



Elbedövning över huvudet av slaktgrisar, suggor och galtar

En litteraturstudie om strömstyrkor, anatomisk variation och bedövningseffektivitet

Isabella Hådén

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Agronomprogrammet djur
Uppsala 2026



Elbedövning över huvudet av slaktgrisar, suggor och galtar. En litteraturstudie om strömstyrkor, anatomisk variation och bedövningseffektivitet

Electrical stunning of finishing pigs, sows and boars using the head-only method. A literature review on current intensity, anatomical variation, and stunning effectiveness

Isabella Hådén

Handledare: Josefine Jerlström, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Examinator: Lotta Berg, SLU, Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap, G2E
Kurskod: EX0865
Program/utbildning: Agronomprogrammet djur
Kursansvarig inst.: Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2026
Omslagsbild: Josefine Jerlström
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: elektrisk bedövning, avblodning, slakt, bedövningskvalitet, djurvälfärd, slaktsvin, medvetslöshet, sticktid, resistans

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd

Sammanfattning

Elektrisk bedövning över huvudet används främst vid mindre svenska slakterier och innebär att en elektrisk ström passerar hjärnan och framkallar ett epileptiskt anfall som leder till i princip omedelbar medvetslöshet. För att metoden ska vara effektiv krävs korrekt tångplacering, god elektrodkontakt och att ström med tillräckligt hög strömstyrka och varaktighet passerar hjärnan.

Denna litteraturstudie visar att nuvarande rekommendationer för elektrisk bedövning till stor del baseras på äldre studier utförda på mindre grisar, främst slaktgrisar av olika vikt, medan kunskapen om tyngre grisar såsom suggor och galtar är begränsad. Resultaten indikerar att anatomiska och fysiologiska faktorer, såsom huvudstorlek, fettansamling samt hud- och skalltjocklek i kombination med elektriskt motstånd, kan påverka hur strömmen fördelas och därmed bedövningens effektivitet. Flera studier antyder att högre strömstyrkor än dagens rekommendationer kan behövas för att säkerställa tillräcklig bedövning.

Bedömning av bedövningskvalitet baseras huvudsakligen på djurbaserade indikatorer såsom frånvaro av andning, kornealreflex och rättningsreflex. Samtidigt pekar litteraturen på behovet av mer objektiva neurofysiologiska metoder för att säkrare kunna fastställa medvetslöshet. Variationer mellan slakterier avseende utrustning, underhåll och elektrodplacering framhålls också som faktorer som kan påverka bedövningens kvalitet och djurvälstånd.

Sammantaget visar litteraturen att elbedövning över huvudet är en komplex metod där flera biologiska och tekniska faktorer samverkar. Betydande kunskapsluckor kvarstår fortfarande, särskilt avseende tyngre grisar såsom suggor och galtar, vilket indikerar behov av fortsatt forskning för att säkerställa god djurvälstånd och vetenskapligt välgrundade rekommendationer som slakterier kan förhålla sig till.

Nyckelord: elektrisk bedövning, avblodning, slakt, bedövningskvalitet, djurvälstånd, slaktsvin, medvetslöshet, sticketid, resistans

Abstract

Head-only electrical stunning is primarily used at smaller Swedish slaughterhouses and involves an electric current passing through the brain, inducing an epileptic seizure that causes almost immediate unconsciousness. The effectiveness of the method depends on accurate electrode placement, adequate electrode contact, and the application of sufficient electrical current for an appropriate duration.

This literature review shows that current recommendations for electrical stunning are largely based on older studies conducted on smaller fattening pigs, while knowledge regarding heavier animals such as sows and boars remains limited. The results indicate that anatomical and physiological factors, such as head size, fat deposition, and skin and skull thickness, in connection with electrical resistance, may influence how the current is distributed and thereby affect the effectiveness of stunning. Several studies suggest that higher current levels than the present minimum recommendations are needed to ensure adequate stunning.

Assessment of stunning quality is mainly based on animal-based indicators such as the absence of breathing, corneal reflex, and righting reflex. At the same time, the literature points to the need for more objective neurophysiological methods to more reliably determine unconsciousness.

Variations between slaughterhouses in equipment, maintenance, and electrode placement are also identified as factors that may affect stunning quality and animal welfare.

Overall, the literature shows that head-only electrical stunning is a complex method involving the interactions of several biological and technical factors interact. Significant knowledge gaps remain, particularly concerning heavier pigs like sows and boars. This indicates a need for further research to ensure good animal welfare and scientifically sound recommendations that slaughterhouses can safely work in accordance with.

Keywords: electrical stunning, bleeding, slaughter, stun quality, animal welfare, finishing pig, unconsciousness, sticking time, resistance

Innehållsförteckning

Förkortningar	6
1. Introduktion	7
2. Material och metod	9
2.1 Litteratursökning och urval	9
3. Resultat	11
3.1 Nuvarande rekommendationer för elbedövning över huvudet av slaktgrisar, suggor och galtar	11
3.1.1 Rekommenderade strömstyrkor	11
3.1.2 Elektriska parametrar: spänning, frekvens och exponeringstid	12
3.1.3 Tångplacering och elektrodkontakt	12
3.2 Vetenskaplig evidens bakom nuvarande rekommendationer	13
3.2.1 Evidens för rekommenderade elektriska parametrar	13
3.2.2 Betydelsen av elektriska parametrar för bedövningseffektiviteten	14
3.2.3 Begränsningar i nuvarande evidensunderlag	15
3.3 Anatomiska och fysiologiska faktorer av betydelse för bedövningseffektivitet och djurvälstånd	16
3.3.1 Betydelsen av anatomisk variation	16
3.3.2 Kopplingen mellan kroppsstorlek och elektrisk resistans	17
3.3.3 Bedövningseffektivitet	18
3.4 Identifierade kunskapsluckor och forskningsbehov	19
4. Diskussion	20
4.1 Evidensläget för nuvarande rekommendationer	20
4.2 Anatomiska och praktiska faktorer som påverkar bedövningseffektiviteten	21
4.3 Begränsningar i nuvarande forskning och behov av framtida studier	22
5. Slutsats	25
Referenser	26
Populärvetenskaplig sammanfattning	28
Bilaga 1	29
Bilaga 2	31

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
A	Ampere, Strömstyrka
ECoG	Elektrokortikografi
EEG	Elektroencefalogram
Hz	Hertz, Frekvens
V	Volt, Spänning
Ω	Ohm, resistans

1. Introduktion

Slakt och bedövning av grisar utgör en central fråga inom djurvälstånd och livsmedelsproduktion. I EU ska alla djur bedövas före avblodning och förbli medvetslösa tills de dör av blodförlust (Rådets förordningar (EG) Nr 1099/2009). Sverige medger, till skillnad från vissa andra EU-länder, inga undantag från detta krav (SFS, 2018:1192; SJVFS, 2020:22). Djuren ska inte utsättas för stress, smärta eller lidande, och bedövningens effekt ska kontrolleras individuellt; vid otillräcklig effekt ska ombedövning utföras (EFSA, 2004;2020). Bedövningen följt av avblodning samt korrekt bedömning av bedövningskvaliteten är av betydelse för konsumentförtroende, djurvälstånd och livsmedelssäkerhet (Støier *et al.*, 2016; European Commission, 2023).

Vid bedövning av grisar i Sverige används främst gruppvis koldioxidbedövning, medan elektrisk bedövning över huvudet förekommer vid mindre och mellanstora slakterier (Végh *et al.*, 2010; Wallgren *et al.*, 2020). Inom EU använder vissa slakterier även elektrisk bedövning i större skala, antingen över huvudet eller huvud-till-kropp (EFSA, 2004). Den sistnämnda metoden är inte tillåten i Sverige eftersom den bygger på användning av ett fixeringssystem (s.k. "belt restrainers"), vilka inte är tillåtna enligt svensk lagstiftning (Wallgren *et al.*, 2020). Valet av bedövningsmetod är sedan länge föremål för vetenskaplig och etisk diskussion, då olika metoder medför skilda djurvälståndsutmaningar.

Elbedövning över huvudet innebär att elektroder appliceras över huvudet och inducerar ett epileptiskt anfall som ska leda till omedelbar medvetslöshet (Hoenderken, 1978). Metoden är reversibel, vilket innebär att bedövningseffekten avtar efter en viss tid och att avblodning därför måste ske inom ett kort tidsintervall (Lambooj, 2014). För att säkerställa en effektiv bedövning krävs att det bildas ett elektriskt fält där tillräcklig strömstyrka passerar hjärnan, samtidigt som korrekt placering av elektroderna är avgörande för bedövningseffektiviteten (Lambooj, 2014; EFSA, 2020).

Trots lång användning av metoden i många länder kvarstår praktiska och vetenskapliga utmaningar, särskilt kring vilka inställningar som säkerställer en tillförlitlig bedövning (Végh *et al.*, 2017). Faktorer som kroppsstorlek, anatomi och elektriskt motstånd påverkar strömmens fördelning och därmed bedövningens effekt, men den vetenskapliga evidensen kring hur dessa faktorer påverkar bedövningseffektiviteten är fortfarande begränsad, vilket har påpekats i flera studier (EURCAW, 2025).

Flera forskningsprojekt har syftat till att förbättra kunskapsläget men även utveckla nya bedövningsmetoder för gris. Ett exempel är det nyligen avslutade PigStun®-projektet, som fokuserade på att undersöka och utveckla mer effektiva och djurvälståndsmässigt hållbara bedövningsmetoder (PigStun, 2025). Där lyfts exempelvis elbedövning fram som ett alternativ. Parallellt arbetar European Union Reference Centre for Animal Welfare for Pigs (EURCAW-Pigs) med att sammanställa och sprida kunskap inom området för att stödja myndigheter och relevanta branscher. Till exempel väcktes en fråga från Sverige kring vilken strömstyrka som bör användas för tyngre grisar (>150 kg) eftersom observationer från svenska slakterier indikerat bristfällande bedövningskvalitet vid nuvarande gränsvärden (EURCAW, 2025).

Nuvarande riktlinjer för elbedövning över huvudet baseras till stor del på äldre experimentella studier där mindre grisar ofta användes av praktiska skäl (Végh *et al.*, 2010). Sedan dess har grisproduktionen genomgått betydande förändringar till följd av genetisk utveckling, ändrade konsumentpreferenser och ökad produktionseffektivitet, vilket innebär att dagens djur, både slaktgrisar, suggor och galtar, skiljer sig från de som tidigare studerades, särskilt avseende kroppsvikt och anatomiska förutsättningar (Jerlström, 2025). Detta aktualiserar frågan om de nuvarande rekommendationerna fortfarande är vetenskapligt välgrundade och tillämpbara under dagens produktionsförhållanden.

Syftet med arbetet är att undersöka den vetenskapliga evidensen bakom rekommenderade strömstyrkor och inställningar vid elbedövning över huvudet på slaktgrisar, suggor och galtar. Arbetet syftar även till att identifiera kunskapsluckor relaterade till variation i djurens anatomi och dess betydelse för bedövningskvalitet och djurvälstånd vid slakt.

För att besvara syftet har tre frågeställningar formulerats:

- Vilken vetenskaplig evidens ligger till grund för nuvarande rekommendationer avseende strömstyrka och inställningar vid elbedövning av slaktgrisar och suggor, och hur aktuell är denna evidens?
- Vilken betydelse har variation i grisars storlek (t.ex. slaktgrisar och suggor) och elektrisk resistans för bedövningseffektivitet enligt den vetenskapliga litteraturen?
- Vilka kunskapsluckor kan identifieras och hur bör framtida forskning utformas för att säkerställa god djurvälstånd vid elbedövning över huvudet?

2. Material och metod

I detta vetenskapliga arbete genomfördes en litteraturinsamling där information sammanställdes från vetenskapliga artiklar, tillförlitliga webbplatser och relevanta rapporter.

2.1 Litteratursökning och urval

Vid sökning efter vetenskaplig litteratur användes databaserna Scopus, Science Direct och Primo via Sveriges lantbruksuniversitets bibliotekstjänster. Vid den första litteratursökningen användes söksträngen ” (electrical stunning OR head-only stunning) AND (pig OR pigs OR sows OR fattening pigs OR finishing pigs)”. Primo gav 253 träffar. Om artikeln inriktade sig på elektrisk bedövning huvud-till-kropp elbedövning så valdes de artiklar bort. Även artiklar som studerade köttkvalitet och jämförelser med koldioxid valdes bort. Vid det andra söktillfället användes i kombination med den övre söksträngen ("animal welfare" OR "humane" OR "slaughter" OR "processing") AND ("stress" OR "pain" OR "behavior" OR "physiology") för att bredda litteraturunderlaget. Vid det tredje söktillfället användes ("pig" OR "swine" OR "hog") AND ("size" OR "weight" OR "dimension" OR "morphology") AND ("electrical resistance" OR "conductivity" OR "resistivity" OR "impedance") AND ("stunning" OR "humane slaughter" OR "pre-slaughter" OR "animal welfare") AND ("effectiveness" OR "efficacy" OR "performance" OR "outcome"). Utifrån ca 30 relevanta vetenskapliga artiklar identifierades ytterligare studier genom granskning av deras referenslistor, vilket bidrog till att komplettera och fördjupa materialet. Eftersom det fanns begränsad aktuell forskning inom området inkluderades äldre studier i litteraturgenomgången. Den nyare forskning som fanns byggde dessutom till stor del på tidigare äldre studier, eftersom flera nuvarande rekommendationer baseras på forskning genomförd under 1970- och 1990-talet. Detta motiverade användningen av dessa källor.

Den insamlade litteraturen sammanställdes och analyserades tematiskt utifrån områden såsom strömstyrka, elektrisk resistans, tångplacering och bedövningseffektivitet för att besvara frågeställningarna.

Under arbetet användes generativ AI i begränsad omfattning som understöd för språklig granskning, idéutveckling och inspiration. Användningen skedde i enlighet med gällande riktlinjer och granskades noggrant.

Som ett illustrativt komplement till litteraturstudien genomfördes enklare anatomiska observationer på huvuden från en slaktgris och två suggor vid ett svenskt slakteri. Efter klyvning av skallarna genomfördes mätningar av

skallbenets tjocklek och vävnadslagrens omfattning. Observationerna syftade endast till att illustrera anatomiska variationer mellan djur och användes inte för statistisk analys. Dessa bilder och information finns i Bilaga 1 och 2.

3. Resultat

3.1 Nuvarande rekommendationer för elbedövning över huvudet av slaktgrisar, suggor och galtar

För att förstå bedövningens effektivitet och djurvälståndsmässiga konsekvenser behöver de nuvarande rekommendationerna för elektrisk bedövning först beskrivas.

3.1.1 Rekommenderade strömstyrkor

Elektrisk bedövning syftar till att omedelbart inducera medvetslöshet hos djuret genom att framkalla ett epileptiskt anfall (Lambooij, 2014). Bedövningsförloppet delas in i tre faser. Den första, toniska fasen, kännetecknas av att djuret kollapsar omedelbart och uppvisar muskelstelhet. Därefter följer den kloniska fasen, som innefattar muskelryckningar och upphörd andning. Under denna fas observeras även vidgade pupiller och en ofokuserad blick. Den tredje fasen kallas återhämtningsfasen, eftersom metoden är reversibel och djuret därmed kan återfå medvetandet (Lambooij, 2014). För att säkerställa omedelbar medvetslöshet vid elektrisk bedövning är den strömstyrka (Ampere, A) som passerar hjärnan (Wotton & O'Callaghan, 2002), i kombination med korrekt placering av elektroderna på tången avgörande (Hoenderken, 1978; EFSA, 2020).

Vid elektrisk bedövning över huvudet på slaktgrisar tillämpas i praktiken en strömstyrka på minst 1,3 A enligt Rådets förordning (EG) Nr 1099/2009. Strömmen ska appliceras under minst en sekund och avblodning ska genomföras inom 15 sekunder efter avslutad bedövning (EFSA, 2004). Végh *et al.*, (2010) beskriver att längre appliceringstider även förekommer i praktiken.

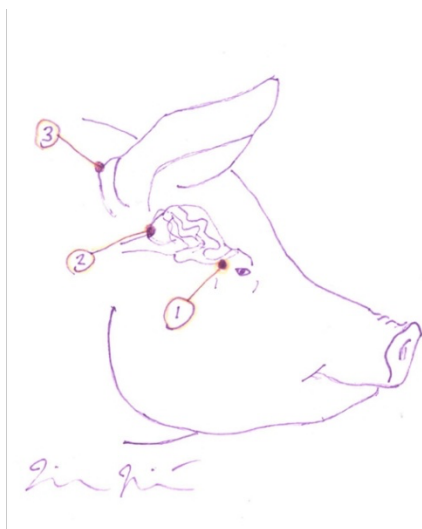
Merparten av forskningen om elektrisk bedövning över huvudet och rekommenderade strömstyrkor baseras på slaktsvin med en kroppsvikt ofta långt under 150 kg, vilket gör kunskapen om elbedövning för suggor och galtar (>150 kg) begränsad (Kramer *et al.*, 2022). Trots skillnader i kroppsvikt och anatomi saknas särskilda rekommendationer för tyngre grisar i EU-förordningen om slakt och avlivning (Rådets förordningar (EG) Nr 1099/2009). Flera studier föreslår dock högre strömstyrkor för suggor och galtar, omkring 1,8–2,0 A (von Wenzlawowicz *et al.*, 2012; European Commission, 2017).

3.1.2 Elektriska parametrar: spänning, frekvens och exponeringstid

Det saknas idag specifika regelverk avseende spänning (Volt, V) och frekvens (Hertz, Hz) som används vid elbedövning vilket innebär att tillämpningen i stor utsträckning baseras på rekommendationer, praktisk erfarenhet och verksamhetsspecifika rutiner (PigStun, 2025). Rekommendationen från (EFSA, 2020) är en frekvens på 50 Hz, spänning på 200–250 V och en strömstyrka på 1,3–1,6 A för optimal bedövningseffektivitet.

3.1.3 Tångplacering och elektrodkontakt

Korrekt tångplacering är avgörande för en effektiv bedövning (Anil, 1991). Optimal placering innebär att elektroderna placeras på varsin sida av huvudet, nära ögonen och mellan öronbasen där hjärnan ska ligga inom det elektriska fältet (placering 1, Figur 1) (Anil & McKinstry, 1998). Studier visar att denna placering ger hög strömöverföring (Anil, 1991; Eike *et al.*, 2005). I praktiken är metoden dock svår att genomföra eftersom djuret behöver fixeras (Anil, 1991). En placering bakom öronen (placering 3, Figur 1) är i stället den vanligaste placeringen i praktiken enligt EFSA (2020).



Figur 1. Illustration av tångplacering på gris vid användning av elektrisk bedövning över huvudet av Isabella Håden baserat på illustrationen från (Anil och McKinstry 1998).

I en experimentell studie genomförd i laboratoriet av Anil och McKinstry (1998) undersöktes fem elektrodplaceringar vid en spänningarna 150 V och 250 V (50 Hz, AC i 3 s) på grisar (60–80 kg). Vid 150 V gav placeringen mellan ögon och öronbasen (placering 2, figur 1) den högsta uppmätta strömstyrkan. En tångplacering bakom öronen (placering 3, figur 1) vid en spänning på 250 V uppvisade den högsta uppmätta strömstyrkan. Resultaten visade att placeringar

som inte involverade hjärnan gav otillräcklig bedövning, oavsett spänning, och att både strömstyrka och elektrodplacering påverkade bedövningseffektiviteten.

Underhållet och rengöringen av elektroderna är avgörande för ett effektivt och stabilt strömflöde under bedövningen. Beläggningar av fett och smuts ökar kontaktresistansen och försämrar därmed strömöverföringen, vilket gör att funktionen blir mindre tillförlitlig. Regelbunden rengöring rekommenderas därför för att upprätthålla låg resistans och säkerställa en effektiv bedövning (Humane Slaughter Association, 2013; EFSA, 2020).

En viktig faktor är att säkerställa kontinuerlig och god kontakt mellan elektroder och hud under hela exponeringstiden. Om kontakten bryts kan strömflödet avbrytas, vilket försämrar bedövningens effektivitet. Dålig elektrodkontakt kan till exempel uppstå vid ojämn skallform hos grisen (EFSA, 2020).

3.2 Vetenskaplig evidens bakom nuvarande rekommendationer

För att bedöma tillförlitligheten i dagens rekommendationer behöver den vetenskapliga evidensen bakom dessa parametrar analyseras.

3.2.1 Evidens för rekommenderade elektriska parametrar

I en omfattande nederländsk avhandling, som även varit vägledande för lagstiftning på området, undersöktes flera parametrar relaterade till elbedövning på grisar som vägde 90 - 100 kg (Hoenderken, 1978). Resultaten visade att endast spänningarna 300 och 525 V kunde garantera effektiv bedövning under majoriteten av förhållandena. Omedelbar medvetslöshet kunde inte säkerställas vid 70 V och 180 V. Studien visade även att strömstyrkan i kombination med tångens placering var avgörande för att framkalla ett epileptiskt anfall. Utifrån en experimentell studie där hjärnaktivitet mättes fastställdes ett referensvärde på 1,07 A, baserat på ett konfidensintervall på 0,95–1,20 A. Av de faktorer som påverkar bedövningens effektivitet identifierades spänningen, som den mest betydelsefulla parametern. Resultaten visade dessutom att grisen bör avblodas inom 30 sekunder efter påbörjad bedövning, eftersom det tar cirka 20 sekunder av blodförlust innan elektrocerebral inaktivitet uppnås på grisar som väger 90–100 kg (Hoenderken, 1978).

Anil (1991) visade däremot att en strömstyrka på minst 0,406 A var tillräcklig för att uppnå effektiv elektrisk bedövning hos grisar med en kroppsvikt på 60–80 kg, 50 Hz. Bedövning med 100 V under 3 sekunder misslyckades i 38 % av fallen, där vissa grisar återfick medvetandet redan efter 10 sekunder. Däremot gav 150 V under 3 sekunder tillräcklig bedövning hos grisar med en kroppsvikt på 60–80 kg.

Högre spänning kunde inte påvisa någon tydlig ytterligare fördel vid den studerade strömstyrkan 0,406 A. Det maximala intervallet mellan bedövning och avblodning var 15 sekunder. Studien visade även att den elektriska resistansen varierade betydligt mellan individer. En hög uppmätt strömstyrka innebar inte nödvändigtvis effektiv bedövning om strömmen inte passerade genom hjärnan, vilket understryker vikten av korrekt elektrodplacering. Bedömningen av bedövningseffekten baserades enbart på djurbaserade indikatorer.

För att undersöka huruvida den aktuella lagstiftningen och dess vetenskapliga underlag fortfarande var relevanta genomfördes en studie av Végh *et al.*, (2010). Syftet var att verifiera sambandet mellan strömstyrka och bedövningens effektivitet på fyra slakterier. Totalt observerades 145 grisar med en genomsnittlig levande vikt på 109 kg. Studien använde en förinställd sinusvåg på 50 Hz, medan spänningen fastställdes av respektive slakteri. Tången placerades antingen mellan ögonen och öronbasen eller under öronbasen. Tröskelvärdena 0,4 A (Anil, 1991) och 1,3 A (Hoenderken, 1978) användes för att kunna verifiera inställningarna. Alla fyra slakterierna använde sig av olika spänningar: 135 V, 260 V, 80 V, och det fjärde slakteriet använde två olika spänningar 240- och 255 V. Endast vid det tredje slakteriet som använde en spänning på 80 V kunde tröskelvärdet 0,4 A undersökas, men någon skillnad i bedövningseffektivitet mellan slakterierna kunde inte påvisas utifrån detta värde. Däremot observerades en statistiskt signifikant skillnad vid det fjärde slakteriet som använde en spänning på 240 och 255 V, där bedövningseffektiviteten var bättre när strömstyrkan översteg 1,3 A ($p < 0,01$). Detta kan förklaras av högre resistans, exempelvis till följd av bristfälligt underhållen utrustning. Totalt bedömdes 128 av 145 (88,3 %) grisar ha en effektiv bedövningsskvalitet på de fyra slakterierna, och den uppmätta strömstyrkan varierade mellan 0,14 och 5,0 A på alla slakterier. Studien visade även att tre av de fyra undersökta slakterierna krävde ett högre tröskelvärde än 1,3 A för att uppnå en effektiv bedövning (Végh *et al.*, 2010).

3.2.2 Betydelsen av elektriska parametrar för bedövningseffektiviteten

Med hjälp av elektrokortikografi (ECoG) går det att estimeras hur mycket ström som faktiskt passerar genom hjärnan och ECoG kan därför användas för att påvisa medvetlöshet efter elbedövning. I en studie från Kanada utfördes ECoG på 15 grisar med en levande vikt på 77–85 kg där två elektroder opererades fast på hjärnbarken. Vid elektrisk bedövning med en spänning på 320 V uppmättes den maximala strömstyrkan genom huvudet till $2,4 \pm 0,3$ A, medan den faktiska spänningen över huvudet var $279,3 \pm 14,1$ V. Den maximala spänningen över hjärnan uppgick till $8,7 \pm 3,1$ V. Tiden till återkomst av medvetande var i genomsnitt $34,8 \pm 12,4$ s. Vid en andra bedövning, utförd cirka fem minuter efter

den första, ökade den maximala strömstyrkan genom huvudet till 2,9 A ($P < 0,01$). ECoG-värdet, dvs. som speglar den elektriska aktiviteten i hjärnbarken var relativt stabilt över de olika tillstånden och uppgick till $3,28 \pm 1,15$ Hz före bedövning vid medvetet tillstånd, $2,97 \pm 0,87$ Hz under medvetlöshet, $2,65 \pm 0,85$ Hz under avblodning samt $2,65 \pm 1,05$ Hz efter avblodning. ECoG-amplituden före bedövning motsvarade graden av muskelaktivitet och var förhöjd vid stressat beteende, oavsett medvetandegrad. Reflexrörelser i huvudet som observerades efter avblodning åtföljdes inte av motsvarande aktivitet i ECoG:t. Hos djur som var vid medvetande och inte uppvisade stressat beteende gav måttliga stimuli, såsom nypning i bakklöven upphov till detekterbara förändringar i ECoG-aktiviteten. Detta kriterium kunde dock endast användas för att bedöma medvetandegraden när djuren var stilla (Swatland *et al.*, 1984).

3.2.3 Begränsningar i nuvarande evidensunderlag

Den kommersiella användningen av elektrisk bedövning på grisar infördes i början av 1900-talet och ökade sedan i omfattning från och med 1930-talet. De studier som ligger till grund för lagstiftningen kring strömstyrkor är dock begränsade och bygger främst på äldre forskning av Hoenderken (1978) och Anil (1991). Dessa två forskare utgör fortfarande centrala referenser inom området (Végh *et al.*, 2010).

Nyligen genomfördes en studie av grisar vid två slakterier i Colombia (slakteri A och slakteri B) som undersökte djurvälstånd och tekniska variationer i bedövningsprocessen (Pastrana-Camacho *et al.*, 2025). Vid slakteri A placerades elektroderna mellan ögon och öronbasen, medan slakteri B använde en placering bakom öronen. Slakteri A uppvisade i genomsnitt lägre spänning 210 V, strömstyrka 1,87 A, resistans 125 ohm (Ω) samt kortare exponeringstid av tången (cirka sex sekunder) än slakteri B. Motsvarande värden för det slakteriet var påtagligt högre (235 V, 2,21 A, 136 Ω) och slakteri B hade även en längre tångtid ($8,3 \pm 1,5$ sekunder). Grisarnas kroppsvikt var något högre i slakteri A ($112 \pm 8,6$ kg) jämfört med slakteri B ($103 \pm 10,5$ kg). Resultaten visade att majoriteten av djuren bedövades med strömstyrkor över 1,6 A, men fördelningen varierade signifikant mellan slakterierna ($p < 0,001$). Slakteri A hade en större andel djur inom intervallet 1,3–1,6 A, vilket ofta betraktas som mer optimalt, medan slakteri B uppvisade en mer polariserad fördelning med både lägre och högre strömstyrkor. Även spänningsnivåerna skilde sig signifikant åt ($p < 0,001$), där slakteri A i större utsträckning använde nivåer under 220 V, medan slakteri B oftare använde 220–240 V men även nivåer över detta intervall. Motsvarande skillnader observerades för resistansen ($p < 0,001$), där slakteri B hade en högre andel djur med resistans över 201 Ω . Vidare kunde även skillnader i utrustning

och fixeringsmetoder mellan slakterierna påvisas vilket påverkade de elektriska parametrarna (Pastrana-Camacho *et al.*, 2025).

3.3 Anatomiska och fysiologiska faktorer av betydelse för bedövningseffektivitet och djurvälstånd

Utöver tekniska parametrar beskriver litteraturen även flera anatomiska och fysiologiska faktorer som kan påverka bedövningen effektivitet.

3.3.1 Betydelsen av anatomisk variation

Ohms lag beskriver sambandet mellan spänning, ampere och resistans (Ω) i en elektrisk krets, $A = V/\Omega$ (Anil, 1991). Elektisk resistans spelar en betydande roll i leverering av korrekt strömstyrka som ska passera hjärnan, och påverkan därmed effektiviteten av bedövningen (Wotton & O'Callaghan, 2002). För att öka strömstyrkan så måste spänningen öka eller så måste resistansen minska (Humane Slaughter Association, 2013).

Tyngre grisar, såsom suggor, bedöms ha högre total resistans jämfört med slaktgrisar på grund av tjockare hud, större fettansamling och längre strömväg genom vävnaderna. Högre resistans förekommer även när elektroderna är slitna, smutsiga eller torra. Detta innebär att samma elektriska inställningar inte alltid ger samma bedövningseffekt hos olika djur. Exempelvis visade beräkningar att rena elektroder och låg resistans kunde ge en strömstyrka på cirka 1,6 A vid 250 V, vilket ansågs vara tillräckligt för effektiv bedövning. Vid högre resistans sjönk strömstyrkan till omkring 0,7 A trots samma spänning, vilket resulterade i otillräcklig bedövning. Resultaten betonar vikten av att operatören kontinuerligt övervakar spänning och strömstyrka (Humane Slaughter Association, 2013).

Inga tidigare praktiska observationer av anatomisk variation hos grisar kunde identifieras i litteraturen. Därför genomfördes en egen illustrativ insamling omfattande en slaktgris (bilaga 1) och en sugga (bilaga 2). Bilaga 1 visar ett transversellt snitt av en sugga, medan bilaga 2 visar ett motsvarande snitt av en slaktgris. En jämförande analys av bilaga 1 och bilaga 2 visar på skillnader avseende de anatomiska strukturernas dimensioner samt hjärnans anatomiska position. Den mest framträdande skillnaden återfinns i muskelvävnadens tjocklek, vilken uppvisar en avvikelse om 1,5 cm mellan bilagorna. Vidare föreligger en skillnad i tjockleken av späck- och hudlagret om 0,8 cm samt en skillnad i bentjocklek om 0,5 cm. Utöver variationerna i vävnadslagren observeras även en förskjutning av hjärnans position med 1 cm mellan bilaga 1 och bilaga 2. Dessa skillnader indikerar att de två bilagorna representerar skilda anatomiska förutsättningar. Sammanfattningsvis uppgår de observerade skillnaderna mellan

bilaga 1 och bilaga 2 till 0,8 cm för späck- och hudlagret, 1,5 cm för muskelvävnaden, 0,5 cm för benvävnaden samt 1 cm avseende hjärnans position.

3.3.2 Kopplingen mellan kroppsstorlek och elektrisk resistans

Ström som appliceras påverkas av två saker: spänningen mellan de två elektroderna och den elektriska resistansen hos djuret (Humane Slaughter Association, 2013). Faktorer som påverkar den elektriska resistansen av djuret är päls och renlighet, huvudstorlek, andelen hjärnvävnad samt skallens och hudens tjocklek (Gerritzen *et al.*, 2021).

I tidigare nämnd studie av Végh *et al.*, 2010 undersöktes betydelsen mellan huvudets resistans och levandevikt. I studien slaktades grisar mellan 30–150 kg men där majoriteten av grisar vägde över 100 kg. Den elektriska resistansen kunde uppmätas mellan 32–571 Ω där medelvärdet var 159,56 Ω . Ingen korrelation fanns mellan individuell levandevikt och elektrisk resistans i huvudet. Korrelation mellan köttklassificering utifrån EUROP-skalan och elektrisk resistans kunde inte heller påvisas.

Distansen mellan elektroderna och olika delar av vävnad har visat sig ha betydelse för huruvida tillräcklig strömstyrka kunnat uppnås (Eike *et al.*, 2005). Vidare beskrevs hur strömmen tar sig till hjärnan. Den största delen av strömmen leds genom blodkärl och nervsystemet medan skallbenet påvisade mycket låg konduktivitet. Strömmen i det elektriska fältet tenderar att följa den väg där motståndet är lägst, vilket innebär att endast en del av den applicerade strömstyrkan passerar hjärnan. (Eike *et al.*, 2005). Variationer mellan djur kan därför påverka bedövningens effektivitet. Resultaten visar att elektrisk resistans varierar beroende på djurens storlek, kroppsammansättning och hudförhållanden. Hos grisar omkring 100 kg rapporterades resistansvärden över huvudet på cirka 150–350 Ω vid god elektrodkontakt (Humane Slaughter Association, 2013).

Djurets kroppsvävnader uppvisar varierande elektrisk ledningsförmåga. Blod och kroppsvätskor har låg resistans och leder ström bra medan fett och ben har hög resistans och leder ström dåligt. Ström genom huvudet går därför helst genom blod, vätskor och mjuk vävnad och försöker undvika fett och skallben. Fett har cirka 2 700 Ω/cm medan blod har upp till 176 Ω/cm (Geddes & Baker, 1967). Eike *et al.*, (2005) gör dock beräkningar för fett till 2 222 Ω/cm , blod 147 Ω/cm , muskel 400 Ω/cm och skallben 1820 Ω/cm . Skallbenet är komplicerat eftersom ben inte är ett homogent material och består av flera lager vilket leder till att den blir en läckande kondensator i stället för en resistor (Geddes & Baker, 1967).

3.3.3 Bedövningseffektivitet

Bedömning av bedövningseffektivitet vid elbedövning över huvudet baseras huvudsakligen på djurbaserade indikatorer. De vanligaste indikatorerna omfattar att den toniska och kloniska fasen har inträffat, sam frånvaro av rättningsreflex, andning, vokalisering (EFSA, 2020; EURCAW, 2025). Frånvaro av korneal- och palpebralreflex används ofta som tecken på nedsatt hjärnstamsfunktion och därmed ett indirekt mått på medvetslöshet. Förekomst av rytmisk andning betraktas däremot som en stark indikator på otillräcklig bedövning eller återfående av medvetande (Wallgren *et al.*, 2020). Även vokalisering och rättningsreflex har identifierats som starka indikatorer på att djuret fortfarande är vid medvetande (EFSA, 2020). En för svag elbedövning kan även leda till att grisen blir paralyserad i stället för bedövad vilket innebär ett stort djurväl-färdsproblem (Eike *et al.*, 2005). Enskilda indikatorer är inte alltid tillräckligt för att säkerställa god bedövningskvalitet, vilket innebär att flera indikatorer behöver bedömas samtidigt för att minska risken för felbedömning. En felaktig bedömning kan få allvarliga konsekvenser för djurväl-färden eftersom djur som återfår någon grad av medvetande under avblodningen riskerar att utsättas för betydande smärta och stress (EFSA, 2020). Praktiska svårigheter vid bedömning av bedövningskvalitet identifierades också i litteraturen (EFSA, 2020).

För att närmare kunna bedöma bedövningseffektiviteten granskade en studie olika djurbaserade indikatorer på slakterier. Resultaten visar att frånvaro av korneal- eller palpebralreflex, smärtreaktion, vokaliseringar, regelbunden andning, muskeltonus samt tecken på återhämtning används som validerade beteendeindikatorer för att bedöma metodens effektivitet. Författarna menade att en enskild reflex inte är tillräcklig för att avgöra medvetslöshet, eftersom den kan indikera kvarvarande hjärnstamsaktivitet snarare än fullständig förlust av medvetande. Detta understryker vikten av att en kombination av flera reflexer bedöms samtidigt för en säkrare bedömning av bedövningskvaliteten (Pastrana-Camacho *et al.*, 2025).

På ett annat colombianskt slakteri uppnåddes effektiv elbedövning av grisar i endast 20,6 % av fallen enligt Gonzalez *et al* (2014), vilket indikerar betydande brister i processen och utgör ett allvarligt djurväl-färdsproblem. Bedövningens effektivitet utvärderades genom observation av beteendeindikatorer från det att djuren lämnade bedövningsboxen fram till avblodningen. Den vanligaste indikatorn på otillräcklig bedövning var palpebralreflex, som observerades hos 73,9 % av grisarna. Detta betraktas som en stark indikation på att den applicerade strömstyrkan har varit otillräcklig. Vidare observerades rättningsreflex hos 11,9 % av djuren, vilket anses vara ett av de mest tillförlitliga tecknen på medvetande. Smärtrespons vid nålstick i nässkiljeväggen noterades hos 9,9 % av grisarna och 4,3 % uppvisade vokaliseringar efter bedövning, vilket ytterligare indikerar

bristande bedövningseffektivitet. En central orsak till den låga effektiviteten var att utrustningen var inställd på en strömstyrka om endast 0,7–0,8 A. Detta är betydligt lägre än den rekommenderade miniminivån på 1,3 A för slaktgrisar. Studien identifierade även flera tekniska och organisatoriska brister som bidrog till problemen. Bland annat saknades amperemätare och tidtagare för att kontrollera korrekt appliceringstid av strömmen, samtidigt som dagligt underhåll av utrustningen inte genomfördes. Dessutom försvårades korrekt placering av elektroderna av att bedövningsboxen saknade ett fixeringssystem för huvudet (González *et al.*, 2014).

3.4 Identifierade kunskapsluckor och forskningsbehov

Genomgången av litteraturen identifiera flera centrala kunskapsluckor relaterade till elektrisk bedövning av grisar. Det visar främst att de fortfarande finns betydande kunskapsluckor kring elektrisk bedövning av tyngre grisar, särskilt under kommersiella slakteriförhållanden. Många nuvarande rekommendationer bygger på äldre laboratoriestudier med slaktgrisar och tar i begränsad utsträckning hänsyn till skillnader hos tyngre grisar, såsom suggor och galtar. Samtidigt varierar metodik, utrustning och elektriska parametrar mellan studier och slakterier, vilket försvårar jämförelser och bedömning av bedövningens effektivitet. Behovet av ytterligare forskning lyfts därför återkommande i litteraturen, bland annat avseende objektiva övervakningsmetoder, registrering av elektriska parametrar i realtid samt studier på olika raser, genetik och tyngre grisar. Dessa aspekter kommer att diskuteras mer ingående i diskussionen, där de viktigaste kunskapsluckorna och deras betydelse för djurvälstånd och praktisk tillämpning särskilt kommer att belysas.

4. Diskussion

Syftet med detta arbete var att undersöka den vetenskapliga evidensen bakom rekommenderade strömstyrkor vid elbedövning över huvudet på grisar samt identifiera hur anatomisk variation och elektrisk resistans påverkar bedövningseffektiviteten och djurvälståndet. Litteraturgenomgången synliggör en tydlig diskrepans mellan rådande lagstiftning, äldre forskningsunderlag och de biologiska förutsättningar som kännetecknar dagens moderna slaktgrisar, suttar och galtar (Hoenderken, 1978; Anil, 1991; Végh *et al.*, 2010;2017; Kramer *et al.*, 2020).

4.1 Evidensläget för nuvarande rekommendationer

En av de mest centrala slutsatserna i denna studie är att dagens minimikrav inom EU – en strömstyrka på minst 1,3 A vid elbedövning över huvudet, vilar på experimentella studier från 1970- och 1990-talen, primärt Hoenderken (1978) och Anil (1991). Vid en jämförelse av dessa källor framgår det att rekommendationerna baserades på grisar med en levandevikt på mellan 60 och 100 kg. Hoenderken (1978) fastställde att ett referensvärde på 1,07 A krävdes för att inducera ett epileptiskt anfall, vilket lade grunden till dagens lagstiftade marginal på 1,3 A. Samtidigt visade Anil (1991) att så lite som 0,406 A under vissa omständigheter kunde räcka för små grisar med en levande vikt på 60 till 80 kg. Flera äldre studier baserade dessutom sina slutsatser huvudsakligen på förekomsten av fysiologiska reflexer snarare än objektiva neurofysiologiska metoder såsom EEG eller ECoG. Detta innebär att den faktiska graden av medvetslöshet i vissa fall kan ha varit svår att fastställa. I Eike *et al.*, (2005) användes en 3D-modell i ett försök att simulera strömstyrkans väg genom huvudet. Denna modell är experimentell och behöver därför beaktas med en viss försiktighet. Mer underlag och framför allt moderna tillämpningar krävs för att tillförlitligt kunna använda denna i framtida forskning.

Den äldre forskning som redovisas måste tolkas med försiktighet i en modern kontext. Som Jerlström (2025) påpekar har grisproduktionen och djurens genetik genomgått en omfattande utveckling de senaste årtiondena. Moderna slaktgrisar är tyngre och har en annan kroppsbyggnad. Denna tolkning stöds av Végh *et al.*, (2010), som i sina fältstudier visade att tre av fyra undersökta slakterier krävde tröskelvärden högre än 1,3 A för att uppnå en tillförlitlig bedövning. Detta indikerar att laboratorieresultat från äldre studier inte utan vidare kan överföras till moderna kommersiella miljöer där bland annat utrustningens underhåll och personalens kunskap påverkar utfallets delar. Det finns en risk att lagstiftningens

minimikrav är underdimensionerade vad gäller strömstyrka som faktiskt krävs på kommersiella slakterier idag.

4.2 Anatomiska och praktiska faktorer som påverkar bedövningseffektiviteten

Litteraturen visar att elektrisk resistans utgör en central faktor för bedövningens effektivitet och påverkas av flera biologiska och tekniska parametrar, såsom hudens och skallbenets tjocklek, mängden fettvävnad, djurets storlek samt kvaliteten på elektrodkontakten. Eftersom tyngre grisar sannolikt uppvisar högre resistans kan identiska elektriska inställningar ge varierande effekt mellan individer. Detta är särskilt relevant för suggor, där det vetenskapliga underlaget fortfarande är begränsat. Resultaten från Kramer *et al.*, (2022) indikerar att högre strömstyrkor än dagens rekommendationer kan krävas för tyngre grisar för att säkerställa en effektiv och irreversibel bedövning. Samtidigt kvarstår betydande kunskapsluckor kring hur fysiologiska och anatomiska skillnader påverkar resistansen och därmed bedövningens effekt, vilket understryker behovet av fortsatt forskning inom området.

När det gäller grisens storlek och dess påverkan på bedövningen ger litteraturen en delvis komplex bild. Végh *et al.*, (2010) fann exempelvis ingen statistisk korrelation mellan individuell levandevikt (30–150 kg) och elektrisk resistans i huvudet. Däremot framhåller Humane Slaughter Association (2013) och Gerritzen *et al.*, (2021) att faktorer såsom huvudstorlek, hudtjocklek, skallens struktur och fettansamling i hög grad påverkar resistansen. Dessa motstridiga resultat kan delvis förklaras av de kunskapsluckor som fortfarande finns inom forskningsområdet. Enligt Geddes och Baker (1967) har fett en mycket hög resistans (cirka 2 700 Ω/cm) jämfört med blod (176 Ω/cm). Eftersom elektrisk ström följer minsta motståndets lag leds den främst genom blodkärl och mjukvävnad, medan vävnader med låg konduktivitet, såsom fett och skallben, i större utsträckning motverkar strömflödet.

Studiens egen redovisning av anatomiska observationer på klyvda grisskallar på slakteriet är ett viktigt komplement till litteraturen (Bilaga 1 och 2). Dessa visade att ett avstånd på fem cm kunde ses från elektrodkontakt till hjärnan (Bilaga 2). Även om Végh *et al.*, (2010) inte såg en korrelation upp till 150 kg, kan påtagliga anatomiska skillnader i skallbens- och fetttjocklek mellan slaktgrisar och suggor påvisas. Suggor och galtar har avsevärt kraftigare skallar och tjockare vävnadslager. Utifrån detta borde den totala resistansen i en stor suggas eller galts huvud bli betydligt mer problematisk än hos en slaktgris, inte nödvändigtvis på grund av ren levandevikt, utan på grund av den fysiska barriär som den anatomiska utvecklingen utgör. Om mer ström tvingas runda hjärnan via yttre

vänader på grund av ett tjockt, högresistent skallben, innebär det att den faktiska strömmen som penetrerar hjärnbarken blir otillräcklig, trots att utrustningen indikerar att en hög strömstyrka passerar genom tången.

4.3 Begränsningar i nuvarande forskning och behov av framtida studier

Ett centralt problem som identifierats är avsaknaden av rekommendationer för tyngre grisar i EU-förordningen. Suggor och galtar bedövas i praktiken med samma minimikrav som slaktgrisar, trots att rekommendationer i litteraturen (von Wenzlawowicz *et al.*, 2012; European Commission, 2017) föreslår att lägsta strömstyrkan bör höjas till 1,8–2,0 A för dessa kategorier. Att svenska slakterier har rapporterat bristfällig bedövningskvalitet på stora grisar till EURCAW (2025) är enligt detta arbete en direkt konsekvens av denna kunskapsbrist. Dessutom spelar den mänskliga och den tekniska faktorn en avgörande roll. Pastrana-Camacho *et al.*, (2025) visade hur parametrar som spänning, strömstyrka och resistans fluktuerar kraftigt mellan olika slakterier beroende på utrustning och fixeringsmetoder. Tångens placering är kritisk; placeringen mellan ögon och öronbas ger optimal strömföring genom hjärnan, men är svår att utföra utan fixering. Den i praktiken vanligaste placeringen bakom öronen kräver ofta högre spänning för att driva igenom tillräcklig strömstyrka. Om elektroderna dessutom är smutsiga eller slitna ökar kontaktresistansen drastiskt, vilket Végh *et al.*, (2010) lyfter fram som en förklaring till misslyckade bedövningar.

En styrka med denna studie är att den sammanställer både äldre och nyare forskning inom området och därigenom belyser hur nuvarande rekommendationer har utvecklats. Studien har dock sina begränsningar, bland annat så skiljer sig flera av de inkluderade studierna åt avseende metodik, utrustning och försöksförhållanden, vilket försvårar direkta jämförelser mellan resultaten. Den begränsade mängden jämförbara studier har försvårat möjligheten att undersöka frågeställningarna i detta arbete. Samtidigt har litteraturgenomgången tydliggjort flera kunskapsluckor och områden där ytterligare forskning behövs. Det saknas fortfarande större studier genomförda under kommersiella slakteriförhållanden där moderna djurkategorier undersöks med objektiva neurofysiologiska metoder. Trots att den äldre forskningen poängterar att mer forskning behövs så har inga nyare undersökningar, studier eller kartläggningar gjorts. Vilket lett till att den evidens som krävs för att man fortsatt ska kunna rekommendera elektrisk bedövning som en säker och tillförlitlig bedövningsmetod saknas. En anledning till detta kan vara svårigheter i att genomföra studier på större slakterier. För att skapa ett tillräckligt underlag för rekommendationer och framtida lagstiftning krävs ett mer omfattande och jämförbart vetenskapligt underlag än vad som i dagsläget finns tillgängligt inom området.

På slakterier används idag uteslutande djurbaserade indikatorer (andning, kornealreflex, rättningsreflex) för att bedöma bedövningskvaliteten. Litteraturen visar dock att dessa kan vara osäkra. Swatland *et al.*, (1984) använde elektrokortikografi (ECoG) för att mäta hjärnaktivitet och fann att reflexrörelser efter avblodning inte nödvändigtvis stämde med hjärnans faktiska elektriska aktivitet. Samtidigt bör det beaktas att studien genomfördes för cirka 40 år sedan, vilket aktualiserar behovet av moderna studier inom området. Eftersom elbedövning är en reversibel metod och tiden till återgång av medvetande i Swatland *et al.* (1984) mättes till i genomsnitt 34,8 sekunder, är marginalerna extremt små. Om avblodningen inte sker omedelbart (inom de rekommenderade 15 sekunderna) riskerar djuret att vakna till under pågående avblodning. Denna studie gjordes på grisar som hade en levande vikt på 77–85 kg, inte ens i närheten av dagens slaktvikter.

För att förbättra bedövningens effektivitet bör processen standardiseras. Detta genom regelbunden kalibrering och förebyggande underhåll av utrustningen, utbildning av personal i korrekt elektrodplacering och djurhantering samt rutinmässiga revisioner. Beteendeindikatorer ska används för att kontrollera djurvälståndet (González *et al.*, 2014).

Att utvärdera befintlig forskning försvåras av att studier under kommersiella förhållanden är få och använder skiftande utrustning och parametrar (Kramer *et al.*, 2022; von Wenzlawowicz, 2012). Internationella jämförelser kompliceras dessutom av olika slaktvikter; exempelvis slaktas grisar i Italien vid cirka 160 kg (Stocchi, 2014) jämfört med 110–120 kg i Sverige (Jerlström, 2025). Det finns stora kunskapsluckor kring hur strömstyrka, frekvens och exponeringstid samverkar för att inducera och bibehålla medvetslöshet (EFSA, 2004). Resultaten gällande hur olika frekvenser och strömstyrkan påverkar bedövningens varaktighet är motstridiga. Då dagens tekniska referensvärden till stor del vilar på äldre laboriestudier, efterlyser flera publikationer forskning under kommersiella förhållanden (EFSA, 2004; Végh *et al.*, 2010). I praktiken varierar utrustning, tångplacering och parametrar mellan slakterier, vilket direkt påverkar bedövningens effektivitet och djurvälståndet. Framtida studier är därför nödvändiga för att validera metoderna i praktiken.

Utifrån den granskade litteraturen identifierades flera områden där ytterligare forskning bedöms vara särskilt relevant:

- verifiering av nuvarande rekommendationer under kommersiella slakteriförhållanden,
- studier med olika genetiska bakgrunder och tyngre grisar,
- kontinuerlig registrering av elektriska parametrar i realtid,

- utveckling av objektiva system för bedömning av medvetslöshet,
- betydelsen av variation i fixeringsutrustning och tångplacering,
- sambandet mellan anatomisk variation, resistans och bedövningseffektivitet,
- samt användning av bilddiagnostiska metoder, exempelvis datortomografi och 3D-modellering, för att undersöka anatomiska strukturer.

5. Slutsats

Denna litteraturstudie visar att elektrisk bedövning över huvudet är en komplex metod där anatomiska, biologiska och tekniska parametrar påverkar bedövningens effektivitet och därmed djurvälståndet vid slakt. Resultaten visar att nuvarande rekommendationer för elektrisk bedövning till stor del baseras på äldre forskning där i huvudsak mindre slaktgrisar har använts. Det vetenskapliga underlaget för tyngre grisar såsom suggor och galtar är begränsat och kan leda till att viktiga parametrar underskattas. Samtidigt framkommer att bedömningen av medvetslöshet fortfarande huvudsakligen baseras på beteendemässiga och fysiologiska indikatorer, trots att litteraturen pekar på att dessa indikatorer inte är fullt utvärderade när det gäller graden av medvetande. Detta understryker vikten av att kombinera flera indikatorer i bedömningen för att minska risken för felbedömningar.

Slutsatsen av litteraturstudien är att det finns ett tydligt behov av fortsatt forskning under dagens produktionsförhållanden och med modern teknik för att säkerställa att inställningarna är tillförlitliga och att djuren blir tillräckligt bedövade vid bedövning med el över huvudet. Detta är centralt för att säkerställa god djurvälstånd vid slakt.

Referenser

- Anil, M.H. & McKinstry, J.L. (1998). Variations in electrical stunning tong placements and relative consequences in slaughter pigs. *The Veterinary Journal*, 155 (1), 85–90. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(98\)80042-7](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(98)80042-7)
- Bakıcı, C., Dönmez, F., Batur, B., Yunus, H.A., Orhan, D. & Özen, D. (2025). Evaluation of paranasal sinus volume and pathway relationships in domestic pigs: A sex-based analysis using computerized tomography and three-dimensional modeling. *Research in Veterinary Science*, 192, 105700. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2025.105700>
- Council Regulation (EC) No 1099/2009 of 24 September 2009 *on the protection of animals at the time of killing (Text with EEA relevance)* (2019). <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1099/2019-12-14> [2026-04-13]
- Rådets förordningar (EG) nr 1099/2009 av den 24 september 2009 om skydd av djur vid tidpunkten för avlivning
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S.S., Alvarez, J., Bicout, D.J., Calistri, P., Depner, K., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J.L., Gortázar Schmidt, C., Michel, V., Miranda Chueca, M.Á., Roberts, H.C., Sihvonen, L.H., Spoolder, H., Stahl, K., Viltrop, A., Winckler, C., Candiani, D., Fabris, C., Van der Stede, Y. & Velarde, A. (2020). Welfare of pigs at slaughter. *EFSA Journal*, 18 (6), e06148. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6148>
- EFSA (2004). Opinion of the scientific panel on animal health and welfare (AHAW) on a request from the commission related to welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. EFSA-Q-2003-093. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.45>
- Eike, H., Koch, R., Feldhusen, F. & Seifert, H. (2005). Simulation of the distribution of current density in the brain of slaughter pigs with the finite element method. *Meat Science*, 69 (4), 603–607. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.10.013>
- EURCRAW (2025). Question to EURCRAW-PIGS: Head only stunning sows. EURCRAW Head only stunning sows [2026-05-25]
- European Commission. Attitudes of Europeans towards animal welfare; Special Eurobarometer, 442 Wave EB 99.1. 2023
- Geddes, L.A. & Baker, L.E. (1967). The specific resistance of biological material—A compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Medical and biological engineering*, 5 (3), 271–293. <https://doi.org/10.1007/BF02474537>
- Gerritzen, M.A., Marahrens, M., Kongsted, H. & Bracke, M.B.M. (2021). Review of pig welfare in slaughterhouses at stunning and bleeding.
- González, L., Romero, M. & Sánchez, J. (2014). Evaluación de la eficacia del método de insensibilización por electronarcosis en porcinos. *Archivos de medicina veterinaria.*, 46 (1), 139–143. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2014000100019>

- Hoenderken, R. (1978). Electrical stunning of pigs for slaughter. Doctoral thesis. University of Utrecht.
- Jerlström, J. (2025). Killing them softly: pig and cattle welfare at slaughter and its economic relevance. Diss. Sveriges lantbruksuniversitet
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-p-142460>
- Lambooij, E. (2014). Electrical Stunning. I: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Elsevier Inc. 407–412. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00154-9>
- Nielsen, S.S., Alvarez, J., Bicout, D.J., Calistri, P., Depner, K., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J.L., Gortázar Schmidt, C., Michel, V., Miranda Chueca, M.Á., Roberts, H.C., Sihvonen, L.H., Spooler, H., Stahl, K., Viltrop, A., Winckler, C., Candiani, D., Fabris, C., Van der Stede, Y. & Velarde, A. (2020). Welfare of pigs at slaughter. *EFSA journal*, 18 (6).
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6148>
- Pastrana-Camacho, A.P., Estévez-Moreno, L.X., Huanca-Marca, N.F. & la Lama, G.C.M. (2025). Effectiveness of electrical stunning and bleeding in finishing pigs: a case study from procedures to practice at two modern Colombian abattoirs. *Tropical Animal Health and Production*, 57 (7), 341. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04583-5>
- Pigstun (2025). D4: Analyses and recommendations regarding four systems in the PigStun project that provide alternatives to high CO2 stunning; Deliverable 4 PigStun. Eurocraw pigs. D4 Analyses and conclusions
 SFS 2018:1192. djurskyddslag.
 SJVFS 2020:22. slakt och annan avlivning av djur
- Støier, S., Larsen, H.D., Aaslyng, M.D. & Lykke, L. (2016). Improved animal welfare, the right technology and increased business. *Meat Science*, 120, 71–77.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.010>
- Swatland, H.J., Brogna, R.J. & Lutte, G.H. (1984). Electrical Activity in the Cerebral Hemispheres of Electrically Stunned Pigs. *Journal of Animal Science*, 58 (1), 68–74. <https://doi.org/10.2527/jas1984.58168x>
- Végh, A., Abonyi-Toth, Z. & Rafai, P. (2017). Effect of current intensity and duration on the effectiveness of head-only electrical stunning in pigs under commercial conditions. *Acta veterinaria Hungarica* (Budapest. 1983), 65 (1), 13–28.
<https://doi.org/10.1556/004.2017.002>
- Végh, Á., Abonyi-Tóth, Z. & Rafai, P. (2010). Verification of the technical parameters of head-only electrical stunning of pigs under commercial conditions. *Acta Veterinaria Hungarica*, 58 (2), 147–156. <https://doi.org/10.1556/avet.58.2010.2.1>
- Wotton, S.B. & O’Callaghan, M. (2002). Electrical stunning of pigs: the effect of applied voltage on impedance to current flow and the operation of a fail-safe device. *Meat Science*, 60 (2), 203–208. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00122-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00122-X)

Populärvetenskaplig sammanfattning

De flesta grisar i Sverige bedövas idag med koldioxid före slakt, men vid mindre slakterier används även elektrisk bedövning över huvudet. Metoden innebär att en elektrisk ström leds genom grisens hjärna via en tång som placeras på båda sidor av huvudet. Strömmen ska snabbt göra djuret medvetslöst innan avblodning sker. För att bedövningen ska fungera korrekt krävs att rätt mängd ström passerar hjärnan under tillräckligt lång tid.

Elbedövning är dock en komplicerad metod där många faktorer påverkar resultatet. Grisens storlek, huvudets anatomi, mängden fettvävnad, elektrodplacering och den elektriska utrustningen har betydelse för hur effektiv bedövningen blir. Om för lite ström når hjärnan finns risk att djuret inte blir tillräckligt bedövat, vilket kan orsaka lidande vid dödstillfället.

Denna litteraturstudie visar att dagens rekommendationer för elektrisk bedövning bygger på äldre forskning, ofta genomförd på mindre slaktgrisar för flera decennier sedan. Dagens grisar har förändrats genom avel och effektivare produktion och är idag ofta betydligt tyngre än de djur som tidigare studerades. Kunskapen om hur detta påverkar bedövningens effektivitet är fortfarande begränsad, särskilt för suggor och galtar.

Flera studier beskriver att elektrisk bedövning över huvudet kan ge god bedövningskvalitet när rätt utrustning och inställningar används. Samtidigt visar litteraturen varierande resultat mellan olika studier och slakterier, där faktorer såsom djurstorlek, elektrodplacering, utrustning och elektriska parametrar kan påverka bedövningens effektivitet. Detta tyder på att kunskapen fortfarande är begränsad, särskilt för tyngre grisar och nuvarande genetik.

Slutsatsen av litteraturstudien är att det fortfarande finns betydande kunskapsluckor kring elektrisk bedövning av grisar, framför allt suggor och galtar, under dagens produktionsförhållanden. För att säkerställa god djurvälstånd behövs fler studier på djur av olika storlek och ålder, där både tekniska parametrar och hjärnaktivitet undersöks med modern teknik.

Bilaga 1

Bild 1. Median klyvning av huvud från Yorkshire sugga (Toppigs Norsvins Z-linje) med 163,9 kg slaktvikt (motsvarar ca 205-220 kg levandevikt baserat på ett 75–80% slaktutbyte) under svenska produktionsförhållanden efter slakt. Bilden visar rekommenderad elektroplacering vid elbedövning över huvudet, mellan öga och öronbas.



Bild 2. Tvärsnitt av huvud från sugga efter slakt (samma skalle som i bild 1, men från annan vinkel). Pilarna illustrerar ungefärlig elektrodplacering vid elbedövning över huvudet. Markeringarna visar olika vävnadslager och anatomiska strukturer från hudytan mot hjärnan: (1) späcklager och hud, cirka 1,5 cm, (2) muskelvävnad, cirka 4,5 cm, (3) benvävnad/skallben, cirka 1,5 cm, samt (4) hjärnans ungefärliga position, cirka 6,5 cm från hudytan. Observera att klamrarnas storlek inte är skalenlig.



Bilaga 2

Bild 3. Median klyvning av huvud från slaktgris av normal levandevikt under svenska produktionsförhållanden efter slakt. Bilden visar rekommenderad elektrodplacering vid elbedövning över huvudet, mellan öga och öronbas.



Bild 4. Tvärsnitt av huvud från slaktgris efter slakt (samma skalle som Bild 3 men annan vinkel). Pilarna illustrerar ungefärlig elektrodplacering vid elbedövning över huvudet. Markeringarna visar olika vävnadslager och anatomiska strukturer från hudytan mot hjärnan: (1) späcklager, cirka 0,7 cm, (2) muskelvävnad, cirka 3 cm, (3) benvävnad/skallben, cirka 1 cm, samt (4) hjärnan, cirka 5,5 cm. Observera att klamrarnas storlek inte är skalenlig.



Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

JA, jag, Isabella Hådén har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.