



**RI.
SE**

Naturbete på Öland med virtuella stängsel

Per Peetz Nielsen

RISE RAPPORT 2025:122

Avdelning Jordbruk och Kretsloppsteknik

Naturbete på Öland med virtuella stängsel

Per Peetz Nielsen

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2025:122

ISBN 978-91-90109-15-1

Abstract

Forestgrazing on Öland with Virtual Fences

The project was carried out in the Karum Nature Reserve, an area of high natural and cultural value where traditional fencing solutions are difficult to implement. The aim was to investigate how virtual fences, based on GPS technology, function for managing cattle in wooded pastures and forest environments, as well as to evaluate the effects on animal welfare, labour input, and landscape management.

The study shows that the animals quickly learn the system and respond correctly to sound signals marking the virtual boundary. During the learning phase, the number of electric impulses decreased over time, indicating that the animals understand and adapt to the technology. However, when the animals were moved to a forest environment, the number of electric stimuli increased, suggesting that GPS precision is negatively affected by dense vegetation. Despite this, the system stabilised after adjustments, and the success rate was close to 100% for most of the grazing season.

The project is highly significant for the development of future animal husbandry and nature conservation. Virtual fences can increase access to pastures that are difficult to fence, reduce the need for clearing and maintenance, and at the same time strengthen animal welfare. The results contribute to developing new working methods for farmers, preserving biodiversity, and promoting more resource-efficient and climate-smart agriculture.

The farmer's perspective has been central to the project. The technology offers several advantages, such as reduced labour input and increased flexibility, but also requires extra supervision and adaptation, especially in forest environments where boundaries may be unclear. Investment in equipment and digital competence is necessary, and the system's reliability is crucial to avoid concerns for animal safety.

Overall, the project shows that virtual fences have great potential, but the technology needs further development to be sufficiently robust in complex environments. Continued dialogue between researchers, technology providers, and farmers is essential to create solutions that work in practice and contribute to sustainable development.

Innehåll

Abstract.....	1
Innehåll.....	2
Förord.....	3
Sammanfattning.....	4
1 Introduktion	5
2 Metod.....	6
2.1 Virtuellt stängsel.....	6
2.2 Djur och teknik	6
2.3 Inläring	7
2.4 Skogsbete	7
2.5 Databearbetning	8
3 Resultat.....	8
3.1 Inläring	8
3.2 Första tid i skogen	10
3.3 Efter 9 juli	12
4 Diskussion	15
4.1 Teknikens potential och praktiska utmaningar	15
4.2 Lantbrukarens erfarenheter och utmaningar	16
4.3 Ekonomiska och arbetsmässiga aspekter	16
4.4 Slutsatser och framtida utveckling.....	16

Förord

RISE vill rikta ett varmt tack till WWF, Svenska Köttföretagen och Life-RestoRED, som genom sin finansiering har möjliggjort detta projekt om naturbete med virtuella stängsel på Mittlandet, Öland. Deras stöd har varit avgörande för att vi kunnat genomföra studien och bidra med ny kunskap om hållbar betesdrift och innovativa lösningar för lantbruket.

Projektet har stor betydelse för utvecklingen av framtidens djurhållning och naturvård, där teknik och ekologi samverkar för att skapa hållbara och flexibla betesmetoder. Genom att testa virtuella stängsel i mosaikmarker med höga natur- och kulturvärden har vi kunnat visa på möjligheter att öka tillgängligheten till svårstängslade betesmarker, minska behovet av röjning och underhåll, och samtidigt stärka djurvälfaerden. Resultaten bidrar till att utveckla nya arbetsmetoder för lantbrukare, bevara biologisk mångfald och främja ett mer resurseffektivt och klimatsmart jordbruk.

Sammanfattning

Projektet genomfördes i Karums naturreservat, ett område med höga natur- och kulturvärden där traditionella stängsellösningar är svåra att tillämpa. Syftet har varit att undersöka hur virtuella stängsel, baserade på GPS-teknik, fungerar för att styra nötkreatur i trädklädda betesmarker och skogsmiljöer, samt att utvärdera effekterna på djurvälstånd, arbetsinsats och landskapsvård.

Studien visar att djuren snabbt lär sig systemet och reagerar korrekt på ljudsignaler som markerar den virtuella gränsen. Under inlärningsfasen minskade antalet elstötar över tid, vilket indikerar att djuren förstår och anpassar sig till tekniken. När djuren flyttades till skogsmiljö ökade dock antalet elektriska stimuli, vilket tyder på att GPS-precisionen påverkas negativt av tät vegetation. Trots detta stabiliserades systemet efter justeringar, och success rate låg nära 100% under större delen av betessäsongen.

Projektet har stor betydelse för utvecklingen av framtidens djurhållning och naturvård. Virtuella stängsel kan öka tillgängligheten till svårstängslade betesmarker, minska behovet av röjning och underhåll, och samtidigt stärka djurvälståndet. Resultaten bidrar till att utveckla nya arbetsmetoder för lantbrukare, bevara biologisk mångfald och främja ett mer resurseffektivt och klimatsmart jordbruk.

Lantbrukarens perspektiv har varit centralt i projektet. Tekniken erbjuder flera fördelar, såsom minskad arbetsinsats och ökad flexibilitet, men kräver också extra tillsyn och anpassning, särskilt i skogsmiljö där gränserna kan vara otydliga. Investering i utrustning och digital kompetens är nödvändig, och systemets tillförlitlighet är avgörande för att undvika oro för djurens säkerhet.

Sammantaget visar projektet att virtuella stängsel har stor potential, men att tekniken behöver vidareutvecklas för att vara tillräckligt robust i komplexa miljöer. Fortsatt dialog mellan forskare, teknikleverantörer och lantbrukare är avgörande för att skapa lösningar som fungerar i praktiken och bidrar till hållbar utveckling.

1 Introduktion

Virtuella stängsel utgör en framväxande teknik inom modern betesdrift, där GPS-baserade halsband ersätter fysiska stängsel för att styra djurens rörelser. Tekniken möjliggör flexibel och dynamisk betesstyrning, vilket öppnar nya möjligheter för naturvårdande bete i landskap där konventionella stängsellösningar är svåra att tillämpa. I takt med att behovet av restaurering av igenväxande marker ökar, särskilt i områden med höga natur- och kulturvärden, blir det allt viktigare att undersöka hur denna teknik fungerar under varierande förhållanden.

Det aktuella projektet syftar till att testa virtuella stängsel i skogsmiljöer, där GPS-signaler potentiellt kan störas av lövtäcke och terräng. Genom att analysera djurens beteende, antalet varningssignaler och elstötar, samt positionsdata på individnivå, undersöks om skogsbete innebär en ökad risk för otillräcklig precision och därmed påverkan på djurvälfaerden. Projektet fokuserar särskilt på trädklädda betesmarker, där traditionella stängsel kräver omfattande röjning och underhåll, vilket är resurskrävande samtidigt som det kan vara olämpligt ur ekologisk synvinkel.

Studien genomförs i Karums naturreservat på Öland, ett område som präglas av ett småskaligt odlingslandskap med höga biologiska och kulturhistoriska värden. Reservatet förvaltas med målet att efterlikna ett 1800-talslandskap, vilket gör användning av moderna elstängsel olämplig. Genom att testa virtuella stängsel i denna kontext undersöks möjligheten att återinföra bete i marker som annars riskerar att växa igen, utan att kompromissa med reservatets karaktär eller tillgänglighet.

Projektet har även en tydlig tillämpningsinriktad dimension. Genom att involvera djurägare, naturförvaltning och forskare skapas en samverkansmodell där teknik, praktik och förvaltning möts. Djurens inläring, rörelsemönster och reaktioner dokumenteras noggrant, och resultaten förväntas bidra till både praktisk tillämpning och framtida regelverk kring användning av virtuella stängsel i Sverige.

Utöver de tekniska och ekologiska aspekterna undersöks även användarupplevelsen hos djurägare. Frågor om tillsyn, arbetsinsats, kostnader och mervärde för lantbrukaren är centrala för att bedöma teknikens potential i bredare tillämpning. Projektet inkluderar därför studiebesök och informationsinsatser riktade till lantbrukare och allmänhet, med målet att sprida kunskap och stimulera intresse för innovativa lösningar inom betesdrift.

Sammanfattningsvis adresserar projektet både tekniska, ekologiska och sociala aspekter av virtuell stängselteknik i skogsbete. Genom att testa tekniken under utmanande förhållanden, samla in data och analysera djurens respons, bidrar projektet med viktig kunskap för framtidens hållbara betesstrategier i känsliga landskap.

2 Metod

2.1 Virtuellt stängsel

Tekniken bygger på att alla djur bär ett halsband (Fig 1) som är uppkopplat både via GPS-nätet och telenätet. Via en app i telefonen "ritar" djurägaren in önskat betesområde på en karta. När systemet är igång och ett djur passerar den virtuella gränsen (den utritade gränsen) avger halsbandet en ljudsignal som pågår i ca 20 sekunder. Ljudsignalen signalerar att djuret kommit utanför tillåten betesyta. Om djuret vänder tillbaka stoppas ljudsignalen men om djuret fortsätter framåt och ljudsignalen låtit i 20 sekunder kommer halsbandet avge en svag elektrisk stöt. Stöten är betydligt svagare än ett vanligt elstängsel, ca 90% svagare. Detta upprepas maximalt tre gånger. Det vill säga djuret kan få maximalt tre stötar vid ett tillfälle därefter stängs systemet av. Djurägaren får då en notis i sin app om att djuret har rymt. Om djuret återgår till flocken igen får det inga elstötar på vägen tillbaka och djurägaren får en ny notis i mobilen om att djuret har återvänt.



Figur 1: Halsband till nötkreatur från Nofence. Detta halsband användes i försöken beskrivna i denna rapport.

2.2 Djur och teknik

För att undersöka hur virtuella stängsel fungerar i skogsmiljöer genomfördes ett försök med 14 kvigor i Karums naturreservat på Öland. Studien fokuserade på djurens inlärning, rörelsemönster och interaktion med den GPS-baserade tekniken från Nofence, med särskild hänsyn till djurvälstånd och signalprecision i lövrika miljöer.

Nofence-systemet bygger på en integrerad teknisk lösning som består av tre samverkande komponenter. Den centrala enheten är en GPS-klave som fästs runt djurets

hals. Denna klave är solcellsdriven och möjliggör kontinuerlig spårning av djurets position i realtid, vilket är avgörande för att kunna definiera och övervaka virtuella betesgränser.

Till systemet hör även en mobilapplikation som används av djurägaren eller projektledaren för att rita och justera betesområden direkt i ett digitalt kartgränssnitt. Genom appen kan man följa varje individs rörelsemönster, se varningar och impulser, samt snabbt ändra gränser vid behov.

Slutligen möjliggör satellitdata kommunikationen mellan GPS-klaven och mobilapplikationen. Satelliterna används för positionsbestämning och för att överföra information om djurens rörelser och interaktioner med de virtuella gränserna. Tillsammans utgör dessa komponenter ett flexibelt och responsivt system för betesstyrning utan fysiska barriärer.

2.3 Inläring

Försöket inleddes med att 14 kvigor hölls i en rektangulär hage omgiven av fysiskt elstängsel under en femdagarsperiod. Denna initiala fas syftade till att låta djuren aklimatisera sig till miljön och skapa trygghet i flocken innan introduktionen av det virtuella stängslet. Genom att först vänja djuren vid hagen minimerades risken för stressrelaterade beteenden och säkerställdes att eventuella reaktioner på den nya tekniken inte berodde på okänd terräng eller social oro.

Efter aklimatiseringen påbörjades inläringen till det virtuella stängslet. Djuren utrustades med Nofence-halsband, som innehåller GPS, högtalare och en enhet för att ge milda elektriska impulser. Systemet är konstruerat så att djuret först får en ljudsignal när det närmar sig en digital gräns. Om djuret fortsätter trots varningen ges en elektrisk puls, vilken är ungefär 90% svagare än impulsen från ett traditionellt elstängsel. Tekniken bygger på att djuren lär sig att associera ljudsignalen med gränsen och därmed undvika impulsen.

Inlärningsfasen pågick under totalt nio dagar, tills det kunde säkerställas att samtliga djur reagerade korrekt på ljudsignalen och visade förståelse för den virtuella gränsens placering. Under denna period ökades antalet virtuella gränser successivt – från en initial enkel gräns till totalt tre – för att gradvis introducera djuren till mer komplexa betesytor och säkerställa att de kunde orientera sig och anpassa sitt beteende även när gränserna förändrades. Gränserna ändrades den 23 maj och den 26 maj.

2.4 Skogsbete

Efter avslutad inlärningsfas flyttades kvigorna till ett nytt betesområde i Karums naturreservats skogsmiljö, där de för första gången gick i en helt virtuell hage utan fysiska stängsel (Fig 2). Denna övergång markerade ett viktigt steg i försöket, då tekniken nu testades under mer komplexa förhållanden med tät lövtäckning och varierad terräng.

Den virtuella gränsen ritades initialt för att omfatta ett begränsat område, och justerades därefter successivt för att ge djuren tillgång till nya betesytor. Genom att gradvis utöka hagen kunde djuren styras till olika delar av landskapet, samtidigt som deras rörelsemönster och respons på gränsförändringar dokumenterades. Denna metod

möjliggjorde en kontrollerad utökning av betesområdet och gav insikter i hur väl tekniken fungerar för att styra djur i skogsbete, där GPS-precisionen kan påverkas av vegetationen.



Figur 2: Översiktsbild på skogsbete med ett öppet område.

2.5 Databearbetning

Data från Nofence laddades ned efter varje försök och användes för att räkna antalet ljudsignal och elstötar per djur och dag. För att kunna analysera hur snabbt nötkreaturen lärde sig att reagera korrekt på ljudsignalen, räknades en succés rate ut enligt följande formel:

$$\frac{\text{antalet ljudsignaler} - \text{antalet elstötar}}{\text{antalet ljudsignaler}}$$

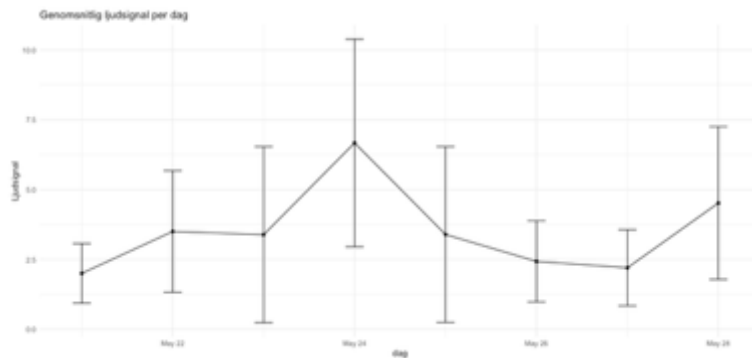
När succés rate närmar sig 1 bedöms det att djuren lär sig att reagera korrekt på ljudsignalen och undviker att få elstötar. Där finns dock ingen vedertagen gräns för när succés rate visar att djuret har lärt sig att använda systemet.

3 Resultat

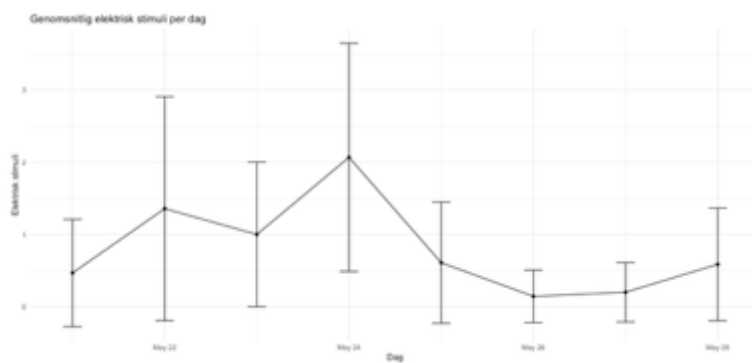
3.1 Inläring

Under inlärningsperioden fick djuren en relativt jämn nivå av ljudsignaler (varningar om att djuren är i närheten av den virtuella gränsen, Fig 3). Antalet ljudvarningar ökade under de första 4 dagorna, varefter den minskade till ett mer stabilt nivå. Som förväntad ökade antalet elstötar (djuret får en elektriskt puls från halsbandet om de inte vänder om

vid ljudsignalen) samtidigt som antalet ljudsignaler under de först 4 dagarna, varefter dessa minskade (Fig 4).

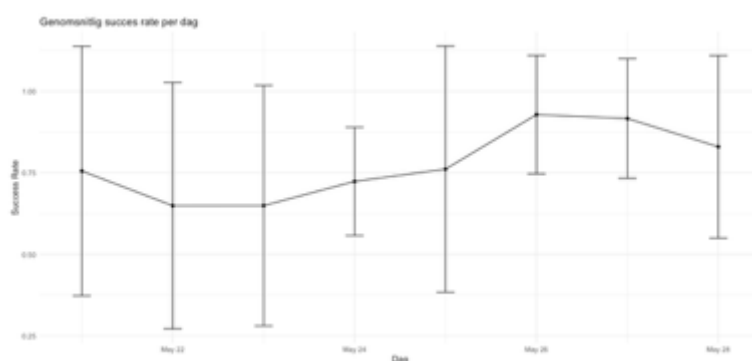


Figur 3: Genomsnittligt antal ljudsignaler per dag inklusive standardavvikelser för alla djur.



Figur 4: Genomsnittliga antal elstötter per dag inklusive standardavvikelser för alla djur

Success rate, som är ett vedertaget mått på nivå av inlärning, ökade under perioden för försöket och visar att alla djur lärde sig att reagera korrekt på ljudsignalen (Fig 5).



Figur 5: Genomsnittlig succes rate per dag med standardavvikelser för samtliga djur.

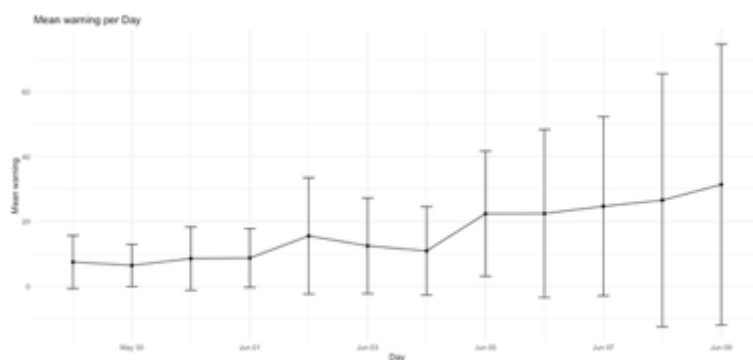
Under de sista dagar av inlärningen gick djuren i en tresidig virtuell hage och i figur 6 ser vi tydligt att djuren tester gränserna (de gula prickarna), och det går också att se var de får elstötter (röda prickar).



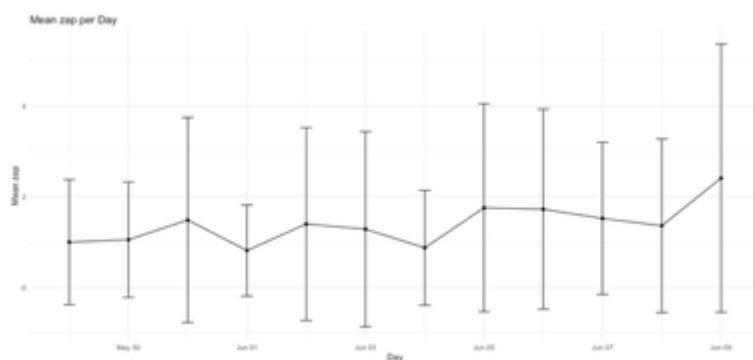
Figur 6: Plot av ljudvarningar (gul) och elstötningar (röd) för en tresidig virtuell hage under inlärningsperioden.

3.2 Första tid i skogen

Efter inlärningsperioden flyttades djuren till skogen och en helt virtuell hage. Figur 7 visar att djuren ökar interaktionen med de virtuella gränserna då vi ser en ökad andel av ljudsignaler. Som figur 7 visar syns också en ökad andel elstötningar över tid som visar att djuren, trots att de har lärt sig att reagera och vända om på ljudsignaler, får fler elstötningar än förväntat.

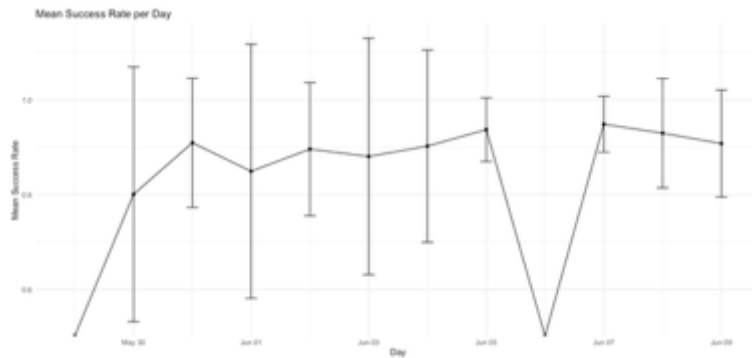


Figur 7: Genomsnittligt antal ljudsignaler per dag inklusive standardavvikelser för alla djur.



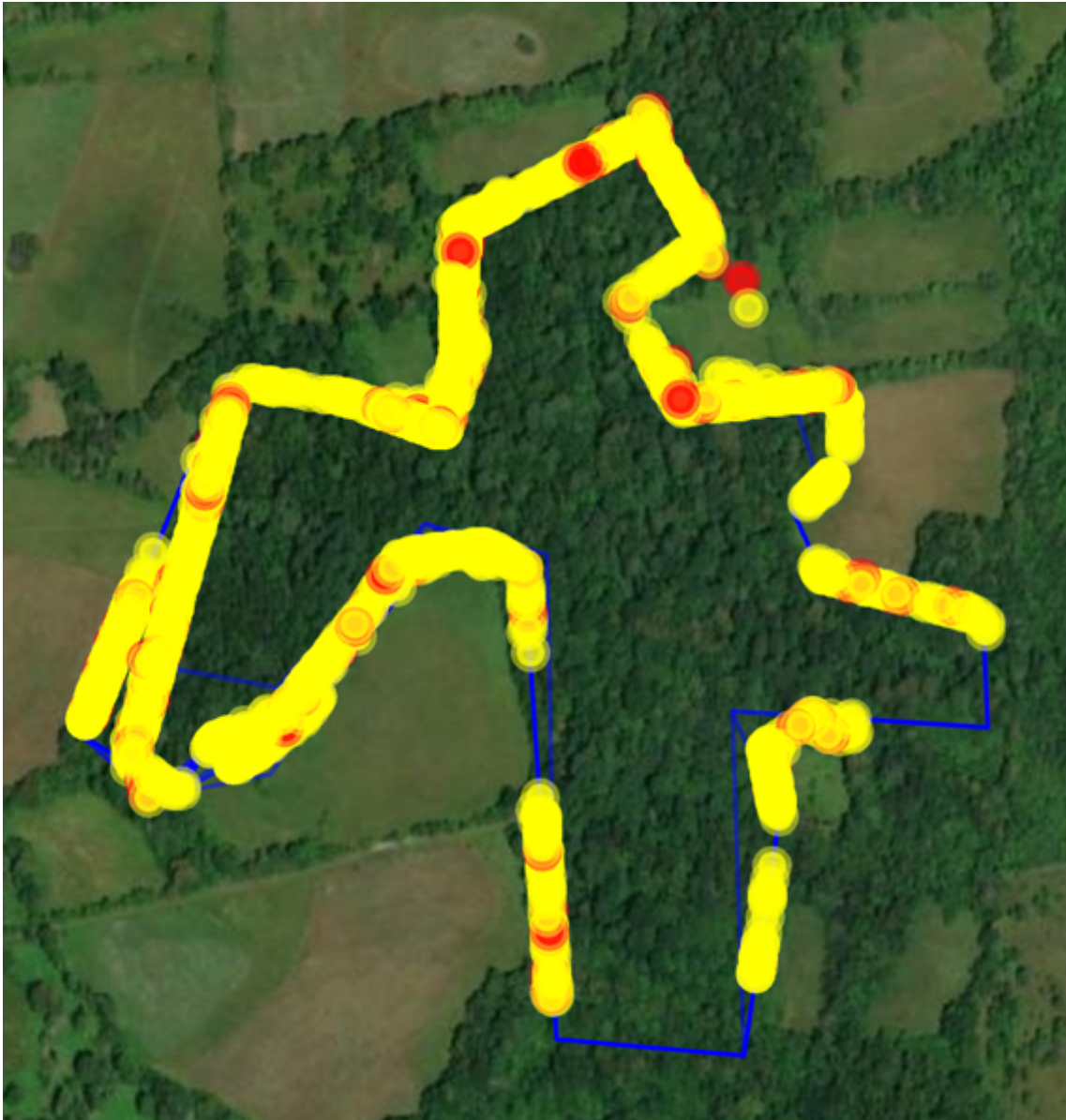
Figur 8: Genomsnittliga antal elstötningar per dag inklusive standardavvikelser för alla djur

Trots ökat antal elstötar ligger succes rate ganska stabilt på omkring 90 under hela perioden (Fig 9). Detta beror på den ökade interaktion med de virtuella gränserna och det faktum att djuren oftast reagerar korrekt på ljudsignalen.



Figur 9: Genomsnittlig succés rate per dag med standardavvikelser för samtliga djur.

I figur 10 visas en plot på var djuren fick varningar och elstötar under perioden. Gränserna drogs precis i skogsbrynet då djuren inte fick gå ut på slåtterängar eller andra områden med särskilda biologiska värden. Det var troligen brist på foder i skogen som drev djuren ut mott dessa områden och detta är troligen en förklarande faktor på varför vi ser ett ökat antal elstötar under denna period.

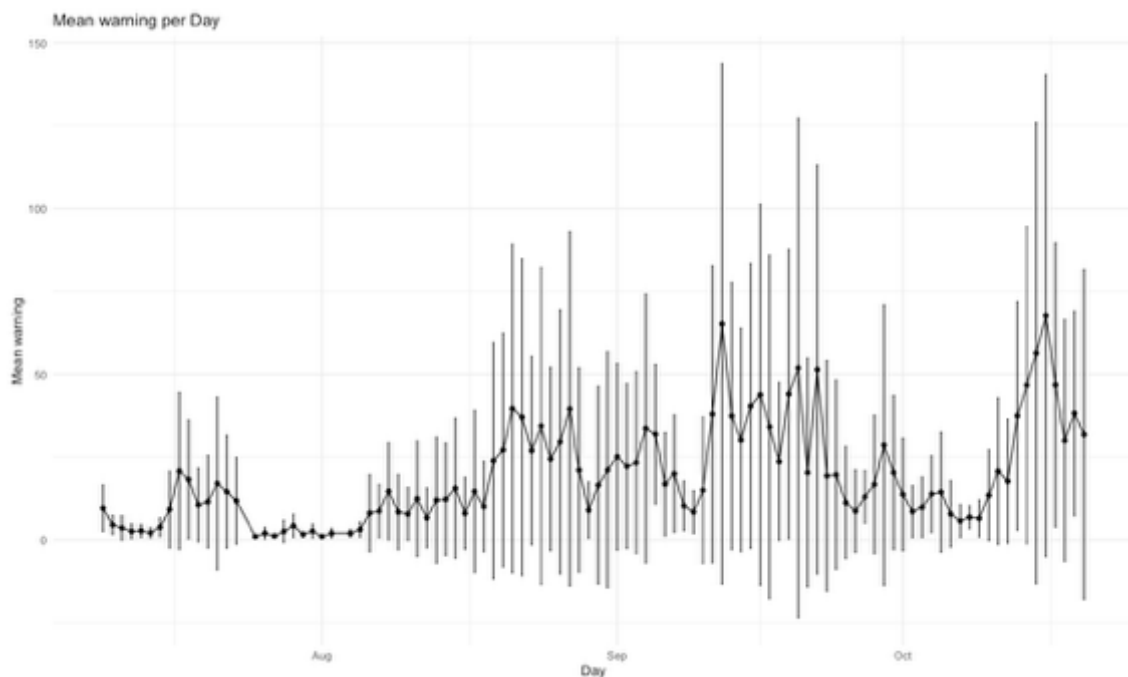


Figur 10: Plot av ljudvarningar (gul) och elstötar (röd) för en fyrsidig virtuell hage under den första tiden i skogen med en 100% virtuell hage.

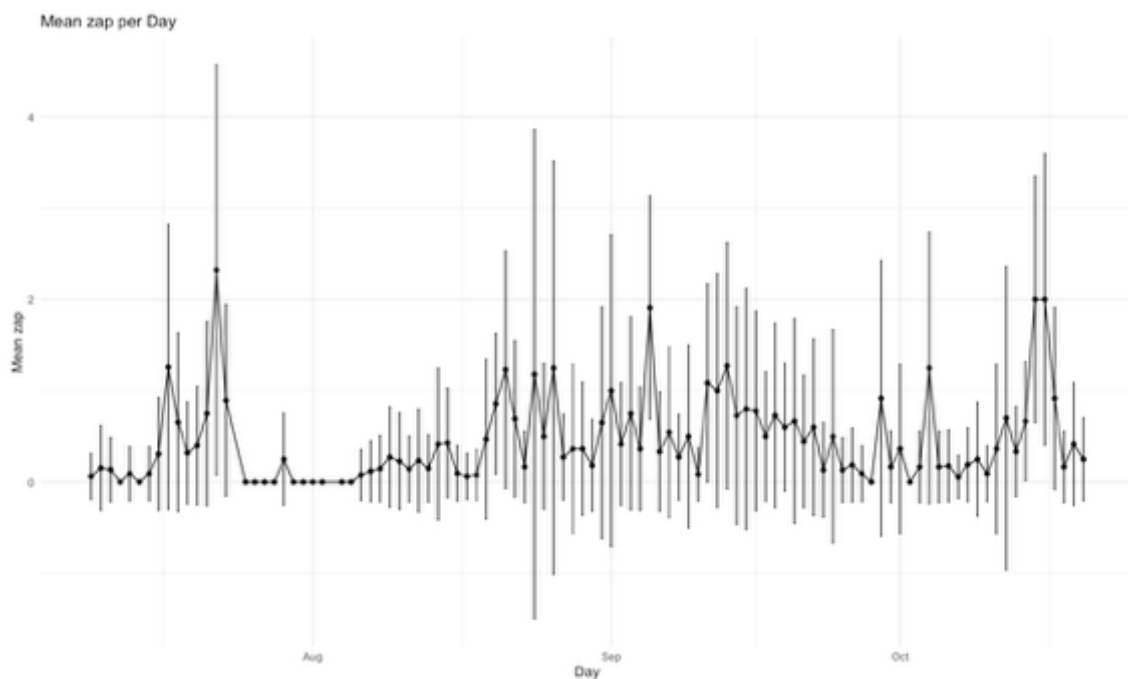
Som en konsekvens av det ökade antalet elstötar som registrerades under denna period pausades försöket och djuren flyttades till inlärningshagen igen. Det virtuella stängslet stängdes av under denna period.

3.3 Efter 9 juli

Efter denna paus flyttades djuren åter ut i skogen och gick i en virtuell hage som varierades i storlek och form allt efter tillgång på bete. Antalet ljudsignaler ökade fram till datainsamlingen avslutades den 20 oktober, trots att antalet elstötar var mer konstant och låg på omkring 0.5 per dag och djur (Fig 11 och 12).

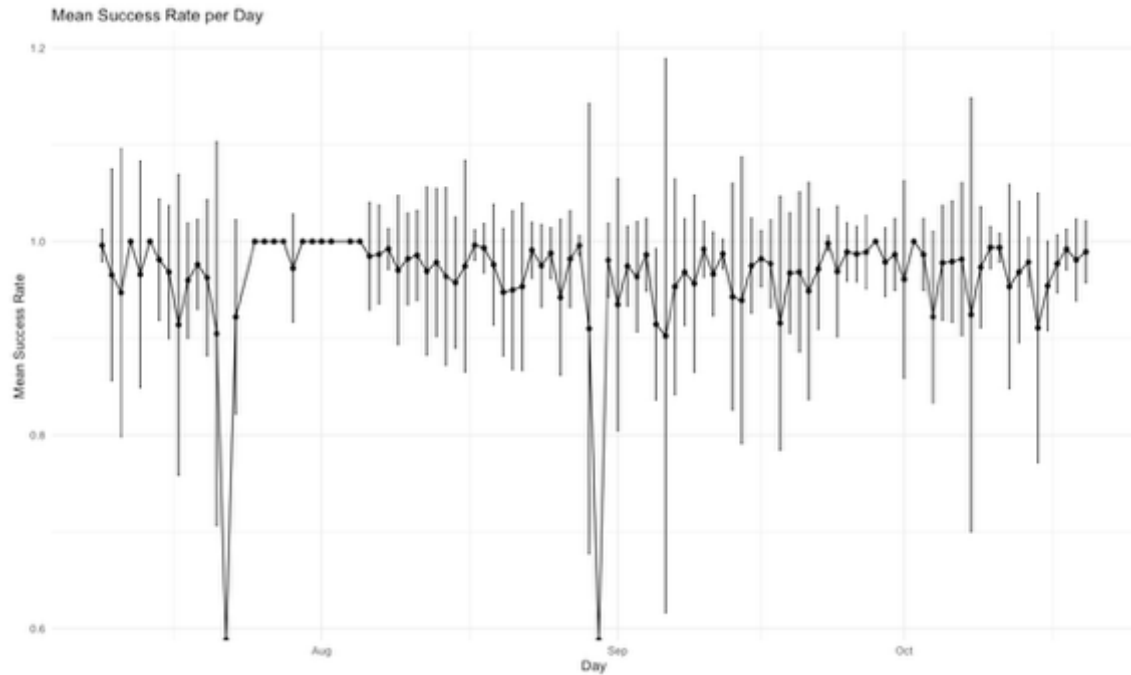


Figur 11: Genomsnittligt antal ljudsignaler per dag inklusive standardavvikelser för alla djur.



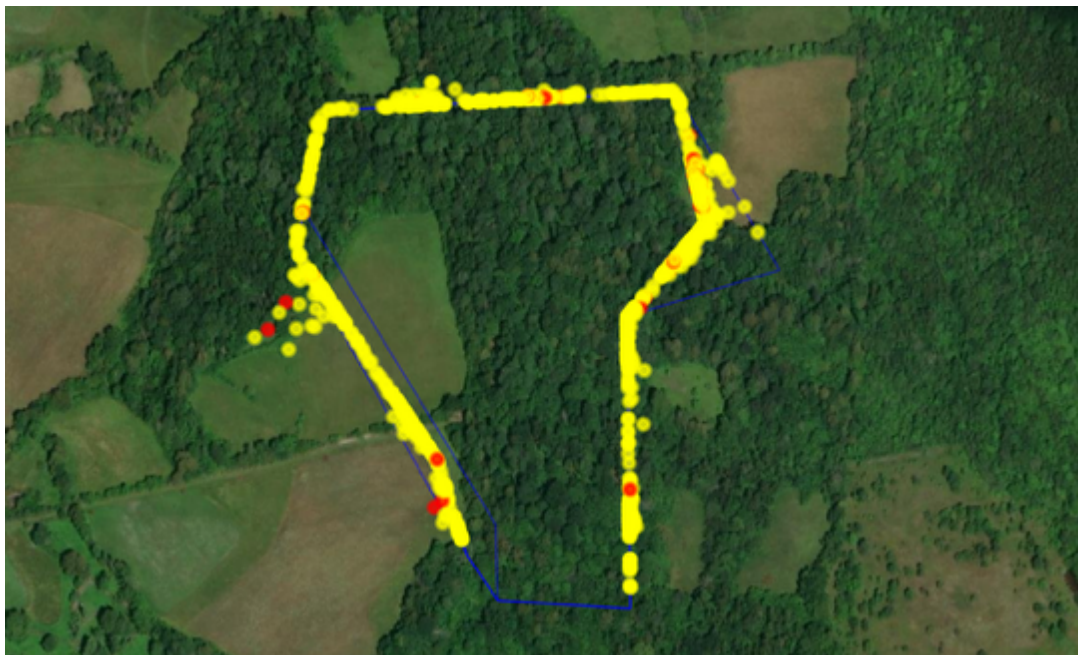
Figur 12: Genomsnittliga antal elstötar per dag inklusive standardavvikelser för alla djur

Eftersom antalet elstötar var mer eller mindre konstant under perioden trots att antalet ljudsignaler ökade, innebar det att succés rate stabiliserade sig på nära 1 (Fig 13).

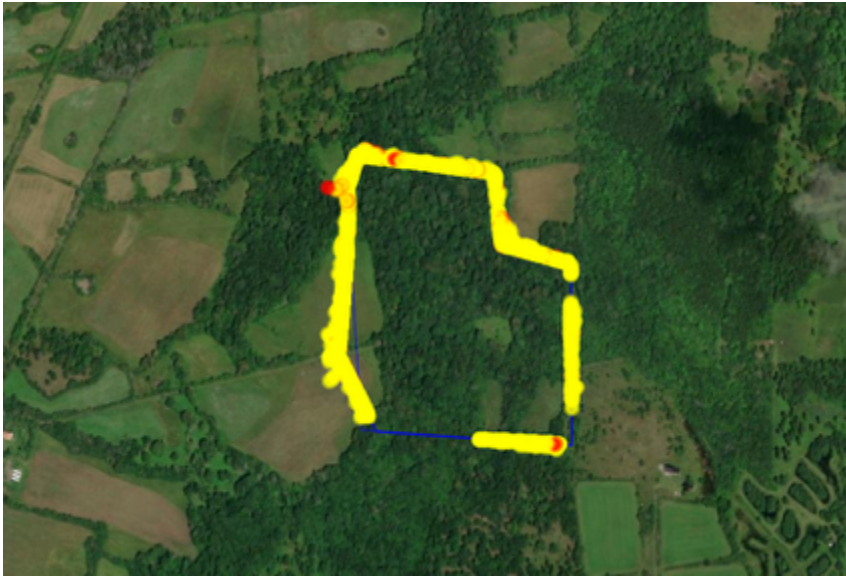


Figur 13: Genomsnittlig succés rate per dag med standardavvikelser för samtliga djur.

Figur 14 och 15 visar de virtuella gränserna och hur djuren interagerade med dom.



Figur 14: Plot av ljudvarningar (gul) och elstötas (röd) för en helt virtuell hage efter 9:e juli.



Figur 15: Plot av ljudvarningar (gul) och elstötar (röd) för en helt virtuell hage efter den 9:e juli.

4 Diskussion

4.1 Teknikens potential och praktiska utmaningar

Virtuella stängsel erbjuder en rad fördelar för lantbrukaren, särskilt i landskap där fysiska stängsel är svåra att använda eller olämpliga ur ekologisk och kulturhistorisk synvinkel. Möjligheten att digitalt styra betesytor innebär minskad arbetsinsats för röjning och underhåll, och ger större flexibilitet att anpassa betet efter tillgång på foder och naturvårdsbehov.

Resultaten visar att djuren lär sig systemet snabbt, vilket minskar risken för stress och förenklar tillsynen. Dock framgår det att precisionen i skogsmiljö kan vara otillräcklig, vilket leder till fler elstötar än förväntat. Detta är en viktig aspekt för lantbrukaren, då ökad frekvens av ljudsignaler och elstötar kan påverka djurvälståndet negativt och kräva mer aktiv övervakning.

En utmaning som framkommer är att om den virtuella gränsen löper genom tät skog eller där det finns många träd, kan detta troligen påverka djurens rörelsemönster. Träd och tät vegetation vid gränsen kan göra det svårt för djuren att vända om eller ta sig bort från den virtuella gränsen, vilket riskerar att de hamnar i en situation där de onödigt ofta får elstötar eller blir stressade. Det blir därför extra viktigt att ta hänsyn till terrängens utformning och placeringen av de virtuella stängslen för att undvika sådana problem och säkerställa god djurvälstånd.

4.2 Lantbrukarens erfarenheter och utmaningar

Under försökets gång har vi haft nära kontakt med lantbrukaren och har löpande haft dialog om de utmaningar som de har haft. Lantbrukaren i studien har erfarenhet av att de virtuella gränserna inte alltid ligger där de är tänkta, särskilt i skogsmiljö. Detta kan skapa osäkerhet och kräva extra tillsyn för att säkerställa att djuren inte lämnar tillåtet område eller utsätts för onödiga impulser. Det innebär att tekniken, trots sina fördelar, fortfarande har begränsningar som måste hanteras i praktiken.

Vidare visar resultaten att systemet kräver viss inläring och anpassning, både för djuren och för lantbrukaren. Att kunna följa djurens rörelser och få notiser om gränsöverskridanden via appen är en stor fördel, men det förutsätter att tekniken fungerar tillförlitligt även under förhållanden var där kanske inte är optimal kontakt med satelliter eller mobiltäckning.

Under försöksperioden har även två fältvandringar arrangerats där intresserade djurhållare har bjudits in för att ta del av hur tekniken fungerar i praktiken, en under hösten 2024 och en under hösten 2025. Vid dessa tillfällen har deltagarna fått möjlighet att se systemet demonstreras i fält, ställa frågor och diskutera erfarenheter kring användningen av virtuella stängsel. Vid den första träffen deltog även personal från Länsstyrelsen samt från Jordbruksverket, vilket gav möjlighet till dialog kring regelverk, praktiska förutsättningar och framtida användning av tekniken.

4.3 Ekonomiska och arbetsmässiga aspekter

Ur lantbrukarens perspektiv är frågor om arbetsinsats, kostnader och mervärde centrala för att bedöma teknikens potential. Virtuella stängsel har visats att kunna minska behovet av fysiskt arbete och därmed förbättra lantbrukarens arbetsmiljö, samtidigt som det minskar behovet av underhåll av stängsel. Virtuellt stängsel kräver dock en initial hög investering i utrustning samt digital kompetens¹. Om systemet inte fungerar optimalt kan det i stället leda till ökad arbetsbörda och oro för djurens säkerhet.

4.4 Slutsatser och framtida utveckling

Sammantaget visar studien att virtuella stängsel har stor potential att underlätta betesdrift och naturvård, men att lantbrukarens erfarenheter och behov måste stå i centrum vid vidare utveckling. Tekniken behöver bli mer precis och robust, särskilt i skogsmiljö, för att fullt ut möta lantbrukarens krav på djurvälstånd, arbetsmiljö och ekonomi. Fortsatt dialog mellan

¹ Petters, F. and L. Wahlund (2025). Virtuella stängsel – en ny era ur ett arbetsmiljöperspektiv? RISE Rapport: 40.

forskare, naturvårdare, teknikleverantörer och lantbrukare är avgörande för att skapa lösningar som fungerar i praktiken och bidrar till hållbar utveckling.

RISE – Research Institutes of Sweden
ri.se / info@ri.se / 010-516 50 00
Box 857, 501 15 BORÅS

Grants Office/Informationscenter
RISE Rapport: 2025:122
ISBN 978-91-90109-15-1

