår, at dybden og varigheden af bevidstløsheden er bestemt af hvor længe strømstyrken forbliver på minimumsniveauet i hver cyklus. Bedøvelsens effektivitet er også afhængig af puls-bredden i pulserende jævnstrøm, hvor puls-bredden beskriver tiden hvor strømstyrken er på det maximale niveau, og dermed kan en reduktion i puls-bredde lede til en tilsvarende reduktion i den gennemsnitlige strømstyrke (Raj 2006). Derfor kan korte puls-bredder kan være utilstrækkelige til at forårsage depolarisering af neuronerne i hjernen, som kræves for at opnå effektiv bedøvelse (Raj 2006).

I et forsøg hvor forskellige faste niveauer af spænding blev testet for forskellige strømtyper i forhold til hvor høj strømstyrke hhv hane- og hønekyllinger modtog, fandt Prinz (2009) at samme spænding gav højst strømstyrke ved sinusbølget vekselstrøm over rektangulært bølget vekselstrøm mens pulserende jævnstrøm gav den laveste strømstyrke pr kylling. Da strømstyrken er afgørende for bedøvelsens effektivitet, må sinusbølget vekselstrøm være mere effektiv end rektangulært bølget vekselstrøm og især end pulserende jævnstrøm (Prinz 2009), selvom dette bør bekræftes ved kommercielt relevante niveauer af frekvenser.

Raj (2006) fraråder brugen af pulserende jævnstrøm, især over 200 Hz, idet hans forsøg viste at 1) den eneste effektive frekvens var 200 Hz og kun ved 200 mA, og selv her fandt han at 20 % af slagtekyllingerne fik hjertestop uden at være bedøvet. Prinz et al. (2010b) skriver at frekvenser på over 400 Hz pulserende jævnstrøm giver ikke effektive bedøvelser. Hvis bedøvelsen skal være effektiv ved 400 Hz pulserende jævnstrøm kræves en strømstyrke på minimum 150 mA (Prinz et al. 2010b). Prinz et al. (2010b) har dog ikke testet strømstyrker på over 150 mA. Der er nogen forskel i resultaterne, hvilket bl.a. kan skyldes forskel i bedøvelsestiden, som var hhv. 1 sekund

(Raj et al 2004a, 2006a, 2006b), 3 sekunder (Raj et al. 2004b), og 10 sekunder (Prinz et al. 2010a, 2010b). Der var desuden forskel på metoden de to forskergrupper brugte til at måle EEG – hos Raj et al (2006a, 2006b, 2006c) blev der implanteret elektroder til at måle hjerneaktiviteten mens Prinz et al. (2009, 2010a, 2010b) brugte en "ekstern" chicken EEG clamp (Coenen et al. 2007), som blev monteret udenpå kyllingens hoved efter bedøvelsen i vandbadet. EEG målinger startede derfor først ca. 10 sekunder efter bedøvelsen i vandbadet, men til gengæld kunne Prinz et al (2009, 2010a, 2010b) inkludere flere kyllinger i deres forsøg.

Prinz et al (2010b) fandt at bedøvelse med pulserende jævnstrøm var mindre tilbøjelig til at inducere hjertestop end vekselstrøm. Høj frekvens vekselstrøm og pulserende jævnstrøm har vist sig at give bedre slagte kvalitet men der er samtidig udtrykt bekymring om at netop disse elektriske indstillinger kan forårsage elektro-immobilisation i stedet for effektiv bedøvelse, og der er også risiko for at kyllingerne vågner op fra bedøvelsen før de dør af afblødning (FAWC 2009). Kravet om den hurtige afblødning for at undgå genvinding af bevidsthed ved brug af pulserende jævnstrøm bekræftes af både Raj (2006) og Prinz et al (2010b).

2.4. Delkonklusion

Alt i alt er der enighed om, at effektiviteten af bedøvelse i strømførende vandbad kan påvirkes af mange faktorer. Strømstyrken er essentiel for bedøvelsens effektivitet, og generelt giver højere strømstyrke en mere effektiv bedøvelse, som illustreret i figur 3. Strømstyrken, der er nødvendig for at opnå effektiv bedøvelse påvirkes dog af mange andre elektrotekniske parametre. Generelt bliver bedøvelsens effektivitet dårligere når frekvensen øges, især over 400 – 800 Hz (Raj 2006, Prinz et al. 2010a). En stigning i strømstyrken kan til dels kompensere for den faldende effektivitet med stigende frekvens, men frekvenser over 800 Hz frarådes af flere forskere på baggrund af velfærdshensyn (Raj 2006, Prinz et al. 2010a). Prinz (2010a, 2010b) fraråder på baggrund af flere forsøg brugen af frekvenser højere end 400 Hz ved strømstyrker på 150 mA eller derunder, hvilket er i overensstemmelse med Rådets forordning (EF/1099/2009), som angivet i Tabel 2 nedenfor.

Tabel 2 angiver elektriske krav til bedøvelse i vandbad (gennemsnitlige værdier pr. dyr) for kyllinger ifølge Rådets forordning 1099/2009/EF som

Frekvens (Hz)	Strømstyrke (mA)
< 200 Hz	100 mA
200 til 400 Hz	150 mA
400 til 1500 Hz	200 mA

Rådets forordning 1099/2009/EF specificerer ikke om tabellen gælder for vekselstrøm eller pulserende jævnstrøm i det strømførende vandbad. Der er ikke enstemmighed i litteraturen i forhold til effektiviteten af især pulserende jævnstrøm, som frarådes af Raj (2006), mens (Prinz et al. 2010b) fandt at pulserende jævnstrøm var mindre tilbøjelig til at forårsage hjertestop end vekselstrøm. Forskellen mellem resultaterne fra de to forskergrupper kan skyldes deres forskellige forsøgs-setup, hvor der især er forskel på eksponeringstiden i vandbadet. Der er dog enighed blandt de to forskergrupper om at pulserende jævnstrøm kan forårsage en kortere varighed af bedøvelsen en vekselstrøm, og der bør derfor være fokus på hurtig afblødning for at forhindre genvinding af bevidsthed.

3. Indikatorer på bedøvelsens effektivitet

Der er i litteraturen beskrevet en del kliniske og adfærdsmæssige indikatorer på bedøvelsens effektivitet ved bedøvelse af fjerkræ i strømførende vandbad. Nogle af disse er opsummeret i Tabel 3, mens andre er diskuteret i teksten. Nylige forsøg har sat spørgsmålstegn ved nogle af de kliniske indikatorer, og derfor er det svært at give endegyldige konklusioner, før disse er bekræftet ved yderligere studier. Det er væsentligt at understrege, at en klinisk bedømmelse alene ikke er tilstrækkelig for at vurdere bedøvelsens effektivitet. Dette skyldes at elektrisk bedøvelse af fjerkræ inducerer depolarisering af de skeletale muskler og dermed immobilisering, men ikke nødvendigvis bevidstløshed. Derfor kan kliniske indikatorer være misvisende og bør altid sammenholdes med resultater fra videnskabelige forsøg i forhold til om de elektrotekniske krav til effektiv bedøvelse bliver mødt (bl.a. Von Wenzlawowicz and von Holleben (2001), Anastasov and Wotton(2012)). Når de elektro-tekniske forhold er kendt (f.eks. strømstyrke, frekvens, spænding, strømtype, bølgeform, varighed, etc.), kan det dog være meget relevant at inddrage kliniske indikatorer, for at illustrere individuelle forskelle i bedøvelsens effektivitet og/eller potentielle velfærdsproblemer.

Algers (2006b) skriver meget væsentligt: *"If the applied current is too low to create an epileptic seizure, the bird will be conscious but still have a rigid posture unable to move due to muscle depolarization. This means that they will appear to be stunned but are fully sensible and conscious! With currents below the immobilization threshold birds will leave the stunner vocalizing and flapping their wings. Birds which loose their rigidity immediately when leaving the stunner are thus likely to have missed epilepsy. However, if the duration of current flow exceeds the tonic phase (>10 secs) the birds may leave the stunner flaccid. If cardiac arrest is induced at stunning, the symptoms of the epileptic seizure are shorter lasting and less pronounced. The tonic phase is then*

followed by the carcass becoming fully relaxed.”...“Because of all this, it is very important to check and evaluate the applied currents as a complement to clinical assessment.”

Ud over de adfærdsmæssige indikatorer, er det væsentligt at nævne at der er generel enighed blandt alle fundne artikler og rapporter om, at effektiv bedøvelse og dermed manglende evne til at føle smerte kan vises ved et iso-elektrisk EEG mønster og forekomst af epileptisk anfald (bl.a. Raj og O’Callaghan 2004b, Raj et al., 2006a, Prinz et al., 2009). Et iso-elektrisk eller stærkt reduceret EEG er generelt defineret som en flad linje med en gennemsnitlig hjerneaktivitet på mindre end 10% af det vågne EEG (bl.a. Raj 2006, Prinz et al., 2009). Derudover har mange brugt ”somatosensory evoked potential” (SEP), som en utvetydig indikator på bevidstløshed (bl.a. Von Wenzlawowicz and von Holleben, 2001, Shields and Raj 2010). Hverken EEG eller SEP er dog anvendelige metoder i praksis på slagteriet, men er brugt med stor fordel i videnskabelige forsøg for at verificere bedøvelsesniveauet ved givne elektriske parametre og i relation til forskellige adfærdsindikatorer.

I det følgende diskuteres nogle af de forskellige mulige adfærdsmæssige indikatorer, som er nævnt i litteraturen. Derudover opsummerer Tabel 3 de indikatorer, der er listet i rapporter fra EFSA (2004), DEFRA (2007), Humane Slaughter Association (HSA 2008) og Farm Animal Welfare Council (FAWC 2009). Der er yderligere fundet checkliste af indikatorer ifm de forskellige stadier af bedøvelses- og slagteprocessen i Von Wenzlawowicz and von Holleben (2001), en lignende hertil er brugt i Algers (2006b), og en liste over indikatorer for bevidstløshed, genvinding af bevidstheden og død i Hindle et al. (2010).

3.1. Vinge­bask

Dyr, der vokaliserer eller basker med vingerne efter de har forladt det strømførende vandbad, er tilsyneladende ikke bedøvet, iflg. Von Wenzlawowicz and von Holleben (2001). Dette er samstemmende med EFSA (2004), der skriver at *“adequately stunned and properly neck cut birds do not show wing flapping during bleeding”*. I modsætning hertil observerede Prinz et al. (2010a, b) vinge­bask hos kyllinger primært i de første 40 sekunder efter bedøvelsen i de grupper der fik hjertestop i vandbadet ved både vekselstrøm og pulserende jævnstrøm. Forfatterne antager at vinge­bask ikke indikerer flugt-­adfærd men er relateret til de kloniske kramper (Prinz et al. 2010a, 2010b). Der savnes en klar definition på vinge­bask, idet Prinz et al. (2010a, 2010b) bruger vinge­bask som indikator for effektiv bedøvelse, hvorimod andre (f.eks. EFSA 2004) skriver at vinge­bask ikke indikerer effektiv bedøvelse, og DEFRA (2007), HSA (2008) og FAWC (2009) angiver at vingerne holdes tæt på kroppen som et tegn på effektiv

bedøvelse (Tabel 3). Erasmus et al (2010) beskriver "wing twitch reflex", som er vingeflap eller -ryk som respons til smertefulde stimuli, og Von Wenzlawowicz and von Holleben, (2001) beskriver ligeledes vingebask og/eller high-pitched vokalisering som respons på pre-stun-shocks. Det konkluderes at der er behov for yderligere udredning af definitionen og brugen af vingebask som indikator på bedøvelsens effektivitet.

3.2. Cornearefleks

Fravær af cornearefleksen indikerer fravær af sensibilitet, mens tilstedeværelsen af cornearefleks er et tegn på generel hjernefunktion, ikke nødvendigvis bevidsthed (DEFRA 2007, HSA 2008, FAWC 2009, Hindle et al. 2009, Prinz et al. 2010a, 2010b). Prinz et al (2010b) skriver også at cornearefleks er fraværende ved hjertefibrillation i vandbad. Von Wenzlawowicz and von Holleben (2001) beskriver at tilbagevendende cornearefleks kan være et tegn på tilbagevendende hjerneaktivitet. Erasmus et al (2010) beskriver forskellige øjenreflekser, og citerer andre for at cornearefleksen er den sidste der forsvinder ved anæstesi. Cornearefleksen er svær at teste hvis øjet er lukket iflg. Erasmus et al (2010), som sammenligner med blinkhinde refleksen, der kan observeres hvis øjenlåget åbnes let, og palpebral refleksen som er den første refleks der forsvinder ved anæstesi og kan testes ved at tappe let på kanten af øjenlåget. Der er generel enighed om at cornearefleksen kan bruges som indikation på sensibilitet, og især som tegn på tilbagevendende hjerneaktivitet.

3.3. Åbne vs. lukkede øjne

Prinz (2010a) fandt, at de fleste kyllinger havde åbne øjne efter bedøvelse ved høje frekvenser eller lavere frekvenser og strømstyrker under 100mA vekselstrøm. Næsten ingen kyllinger bedøvet med 120-150mA op til 200 Hz forlod vandbadet med åbne øjne (Prinz et al. 2010a). Modsat hertil fandt de ved et forsøg med pulserende jævnstrøm, at de fleste kyllinger havde åbne øjne ved frekvenser over 100 Hz (Prinz et al. 2010b). Hermed antyder Prinz et al. (2010b) at lukkede øjne kunne indikere effektiv bedøvelse. Dette er i modsætning til EFSA (2004), HSA (2008) og FAWC (2009), som skriver at åbne øjne indikerer effektiv bedøvelse. EFSA specificerer dog at de vidt åbne øjne er under den toniske fase. Derudover skriver Erasmus et al. (2010) at lukkede øjne er blevet vist at ske samtidig med eller lige efter tab af SEP i forbindelse med gas bedøvelse, men nævner ikke el-bedøvelse. Modsatningen mellem de forskellige fund kan skyldes forskelle i de elektriske parametre, eksponeringstiden i vandbadet, eller andre forsøgstekniske variable, men det illustrerer at der tydeligvis er behov for yderligere udredning af brugen af åbne/lukkede øjne som indikator for bedøvelsens effektivitet.

3.4. Spontan blinken

Prinz et al (2010a) nævner spontan blinken som et tegn på enten bevidsthed eller muskel fibrillation ifm død. Sandsynligheden for spontan blinken var lavere for kyllinger bedøvet med lave frekvenser eller høje strømstyrker af pulserende jævnstrøm (Prinz et al. 2010b). Hanner var også mere tilbøjelige til at vise spontan blinken end hunner (Prinz et al. 2010b). Derudover nævnes en øgning i spontan blinken og cornearefleks som indikatorer på hurtig opvågning (Prinz et al. 2010b). Der er behov for yderligere dokumentation/verifikation i forbindelse med brugen af spontan blinken som indikator for bedøvelsens effektivitet, da det ville være en åbenlys indikator at bruge under praktiske forhold på slagteriet, hvis den kan bekræftes.

3.5. Respiration / vejrtrækning

Vejrtrækning er ikke direkte relateret til bevidsthed men til hjertefunktion (Prinz et al. 2010b). Der er generel enighed (bl.a. DEFRA 2007, HSA 2008, FAWC 2009) om at fravær af rytmisk vejrtrækning kan bruges som indikator på effektiv bedøvelse. Von Wenzlawowicz and von Holleben (2001) og Erasmus et al. (2010) konkluderer på baggrund af den tilgængelige litteratur, at respiration (sammen med tilbagevenden af cornearefleks) er et tegn på tilbagevendende hjernefunktion. EFSA (2004) nævner ligeså at begyndende rytmisk respiration og genvinding af øjenrefleks er tegn på begyndende opvågning.

3.6. Tonus i halsmuskulatur

Erasmus et al (2010) beskriver, at fravær af tonus i halsmuskulaturen er blevet estimeret til at forekomme på samme tid som reduktion af EEG aktivitet ifm gas-bedøvelse, men nævner ikke om det samme ville være gældende ved bedøvelse i strømførende vandbad (Gerritzen et al., 2004, *cited in* Erasmus et al. 2010). Von Wenzlawowicz and von Holleben (2001) skriver at hvis tonus i halsmuskulaturen er tilbagevendende, så er kyllingerne tilsyneladende ikke bedøvet eller afblødt korrekt og fjerkræ der mister deres "stivhed" efter vandbadet bør undersøges for andre tegn på opvågning.

3.7. Kam-refleksen (comb pinch)

Hindle et al (2010) brugte hovedrysten og øjen-bevægelser ifm en smerte-stimulus (comb-pinch) som indikation på genvinding af bevidstheden. Tilsvarende betyder tilstedeværelse af kam-refleksen at kyllingen ikke er bedøvet og kan opfatte smertefulde stimuli i følge Von Wenzlawowicz and von Holleben (2001).

3.8. Vokalisering som indikator på smerte og angst hos kyllinger.

Vokalisering betragtes generelt som en velfærdsindikator hos fjerkræ (e.g. Zimmerman and Koene 1998) da fjerkræ giver specifikke vokaliseringer, der kan give udtryk for deres emotionelle status. Slagtekyllinger har et tydeligt "distress" kald, som gives f.eks. når de oplever frygt eller smerte (bl.a. Algers 2006a). Disse kald er beskrevet i Algers 2006a, som "High Pitch Vocalisations (HPV)", der også skriver, at "vokalisering er stærkt associeret med stressfulde situationer ved håndtering af fjerkræ før slagtning". Ved en undersøgelse, hvor en observatør registrerede HPV hvert minut ved ophængningslinjen på et slagteri fandt Algers (2006a) at der var HPV i alle de minutter, der blev registreret. Til forskel herfra, blev der ikke registreret HPV i et pilot-forsøg, hvor kyllingerne forblev i transport-kasserne i aflæsningsområdet på slagteriet. Her blev kyllingerne også beskrevet som rolige (Algers 2006a). Undersøgelsen var en del af Welfare Quality projektet, med hovedformålet at udvikle en non-invasiv, dyre-baseret metode til at vurdere velfærd på gruppeniveau. Det specifikke formål her var at undersøge hvordan specifikke vokaliseringer kunne bruges til at vurdere velfærd hos fjerkræ. (Det blev konkluderet, at det var svært at skelne mellem HPV og andre lyde både fra dyr og udstyr. Algers 2006a)

Von Wenzlawowicz and von Holleben, (2001) beskriver respons på pre-stun-shocks som vinge-basken og/eller high-pitched vocalizations. Algers (2006b) bruger vokalisering på linje med bevægelse som indikator for kyllingernes velfærd. DEFRA (2007) angiver vokalisering som en indikator på utilstrækkelig bedøvelse af kyllinger via elektrisk vandbad på slagteriet.

Tabel 3. Oversigt over indikatorer på bedøvelsens effektivitet som angivet i forskellige rapporter. Derudover er indikatorerne specifikt diskuteret i teksten i afsnittet, hvor det fremgår at en del af de i tabellen givne indikatorer behøver yderligere bekræftende studier.

	EFSA 2004	DEFRA 2007	HSA 2008	FAWC 2009
Tegn på effektiv bedøvelse	<ul style="list-style-type: none"> • Øjeblikkelig start af toniske kramper. • Øjnene vidt åbne under toniske kramper. • Apnø under toniske kramper. • Kloniske kramper optræder som rykvisse bevægelser af vinger og ben (ikke vingebask) • Ingen vingebask under afblødning • Øjenreflekser skal være fraværende ved indgangen til skoldekarret. 	<ul style="list-style-type: none"> • Halsen er buet med hovedet holdt lodret • Dilaterede pupiller • Fravær af blinkhinde respons • Ingen rytmisk vejtrækning 10-12 sek. Efter kyllingen har forladt vandbadet • Ingen reaktion på "comb pinch" • Vingerne holdt tæt mod kroppen • Stive strakte ben (ikke brugbar indikator ved benophængningssystem) • Konstante hurtige krop rystelser 	<ul style="list-style-type: none"> • Halsen er buet med hovedet holdt lodret • Åbne øjne • Ingen rytmisk vejtrækning • Stive strakte ben • Konstante hurtige krop rystelser • Vingerne holdt tæt mod kroppen 	<ul style="list-style-type: none"> • Åbne øjne • Fravær af rytmisk vejtrækning • Stive strakte ben • Konstante hurtige krop rystelser • Vingerne holdt tæt mod kroppen
Tegn på effektiv bedøvelse/ aflivning	<ul style="list-style-type: none"> • Helt slap krop hurtigt efter udgang af vandbadet • Vinger hænger slapt ved hals-skæring • Viser ingen spontane eller refleks-bevægelser under afblødning 	<ul style="list-style-type: none"> • Fikserede centrale dilaterede pupiller • Ingen rytmisk vejtrækning • Ingen respons til nogen stimuli (blinkhinde respons eller reaktion til "comb pinch" • Slap krop 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen vejtrækning • Dilaterede pupiller • Vinger hænger • Fravær af blinkhinde refleks 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen vejtrækning • Dilaterede pupiller • Vinger hænger • Fravær af blinkhinde refleks
Tegn på ineffektiv bedøvelse		<ul style="list-style-type: none"> • Tilbagevendende rytmisk vejtrækning • Blinkhinde respons • Spænding i halsmuskulaturen • Andre kontrollerede muskelbevægelser • Vokalisering 	<ul style="list-style-type: none"> • Rytmisk vejtrækning • Spænding i halsmuskulaturen (kan kontrollere hovedets bevægelser) • Tilstedeværelse af blinkhinde refleks 	<ul style="list-style-type: none"> • Rytmisk vejtrækning • Spænding i halsmuskulaturen • Tilstedeværelse af blinkhinde refleks
Kommentar			Ved høj-frekvent (>500 Hz)	

3.9. Delkonklusion

Det er væsentligt at anvende flere forskellige kriterier for at vurdere bedøvelsens effektivitet. De elektrotekniske parametre bør leve op til de standarder der ved videnskabelige forsøg er fundet bedst for dyrenes velfærd og bør kontrolleres løbende. Derudover bør de fysiske adfærdsreaktioner af de enkelte kyllinger indgå i en vurdering af velfærden både hos individer og hele flokke for at illustrere individuelle forskelle i bedøvelsens effektivitet og/eller potentielle velfærdsproblemer.

Der er generel enighed om at cornearefleksen kan bruges som indikation på sensibilitet, og især som tegn på tilbagevendende hjerneaktivitet. Dette bekræftes af Prinz (personlig kommunikation, 14.02.2012), som beskriver fravær af cornearefleks som indikator for effektiv bedøvelse, forudsat at strømstyrken i vandbadet efterlever forordningens krav. Hvis strømstyrken i vandbadet er for lav, kan kyllingerne være immobiliseret, og dermed vise fravær af fysiske reflekser (inkl. cornearefleks) selvom de stadig er ved fuld bevidsthed. Positiv cornearefleks er ifølge Prinz tegn på manglende bedøvelse eller tilbagevendende bevidsthed. Dog konkluderer Anastasov og Wotton (2012) at ingen af de fysiske adfærdsreaktioner, som de har gennemgået ufravigeligt demonstrerer bevidstløshed. Spontan blinken og rytmisk vejtrækning er også indikatorer på enten manglende bedøvelse eller tilbagevendende bevidsthed.

Der er ikke enighed i litteraturen om betydningen af vingebask, som af flere bruges som indikator på manglende bedøvelse, mens andre beskriver at vingebask også kan være relateret til de kloniske kramper.

Vokalisering kan også bruges som velfærdsindikator, og high pitched vocalisation (HPV) indikerer frygt eller smerte hos kyllingerne. Dog kan det være svært at bruge vokalisering som indikator i praksis på slagteriet, da støjniveauet kan være for højt.

De modsatrettede resultater fra forskellige rapporter omkring indikatorer for effektiv bedøvelse af kyllinger i vandbad illustrerer et stort og akut behov for at undersøge hvilke indikatorer, der kan bruges som indikatorer for effektiv vs. ineffektiv bedøvelse af slagtekyllinger i strømførende vandbad, og hvorvidt de elektrotekniske parametre påvirker de fysiske reflekser.

Samlet konklusion og anbefalinger

Bedøvelse af slagtekyllinger i strømførende vandbad medfører en del dyrevelfærds-mæssige udfordringer. Denne rapport har gennemgået nyere forskningsresultater med fokus på 1) ophængningsprocessen, 2) betydningen af de elektriske indstillinger i vandbadet, og 3) indikatorer for bedøvelsens effektivitet.

Ophængningsprocessen

Ud fra den gennemgåede litteratur kan det konkluderes at der kan være alvorlige velfærdsproblemer forbundet med ophængning i ufleksible slagtebøjler. Slagtekyllinger finder det akut stressende at blive hængt med hovedet nedad, og her kan bryst-støtter sandsynligvis reducere akut stress for kyllingerne, selvom det optimale design af bryst-støtter bør gennemtestes kommercielt. Slagtebøjlerne som holder kyllingernes ben fast er traditionelt ufleksible og flere forsøg har vist at en stor del af kyllingerne oplever akut smerte ved ophængning i slagtebøjler, hvor deres ben bliver udsat for kraftig kompression, op til 180N. Et nyt system med fleksible, dog tætsiddende slagtebøjler skal gennemtestes kommercielt, men viser lovende resultater og kunne potentielt forbedre kyllingernes velfærd ved ophængning. Det anbefales at slagtebåndet bør være belyst af dæmpet, dog konstant lys, der holder kyllingerne rolige men tillader inspektion af kyllingerne. Al unødigt forstyrrelse og pludselige sving på slagtebåndet bør undgås. Det er væsentligt at kyllingerne er rolige på slagtebåndet for at undgå "pre-stun shocks" som følge af vingebasken i nærheden af det strømførende vandbad.

Betydningen af de elektriske indstillinger i vandbadet

Der er mange forskellige elektriske parametre i det strømførende vandbad, der har betydning for bedøvelsens effektivitet. Strømstyrken, der strømmer igennem hjernen, forårsager bedøvelsen. Bedøvelsens effektivitet øges generelt med stigende strømstyrke, som illustreret i figur 2. Den nødvendige strømstyrke afhænger af mange andre elektrotekniske parametre, generelt bliver bedøvelsens effektivitet dårligere når frekvensen øges, især over 400 – 800 Hz. En stigning i strømstyrken kan til dels kompensere for den faldende effektivitet med stigende frekvens, men frekvenser over 800 Hz frarådes af flere forskere på baggrund af velfærdshensyn. Der kan også være forskel på vekselstrøm og pulserende jævnstrøm i bedøvelsens effektivitet, og for pulserende jævnstrøm har især puls-bredde også betydning for bedøvelsens effektivitet. Der er nogen uklarhed i litteraturen omkring effektiviteten af pulserende jævnstrøm, og der er derfor behov for yderligere forsøg, der kan afklare konsekvenserne af pulserende jævnstrøm vs. vekselstrøm i forhold til bedøvelsens effektivitet og interaktionen med de andre elektrotekniske faktorer. De nuværende bedøvelsesmetoder i elektrisk vandbad bruger faste niveauer af spænding for at opnå det ønskede niveau i strømstyrke. Derved

er den totale strømstyrke lig med summen af de strømstyrker, der løber gennem hver kylling i vandbadet. Da strømstyrken også varierer med den elektriske modstand i kyllingerne, og dermed varierer fra individ til individ, kan det med de nuværende faste spændingsniveauer være svært at sikre at alle kyllinger får den optimale strømstyrke, der sikrer effektiv bedøvelse uden at forårsage slagteskader. På baggrund af den tilgængelige litteratur, anbefales det, at der implementeres minimumsstrømstyrker i forhold til de elektriske bølgeformer (vekselstrøm) og frekvenser samt at der implementeres "constant current" (konstant strømstyrke) i stedet for det nuværende "constant voltage" (konstant spænding) bedøvelse. Dette vil forbedre kyllingernes velfærd såvel som slagte kvalitet.

Ud fra den tilgængelige aktuelle litteratur, anbefales det at registrere følgende elektrotekniske parametre på slagteriet: Strømstyrken (A), spændingen (V), frekvensen (Hz), strømtyper (vekselstrøm/pulserende jævnstrøm), bølgeform (sinus/square), eksponeringstiden i vandbadet og ved pulserende jævnstrøm desuden puls-bredde/duty cycle og mark:space ratio, da alle disse parametre kan have betydning for bedøvelsens effektivitet. Desuden kan de elektriske parametre påvirke bedøvelsens varighed, og derfor anbefales det at notere tiden fra bedøvelsen til afblødningen er slut, så det sikres, at kyllingerne ikke når at vågne op fra bedøvelsen inden døden indtræffer (jf. Figur 1).

Indikatorer for bedøvelsens effektivitet

Der er mange forskellige indikatorer, der har været undersøgt med henblik på at vurdere bedøvelsens effektivitet. Der er dog langt fra enighed omkring indikatorerne, hvilket kan skyldes at de forskellige forskergrupper har brugt forskellige elektrotekniske parametre, forskellig eksponeringstid i vandbadet og forskellige metoder til at måle bevidsthed. Det er også muligt at de forskellige indikatorer illustrerer forskellige bedøvelsesniveauer, forskellige fysiske reaktioner på diverse elektrotekniske parametre, såvel som individuelle forskelle mellem kyllinger. Generelt anbefales det at anvende flere indikatorer, hvis det er praktisk muligt.

Cornearefleksen har været nævnt af mange som en god indikator på bevidsthed, sammen med spontan blinken, rytmisk vejrtrækning og vokalisering. Der bør dog altid være fokus på muligheden for at kyllingerne kan være immobiliseret ved brug af for høje frekvenser eller for lave strømstyrker, dvs. at kyllingerne fysisk set syner bedøvede, men er ved fuld bevidsthed. Det anbefales derfor at registrere både de elektrotekniske parametre, som ved videnskabelige forsøg har vist at medføre effektiv bedøvelse, samt fysiske reflekser som indikatorer på individuelle forskelle og pludselige opståede problemer.

Alt i alt er der mange dyrevelfærdsmæssige udfordringer forbundet med bedøvelse i strømførende vandbad. Der foreligger en del forskningsresultater, der skal gennemtestes på større skala, men som potentielt kunne reducere en del af velfærdsproblemerne for slagtekyllingerne på danske slagterier i fremtiden.

Referencer

- Algers B. 2006a. Assessment of Welfare, Measuring Distress Vocalisations in Poultry. Welfare Quality Deliverable 2, subtask 2.2.10.
- Algers B. 2006b. Assessment of Pre Stunning Shock and Stunning Effectiveness in Poultry. Welfare Quality Deliverable 2, subtask 2.2.10.
- Anastasov MI and Wotton SB. 2012. Survey of the incidence of post-stun behavioural reflexes in electrically stunned broilers in commercial conditions and the relationship of their incidence with the applied water-bath electrical parameters. *Animal Welfare* 21: 247-256.
- Bal A. 2011. Tailor-made stunning for every bird. *World Poultry* 27: 44-46.
- Bedanová I, Voslárová E, Vecerek V, Pisteková V and Chloupek P. 2007. Haematological profile of broiler chickens under acute stress due to shackling. *Acta Vet. Brno.* 76: 129-135.
- Bilgili SF. 1999. Recent advances in electrical stunning. *Poultry Science*, 78: 282-286.
- Coenen, A., Prinz S, van Oijen G and Bessei W. 2007. A non-invasive technique for measuring the electroencephalogram in broiler chickens in a fast way: "the chicken EEG glamp" (CHEC). *Archiv für Geflügelkunde* 71: 45-47.
- Debut M, Berri C, Arnould C, Guemene D, Sante-Lhoutellier V, Sellier N, Baeza E, Jehl N, Jégo Y, Beaumont C and Le Bihan-Duval E. *British Poultry Science* 46: 527-535.
- DEFRA. 2007. The Welfare of Poultry at Slaughter or Killing. PB13539. Available from www.defra.gov.uk.
- EFSA. 2004. Welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *The EFSA Journal* 45: 1-29.
- Erasmus MA, Turner PV, Widowski TM. 2010. Measures of insensibility used to determine effective stunning and killing of poultry. *Journal of Applied Poultry Research* 19: 288-298.
- FAWC 2009. Farm Animal Welfare Council: Report on the welfare of Farmed Animals at Slaughter or Killing. Part two: White Meat Animals. Available at www.fawc.org.uk.
- Gentle MJ and Tilston VL. 2000. Nociceptors in the legs of poultry: Implications for potential pain in pre-slaughter shackling. *Animal Welfare* 9: 227-236.
- Gerritzen MA, Lambooi B, Reimert H, Stegeman A and Spruijt B. 2004. On-farm euthanasia of broiler chickens: Effects of different gas mixtures on behaviour and brain activity. *Poultry Science* 83: 1294-1301.
- Gregory and Bell 1987 Duration of wing flapping in chickens shackled before slaughter *Veterinary Record* 121:567-569

- Hindle, V.A., Lambooij, E., Reimert, H.G.M., Workel, L.D., Gerritzen, M.A. (2009) Electrical water bath stunning of poultry. Wageningen UR Livestock Research, Report 200.
- Hindle, V.A., Lambooij, E., Reimert, H.G.M., Workel, L.D., Gerritzen, M.A. (2010) Animal welfare concerns during the use of the water bath for stunning broilers, hens, and ducks. *Poultry Science*, 89, 401-412.
- HSA 2008. Humane Slaughter Association. Electrical Waterbaths. Technical notes TN10.
- HSA 2006. Humane Slaughter Association. Prevention of Pre-Stun Shocks in Electrical Waterbaths. Technical Note No. 16.
- Jones RB and Satterlee DG. 1997. Restricted visual input reduces struggling in shackled broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 52: 109-117.
- Jones RB, Hagedorn TK and Satterlee DG. 1998a. Adoption of immobility by shackled broiler chickens: effects of light intensity and diverse hooding devices. *Applied Animal Behaviour Science* 55: 327-352.
- Jones RB, Satterlee DG and Cadd GG. 1998b. Struggling responses of broiler chickens shackled in groups on a moving line: Effects of light intensity, hoods, and "curtains". *Applied Animal Behaviour Science* 58: 341-352.
- Lambooij E and Gerritzen MA. 2007. Stunning systems of poultry species. XVIII European Symposium on the Quality of Poultry Meat. Sept 2-5. 2007.
- Lines JA, Berry P, Cook P, Schofield CP and Knowles TG. 2011a. Improving the Poultry Shackle Line. Proceedings of the Humane Slaughter Association Centenary Conference, (Recent Advances in the Welfare of Livestock at Slaughter). 30th June and 1st July 2011 at the Portsmouth Historic Dockyard, UK
- Lines JA, Jones TA, Berry PS, Cook P, Spence J and Schofield CP. 2011. Evaluation of a breast support conveyor to improve poultry welfare on the shackle line. *Veterinary Record*; 168:129. Doi: 10.1136/vr.c5431.
- Lines JA, Wotton SB, Barker R, Spence J, Wilkins L and Knowles TG. 2011c. Broiler Carcass quality using head-only electrical stunning in a waterbath. *British Poultry Science* 52: 439-445.
- Parker LJ, Bajoie KC, Catille S, Cadd GG, Satterlee DG and Jones RB, 1997. Sex and shank diameter affect struggling behaviour of shackled broilers. *Poultry Science*, 76 (Suppl. 1): 88.
- Perez-Palacios S. and Wotton, S.B. 2011. Effects of salinity and the use of shackle/leg sprays on the electrical conductivity of a commercial waterbath stunner for broilers. *Veterinary Record* 158 (19): 654-657.
- Prinz S 2009. Electrical waterbath stunning of chickens – effects of electrical parameters on the electroencephalogram and physical reflexes of broilers. PhD thesis, Radboud University Nijmegen, The Netherlands.

- Prinz S 2010. Electrical stunning of broiler chickens. XIIIth European Poultry Conference.
- Prinz, S., van Oijen, G., Bessei, W., Ehringer, F., Coenen, A. (2009) The electroencephalogram of broilers before and after DC and AC electrical stunning. *Archiv für geflügelkunde*, 73, 1, 67-70.
- Prinz, S., Van Oijen, G., Ehringer, F., Bessei, W., Coenen, A. (2010b) Effects of waterbath stunning on the electroencephalograms and physical reflexes of broilers using a pulsed direct current. *Poultry Science*, 89, 1275-1284.
- Prinz, S., Van Oijen, G., Ehringer, F., Coenen, A., Bessei, W. (2010a) Electroencephalograms and physical reflexes of broilers after electrical waterbath stunning using an alternating current. *Poultry Science*, 89, 1265-1274.
- Rådets Direktiv 93/119/EF af 22. december 1993 om beskyttelse af dyr på slagte- eller aflivningstidspunktet. *De Europæiske Fællesskabers Tidende* Nr. L340/21.
- Rådets forordning (EF) Nr. 1099/2009 af 24. september 2009 om beskyttelse af dyr på aflivningstidspunktet. *Den Europæiske Unions Tidende* L301/1
- Raj ABM and O'Callaghan M. 2004a. Effect of amount and frequency of head-only stunning currents on the electroencephalogram and somatosensory evoked potential in broilers. *Animal Welfare* 2004. 13: 159-170.
- Raj ABM and O'Callaghan M. 2004b. Effects of electrical water bath stunning current frequencies on the spontaneous electroencephalogram and somatosensory evoked potentials in hens. *British Poultry Science* 45: 230-236.
- Raj ABM, O'Callaghan and Knowles TG. 2006a. The effect of amount and frequency of alternating current used in waterbath stunning and of slaughter methods on electroencephalograms in broilers. *Animal Welfare*, 15, 7-18.
- Raj ABM, O'Callaghan M and Hughes SI. 2006b. The effects of amount and frequency of pulsed direct current used in water bath stunning and of slaughter methods on spontaneous electroencephalograms in broilers. *Animal Welfare* 15: 19-24.
- Raj ABM, O'Callaghan M and Hughes SI. 2006c. The effects of pulse width of a direct current used in water bath stunning and of slaughter methods on spontaneous electroencephalograms in broilers. *Animal Welfare* 15: 25-30.
- Raj ABM. 2006. Recent developments in stunning and slaughter of Poultry. *World's Poultry Science Journal* 62: 467-484.
- Satterlee DG, Parker LJ, Castille SA, Cadd CG and Jones RB. 2000. Struggling behaviour in shackled male and female broiler chickens. *Poultry Science* 79: 652-655.
- Shields S and Raj ABM. 2010. A critical review of electrical water-bath stun systems for poultry slaughter and recent developments in alternative technologies. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 13: 281-299.
- Sparrey JM and Kettlewell PJ. 1994. Shackling of poultry – is it a welfare problem. *World Poultry Science Journal* 50: 167-176.

Sparrey JM, Kettlewell PJ, Paice MER and Whetlor WC. 1993. Development of a constant current water bath stunner for poultry processing. *Journal of Agricultural Engineering Research* 56(4): 267-274.

von Wenzlawowicz, M and von Holleben K. 2001. Assessment of stunning effectiveness according to present scientific knowledge on electrical stunning of poultry in a waterbath. *Archives für Geflügelkunde*. 65: 193-198.

Wask 2003. *The Welfare of Animals (Slaughter or Killing) (Amendment) (England) Regulations 2003*.

Wilkins LJ, Wotton SB, Parkman ID, Kettlewell PJ and Griffiths P. 1999. Constant current stunning effects on bird welfare and carcass quality. *Journal of applied Poultry Research* 8: 465-471.

Zimmerman PH and Koene P. 1998. The effect of frustrative nonreward on vocalisations and behaviour in the laying hen, *Gallus gallus domesticus*. *Behavioural Processes* 44: 73-79.