

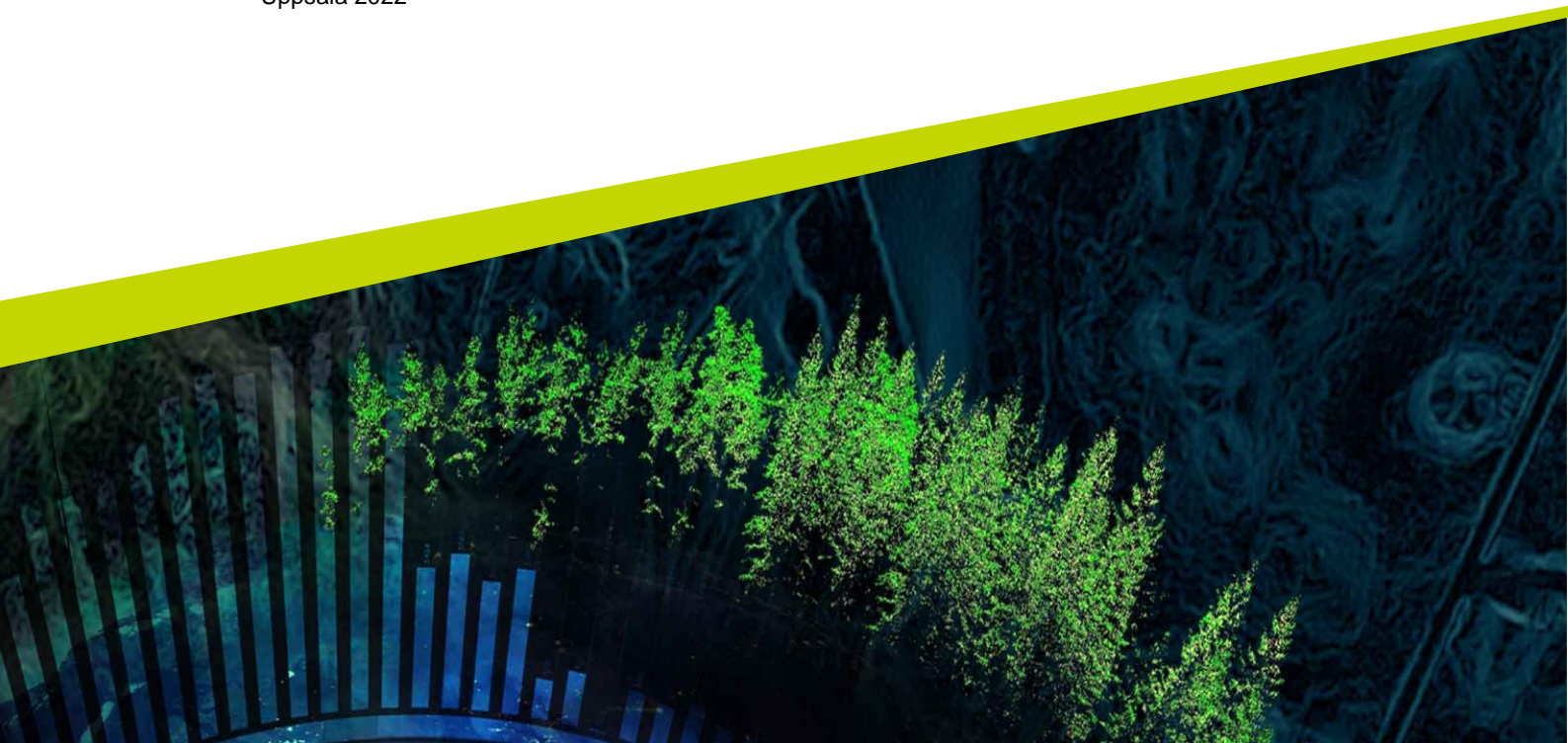


# Genetiska faktorer som styr hornbildning hos kor

---

Mikaela Nordström

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för husdjursgenetik  
Agronomprogrammet - husdjur  
Uppsala 2022



# Genetiska faktorer som styr hornbildning hos kor

*Genetic factors that control horn formation in cows*

Mikaela Nordström

**Handledare:** Anna Maria Johansson, Sveriges Lantbruksuniversitet,  
institutionen för husdjursgenetik

**Examinator:** Martin Johnsson, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för  
husdjursgenetik

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i husdjursvetenskap

**Kurskod:** EX0865

**Program/utbildning:** Agronomprogrammet - husdjur

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för husdjurens utfodring och vård

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2022

**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Nyckelord:** Kor, nötkreatur, hornbildning, kullig, hornlös, scurs, mjölkkor, genetiskt samband, avhorning, avel.

## Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjursgenetik

## Sammanfattning

Denna litteraturstudie sammanställer information om vilka genetiska faktorer som styr hornbildning hos kor samt hur nedärvningsprocessen för horn, scurs och kullighet fungerar. Behornade kor medför problem som högre skaderisk, ökade veterinärkostnader och aggressiva beteenden och därför avhörnas kor i animalieproduktion rutinmässigt. Avhorning är ett välfärdsproblem då djuren utsätts för smärta både under och efter ingreppet. Att föda upp hornlösa kor leder till att avhorning inte längre är nödvändigt vilket sparar både tid och pengar.

Både horn och kullighet nedärvs autosomt och kullighet är dominant över horn tillväxt. Scurs har en mer komplex nedärvningsprocess då nedärvningen påverkas av kön samt samverkar med andra gener. Att introducera kullighet i behornade populationer kan ske genom traditionell avel där kulliga avelstjurar selekteras och paras med behornade kor. Den begränsade populationen av kulliga avelstjurar leder dock till att risken för inavel vid denna typ av avelsprogram är hög och kulliga tjurar har idag även ett lägre avelsvärde än de behornade vilket påverkar produktionsegenskaper negativt. Geneditering för att introducera kullighet kan vara ett alternativ till avel men eftersom geneditering på djur i många länder är olagligt finns det i dagsläget svårigheter med att tillämpa metoden i praktiken samt att det finns etiska aspekter att ta hänsyn till.

*Nyckelord:* Kor, nötkreatur, hornbildning, kullig, hornlös, scurs, mjölkkor, genetiskt samband, avhorning, avel.

## Abstract

This literature study compiles information on which genetic factors control horn formation in cows and how the process of inheritance for horns, scurs and the polled genotype works. Horned cows cause problems such as a higher risk of injury, increased veterinary costs and aggressive behavior, and therefore cows in animal production are dehorned routinely. Dehorning is a welfare problem as the animals are exposed to pain both during and after the procedure. Breeding polled cows means that dehorning is no longer necessary, which saves both time and money.

Both horn and polledness are inherited autosomally and polledness is dominant over horn growth. Scurs has a more complex inheritance process as the inheritance is affected by gender and interacts with other genes. Introducing polledness in horned populations can be done through traditional breeding where polled breeding bulls are selected and mates with horned cows. However, the limited population of polled breeding bulls means that the risk of inbreeding in this type of breeding program is high and polled bulls currently also have a lower breeding value than the horned ones, which has a negative effect on production characteristics. Gene editing to introduce polledness can be an alternative to breeding, but since gene editing on animals is illegal in many countries, there is currently difficulties in applying the method in practice and there are ethical aspects to take into consideration.

*Keywords:* Cow, cattle, horn formation, polled, hornless, scurs, dairy cows, genetic connection, dehorning, breeding.

# Innehållsförteckning

<b>Förkortningar .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Avhorning .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Horntillväxt .....</b>	<b>9</b>
3.1 Nedärvning av horn.....	9
3.2 Nedärvning av Scurs.....	10
3.3 Samband med andra egenskaper.....	11
<b>4. Introgression av hornlöshet .....</b>	<b>12</b>
4.1 Avel .....	12
4.2 Geneditering.....	13
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>14</b>
<b>6. Slutsats .....</b>	<b>16</b>
<b>Referenser.....</b>	<b>17</b>

# Förkortningar

Bp	Baspar
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet

# 1. Inledning

Idag avhornas kor (*Bos Taurus*) för att ge en säkrare arbetsmiljö för personalen samt minska risk för skador på djuren. Avhorningen är en tidskrävande och kostsam process samtidigt som det kan orsaka smärta hos djuret. Avel är ett alternativ till avhorning då man genom avel kan föda upp hornlösa, även kallat kulliga, kor. Det finns dock variation i egenskaper som styr hornbildning hos kor och det skiljer sig även mellan raser. Exempelvis bland köttraserna är det vanligt att horn saknas. Att använda sig av klassisk avel för att få fram kulliga kor är en lång process och det finns andra egenskaper att ta hänsyn till som kan påverkas utav aveln (Gentekniknämnden u.å.).

Ett alternativ till klassisk avel är olika genediteringstekniker. Med geneditering kan exempelvis mutationer på en bestämd plats i arvsmassan framställas och baspar i kons DNA kan bytas ut för att påverka de gener som styr hornbildning (Gentekniknämnden u.å.). Syftet med uppsatsen är att sammanställa information om vilka genetiska faktorer som styr hornbildningen hos kor, hur nedärvningsprocessen fungerar samt vilka metoder som används vid uppfödning av hornlösa kor.

## 2. Avhorning

I modern produktion har kor inget behov av horn och hornlösa kor är därför önskvärda. Avhorning är en vanligt förekommande process i både kött- och mjölkproduktion och genomförs av flera olika anledningar. Hornlösa djur ökar säkerheten för personalen, minskar skaderisken för djuren och kräver mindre utrymme vid exempelvis foderstationer än vad djur med horn gör. Dessutom uppvisar hornlösa kor färre aggressiva beteenden (Stock et al. 2013). I en studie av Meischke et al. (1974) uppskattades skadorna bland behornade kor förekomma i ungefär dubbelt så hög utsträckning som hos kulliga.

Avhorning kan utföras genom amputation, bränning eller kemiskt. Vid bränning används ett hett järn som drivs elektriskt med gas eller batteri. Vid kemisk avhorning appliceras kaustikpasta som vanligtvis består av ett starkt alkaliskt medel som natriumhydroxid eller kalciumhydroxid. Oavsett val av avhorningsmetod resulterar proceduren i beteendeförändringar som en effekt av en akut stressreaktion (Stock et al. 2013). Enligt en studie av Cambrand (2004) ger avhorning upphov till obehag hos kalvar i minst ett dygn efter ingreppet trots sedering och lokalbedövning. Kalvar som inte bedövades uppvisade även beteenden som skygghet för människor och var mer försiktiga med huvudet. Dessa beteenden uppvisas eftersom inflammationen som avhorningen orsakar kan leda till postoperativ smärta hos kalvarna (Cambrand 2004). Avhorning kan därför vara ett välfärdsproblem om man inte tar hänsyn till risken för smärta under och efter ingreppet (Stock et al. 2013).

Avhorning sker vanligtvis på kalvar under åtta veckors ålder när hornknopparna är 5-10 mm långa och inte har fäst vid den underliggande pannhålan (Stafford & Mellor 2005). När hornen blivit längre och fäst till pannhålan måste avhorningen ske genom amputation (Stock et al. 2013). Att avhorna kalvar äldre än sex månader är inte idealt eftersom såren tar längre tid att läka och infektionsrisken ökar. I varmare klimat kan sen avhorning även resultera i kortvarig viktnedgång (Winks et al. 1977 se Prayaga 2007).

Att föda upp kulliga kalvar är det mest skonsamma alternativet då kalvar som föds utan horn inte behöver genomgå avhorning. En expertkommitté i Kanada (the

Expert Committee on Farm Animal Welfare and Behaviour) har sedan år 2000 rekommenderat uppfödare av köttresdjur att para sina kor med kulliga tjurar för att föda upp kulliga kalvar som inte behöver avhornas (Cambrand 2004). Ett förbud mot avhorning har länge diskuterats vilket skulle ha en stor påverkan på dagens animalieproduktion. Detta förbud har ökat intresset för uppfödning av kulliga kor ytterligare (SLU 2014).



## 3. Horntillväxt

### 3.1 Nedärvning av horn

Horn är beständiga utväxter som är förbundna till kraniet (Gård & Djurhälsan 2019). Hos kor förekommer horn hos både han- och hondjur, vilket utmärker dem från många andra djur (Niskanen 2004 se Perälä 2018). Tidigare troddes kullighet bero på en ensam genmutation i många raser, men nedärvningsprocessen har visat sig vara mer komplex. Variation i storlek, form och placering av hornen kan vara påverkade av flera gener vilket innebär att olika gener samverkar (Warwick och Legates 1979 se Prayaga 2007). Frekvensen av kullighet varierar mellan raser och när kullighet förekommer hos naturligt behornade raser antar man att det beror på en mutation (Winding et al. 2015; Perälä 2018). White och Ibsen (1936) bevisade i en studie att mutationer från horntillväxt till kullighet förekommer oftare än mutationer från kullighet till horntillväxt.

Genom molekylära studier har genen för kullighet lokaliserats till den proximala änden av kromosom 1 (BTA1) hos kor. Den exakta placeringen av allelen var länge okänd men har nu identifierats (Winding et al. 2015). Enligt en studie av Winding et al. (2015) är det två olika alleler som påverkar kullighet; en 202 bp insertion-deletion i de flesta raser samt en 260 bp haplotyp i Holstein. En senare studie av Mueller et al. (2019) påstår däremot att det finns tre olika mutationer som orsakar kullighet. Ena allelen är en 80 128 bp duplikation av Frisiskt ursprung. Den andra är en enkel allel av Keltiskt ursprung som motsvarar en duplikation av 212 bp i stället för en 10 bp deletion. Den tredje allelen identifierades nyligen och är en komplex 219 bp duplikation-insertion, en 7 bp deletion och en 6 bp insertion (Mueller et al. 2019; Rothhammer et al. 2014). Alleler av Keltiskt ursprung förekommer hos de flesta raser medan alleler av Frisiskt ursprung till störst del förekommer hos Holstein och ett fåtal andra raser (Mueller et al. 2019).

Redan 1902 rapporterades det att genen för kullighet var dominant över hornförekomst hos kor (Bateson & Saunders 1902 se Prayaga 2007) och flera senare studier stärkte teorin (Spillman 1906; Barrington & Pearson 1906 se Prayaga 2007). Det innebär att endast ena föräldern behöver nedärva allelen för kullighet

för att avkomman ska bli kullig. Genen för horntillväxt är recessiv och för att avkomman ska utveckla horn behöver avkomman vara homozygot för allelen vilket innebär att allelen behöver nedärvas av båda föräldrarna (Perälä 2018). En senare studie visade dock att den enkla teorin om att generna antingen är dominanta eller recessiva inte förklarade nedärvningen tillräckligt (Gowen 1918 se Prayaga 2007). I studien var förekomsten av horn högre hos handjur än hondjur vilket ledde till hypotesen att hormoner kopplade till kön har en viktig roll i nedärvningsprocessen. Slutsatsen från studien var att vid heterozygoti är genen för kullighet dominant hos hondjur, men recessiv hos handjur och att flera faktorer spelar roll i nedärvningen (Gowen 1918 se Prayaga 2007).

Allelen för kullighet benämns ofta som P och allelen för horn som p. Om man utgår från teorin att kullighet är dominant över horntillväxt oavsett kön leder parning av en heterozygot kullig tjur (Pp) och en behornad ko (pp) till avkommor där 50% är heterozygota och därmed kulliga och resterande 50% blir homozygota för horntillväxt och därmed behornade. Vid parning av en homozygot kullig tjur (PP) och en heterozygot ko (Pp) blir alla avkommor kulliga, varav 50% blir heterozygota och 50% homozygota för den kulliga allelen. Parning av två heterozygota individer ger 25% homozygota behornade avkommor, 25% homozygota kulliga avkommor samt 50% heterozygota kulliga avkommor. Oavsett kön blir avkommor som bär på allelen P kulliga (Perälä 2018).

Utgår man i stället från teorin att horntillväxt även påverkas av kön och hormoner blir resultatet annorlunda. Avkommor som är homozygota för kullighet (PP) utvecklar inte horn oavsett kön. Avkommor som är heterozygota för kullighet (Pp) leder däremot endast till kullighet hos honor, medan hanar utvecklar horn. För att horntillväxt ska utvecklas hos hondjur krävs det att avkommorna är homozygota för horntillväxt (Perälä 2018). Det går inte att veta om en kullig ko är homozygot eller heterozygot för allelen utan att göra ett DNA-test (Mueller et al. 2019).

## 3.2 Nedärvning av Scurs

Scurs är en variant av horn och den exakta definitionen har länge diskuterats. Scurs är hornliknande utväxter som till skillnad från vanliga horn inte är fasta i kraniet. Ofta går det att konstatera om en ko har horn eller scurs genom att med händerna känna då hornbitarna är lösa. Det förekommer dock fall där hornbitarna är så pass fasta att det är svårt att avgöra. På dessa individer är det enda säkra sättet att avgöra hornstatus genom att skanna djuret (Gård & Djurhälsan 2019).

Anlaget för scurs finns i kromosompar 19 (BTA19) hos kor och allelerna benämns som SC för förekomst scurs och sc för frånvaro av scurs. Scurs har en mer

komplexerad nedärvningsprocess än horn (Grobler et al. 2021). Utveckling av scurs är influerat av kön och förekommer i större utsträckning hos tjurar än hos kor. För att hondjur ska utveckla scurs behöver de vara homozygota för allelen (SC/SC) medan handjur endast behöver en uppsättning av allelen. På behornade djur går det inte att se om de har anlag för scurs och på djur som är konstaterat homozygota för kullighet har man hittills inte funnit scurs. Detta tyder på att kon måste vara heterozygot för kullighet för att kunna utveckla scurs (Gård & Djurhälsan 2019).

Trots att samband har setts mellan utvecklingen av horn och scurs är generna inte kopplade till varandra eftersom de befinner sig på olika kromosompar. Troligen finns det flera andra gener som har en påverkan för hur scurs, horn och kullighet uttrycker sig som vi i dagsläget inte har full kunskap om (Gård & Djurhälsan 2019).

### 3.3 Samband med andra egenskaper

I en studie av Stookey och Goonewardena (1996) jämfördes behornade och kulliga tjurar av raserna charolais och hereford på olika teststationer. Hos charolaistjurarna visade sig egenskaper som vikt och tillväxt vara likvärdiga mellan de behornade och kulliga tjurarna. Den enda skillnaden som upptäcktes var att de kulliga charolaistjurarna hade tjockare ryggfett än de behornade. Herefordtjurarna undersöktes på två teststationer. Vid en teststation sågs inga skillnader i egenskaper mellan de kulliga och behornade herefordtjurarna, men vid den andra teststationen hade de kulliga tjurarna en betydligt högre tillväxt än de behornade (Stookey & Goonewardena 1996).

Enligt Mueller et al. (2019) finns inget genetiskt samband mellan kullighet och produktionsegenskaper. På teststationer har studier gjorts på kulliga Charolais- och Herefordtjurar där tjurarna visat sig likvärdiga behornade tjurar gällande egenskaper som ryggfettstjocklek, strotalomkrets, daglig viktökning och årlig vikt. Liknande studier har genomförts på andra raser och visat liknande resultat (Cambrand 2004). Däremot kan den begränsade tillgängligheten av kulliga avelstjurar ha en påverkan på andra egenskaper då en tjur med ett sämre avelsvärde kan behöva användas i aveln (Mueller et al. 2019).

## 4. Introgression av hornlöshet

### 4.1 Avel

Avel är en långsiktig lösning på problemen associerade med behornade kor (Prayaga 2007). Introgression innebär att man introducerar eller överför nya gener från en population till en annan och sker vanligtvis via hybridisering eller återkorsning. Introgression av kullighet kan prövas genom att kontinuerligt para kulliga tjurar med behornade alternativt kulliga kor, för att sedan selektera kulliga kor från de senare generationerna. Även fast processen låter relativt enkel gör bristen på tillräckligt antal kulliga tjurar att det är mer komplext (Dekkers 2004).

Förekomsten av kullighet hos kor varierar mellan raser och är relativt låg hos exempelvis Holstein, som är en av de vanligaste raserna inom mjölkproduktion. Den låga andelen kulliga kor leder till begränsade valmöjligheter av avelstjurar som kan nedärva genen för kullighet och ett avelsprogram som ökar förekomsten av den kulliga allelen är enligt Winding et al. (2015) önskvärt. År 2009 hade de kulliga tjurar som var tillgängliga för avel ett relativt lågt avelsvärde jämfört med de behornade tjurarna och var till störst del heterozygota. De låga avelsvärdena kan leda till att olika produktionsegenskaper påverkas negativt om endast kulliga tjurar används i aveln (Winding et al. 2015).

Ett avelsprogram för kulliga kor medför en del risker och utmaningar, där den största utmaningen är den höga inavelsgraden. Den begränsade populationen av kulliga tjurar tillgängliga för avel kan leda till ett högt släktskap och resultera i inavelsdepression (Winding et al. 2015). Inavelsdepression kan leda till att skadliga recessiva egenskaper i arvsmassan kommer till uttryck och kan ha en negativ påverkan på bland annat produktionsegenskaper, hälsa och reproduktion (Johansson 2017). I en studie av Mueller et al. (2019) testades olika avelsprogram för kullighet där de undersökte frekvensen av den kulliga allelen samt inavelsgraden hos korna. Studien visade att de avelsprogram som ledde till att allelen för kullighet ökade mest, även ledde till högst inavelsgrad. De avelsprogram där inavelsgraden var lägst hade även väldigt låg frekvens av kullighet (Mueller et al. 2019).

I en studie av Winding et al. (2015) intervjuades holländska lantbrukare och de uppgav att de låga avelsvärdena hos de kulliga tjurarna och den begränsade populationen att selektera ifrån gjorde att intresset för att avla på kullighet var lågt. Lantbrukarna uppgav att om tjurarna haft högre avelsvärden samt varit homozygota för kullighet hade de tjurarna föredragits över de behornade. Detta eftersom bland annat veterinärkostnader skulle minska med kulliga kor samt leda till en förbättrad djurvälstånd.

Ett avelsprogram för att få fram kulliga tjurar med höga avelsvärden tar tid (Windig et al. 2015). På grund av kors långa generationsintervall behöver avelsdjuren selekteras noggrant för att effektivt uppnå genetiska framsteg (Prayaga 2007). Med hjälp av genomisk selektion kan det genetiska framsteget öka och avelsvärdena förbättras (Windig et al. 2015). För att uppnå en effektiv introgression av kullighet är användandet av DNA-markörinformation till stor nytta då man kan identifiera om individens genetiska status och se om den är homozygot eller heterozygot för genen (Prayaga 2007).

## 4.2 Geneditering

Geneditering är ett sätt att skapa förändringar i DNA-sekvensen hos levande organismer och är ett alternativ till konventionell avel (NE u.å.; Mueller et al. 2019). Med geneditering kan mutationer skapas på en förbestämmd plats och specifika baspar kan bytas ut för att ändra djurets egenskaper (Gentekniknämnden u.å.). Simuleringsstudier har visat att användning av geneditering är det mest effektiva sättet att minska frekvensen av recessiva alleler samtidigt som de skadliga effekterna av inavel minimeras (Mueller et al. 2019).

År 2021 nådde de första genediterade djuren marknaden. Företaget Regional Fish Institute i Japan sålde en fisk där genen som hämmar muskeltillväxt slagits ut och senare samma år såldes en fisk där genen som styr aptiten hade inaktiverats (Gentekniknämnden 2022). I Sverige är geneditering olagligt förutom i vissa forskningssyften och regleras bland annat av lagen om genetisk integritet (SFS 2006:351) vilket gör att geneditering av djur i Sverige inte är särskilt aktuellt i dagsläget. Att föda upp kulliga kor med hjälp av geneditering är möjligt och introgression av en artspecifik  $P_C$ -allel där en 212-bp duplikation ersatt en 10-bp sekvens på kromosom 1 har uppnåtts (Mueller et al. 2019).

## 5. Diskussion

I dagens moderna animalieproduktion finns det inget behov av behornade kor. Hornen medför problem som ökad skaderisk för både personal och andra djur och det är därför nödvändigt att avhorna kor. Trots att det finns flera olika avhorningsmetoder att använda har ingreppet, oavsett metodval, en negativ inverkan på djurväl-färden samtidigt som det är en kostsam och tidskrävande process. Att låta korna behålla sina horn leder inte bara till ökade skaderisker utan även till ökade kostnader samt en mindre effektiv produktion då behornade kor kräver större utrymme än hornlösa och färre djur kan hållas på den tillgängliga ytan. De skador som uppstår från hornen leder även till höga veterinärkostnader. Det kan alltså vara dyrare för lantbrukaren att ha behornade kor i stället för att investera i avhorning av djuren.

Alternativet till avhorning är att föda upp hornlösa kor och intressent ökar i tid med att regler förändras och ny forskning kring produktion och djurväl-färd tillkommer. För att kunna föda upp kulliga kor behövs det kunskap om vilka genetiska faktorer som leder till hornbildning och hur dessa gener går att påverka. Den senare tidens forskning är överens om att genen för kullighet är dominant över horntillväxt och inte påverkas av kön. Scurs är till skillnad från horn påverkade av kön och könshormoner och att forskare under tidigt 1900-tal menade att även hornförekomst influeras av kön skulle kunna bero på att kunskapen om scurs inte var tillräcklig och att de två olika horntyperna enkelt förväxlades. Att det troligen finns flera gener som påverkar hur horn, scurs och kullighet uttrycker sig kan också vara en anledning till att olika studier drar olika slutsatser. Det är intressant att även fast genen för scurs och genen för kullighet befinner sig på olika kromosompar förekommer inte scurs hos kor som är konstaterat homozygota för kullighet. Detta är ytterligare en faktor som tyder på att flera olika gener samverkar och påverkar varandra.

Det råder delade uppfattningar om hur gener för olika horntyper samverkar med andra egenskaper. Enligt vissa studier har samband setts mellan exempelvis kullighet och sämre produktions-egenskaper, medan andra studier menar att det inte alls finns något genetiskt samband mellan kullighet och andra egenskaper. Mer forskning inom områden skulle kunna förklara om de samband som setts är

genetiska eller beror på slump eller andra miljömässiga faktorer. Att jämföra kulliga och behornade kor utan att ta hänsyn till avelsvärden kan dock ge ett missvisande resultat. Eftersom kulliga kor idag har ett sämre avelsvärde än de behornade kommer de prestera sämre, oavsett om det finns en genetisk koppling mellan kullighet och andra egenskaper eller inte.

Att föda upp kulliga kor är enkelt i teorin men den begränsade urvalspopulationen, framför allt inom mjölkkraser, gör processen mer komplex. För att aveln inte ska leda till en för hög inavelsgrad hos korna behöver fler kulliga tjurar finnas tillgängliga. Utöver risken för hög inavelsgrad gör de låga avelsvärdena hos de kulliga tjurarna att intresset för att använda dem i avel är lågt. Att de behornade tjurarna har högre avelsvärden än de kulliga beror förmodligen på att det finns många fler behornade tjurar tillgängliga för avel. Att avla för kullighet är dock fullt möjligt, även för raser som Holstein där andelen kulliga tjurar är väldigt liten. Skillnaderna i avelsvärdena mellan tjurarna minskar i takt med att fler kulliga tjurar blir tillgängliga för avel och en studie av Winding et al. (2015) uppskattar att alla framtida Holstein-kalvar kommer vara kulliga om 10 år.

Geneditering är något som i teorin kan vara en enkel lösning till de problem som kan uppstå i samband med aveln. Med geneditering minskar risken för inavel samtidigt som det genetiska framsteget ökar, men det finns även utmaningar med processen. Eftersom geneditering i kommersiella syften är olagligt i Sverige är forskning inom hur det kan tillämpas i praktiken inte av något större behov. Dessutom är geneditering dyrt och inte något som dagens lantbrukare har råd att praktisera även om möjligheten fanns. Att ändra i djurs DNA är även en etisk fråga och konsumenternas acceptans är en viktig faktor för en fungerande och hållbar produktion. Ett vanligt förekommande argument emot geneditering är att det anses vara onaturligt. Enligt en studie av Winding et al. (2015) finns det delade åsikter hos konsumenter angående om kulliga kor som genediterats ses som något naturligt eller inte. Studien av Winding et al. (2015) visade även att en hög inavelsgrad också är något som inte uppskattas av konsumenter, vilket är enklare att undvika med hjälp av geneditering jämfört med traditionell avel. Det är alltså svårt att säga om geneditering är bättre alternativ än traditionell avel när det kommer till att föda upp kulliga kor då det finns många fördelar, men även utmaningar, med båda metoderna.

## 6. Slutsats

Studier visar att allelen för horntillväxt är recessiv och allelen för kullighet är dominant. Allelerna befinner sig på kornas kromosompar 1 (BTA1) och nedärvs autosomalt, utan att påverkans av djurets kön. Allelen för Scurs förekommer på kornas kromosompar 19 (BTA19) och har en mer komplex nedärvning. Hondjur behöver vara homozygota för allelen för att utveckla scurs medan handjur endast behöver en uppsättning av allelen. Att introducera kullighet i behornade populationer är en lång process där inavel och avelsvärde är viktiga faktorer att ta hänsyn till. Geneditering är ett alternativ till avel där risken för inavel minskar men för att geneditering ska kunna ersätta traditionell avel behövs mer forskning inom ämnet samt diskussioner som lyfter den etiska aspekten.



## Referenser

- Barrington, A. & Pearson, K. (1906). On the Inheritance of Coat-Colour in Cattle: Part I. Shorthorn Crosses and Pure Shorthorn Crosses and Pure Shorthorns. *Biometrika*, 4 (4), 427–464. <https://doi.org/10.2307/2331638>
- Cambrand, M. (2004). *Alternativa metoder för avhorning av kalv – Teknik och behandlingseffekt, samt utvärdering av postoperativ smärta med användning av NSAID*. (Examensarbete 2004:37). Sveriges lantbruksuniversitet. Veterinärprogrammet. <https://core.ac.uk/download/pdf/211580503.pdf> [2022-05-15]
- Dekkers JCM (2004). Commercial application of marker- and gene-assisted selection in livestock: strategies and lessons. *Journal of Animal Science E Suppl.* 82, 313-328 [https://doi.org/10.2527/2004.8213\\_supplE313x](https://doi.org/10.2527/2004.8213_supplE313x)
- Gentekniknämnden (2022). *Genomredigerade djur*. <https://www.genteknik.se/genetik-och-genteknik/genmodifierade-organismer-gmo/djur/genredigerade-djur/> [2022-05-02]
- Gentekniknämnden (u.å.). Hornlösa kor med hjälp av genomredigering. <https://www.genteknik.se/hornlosa-kor-med-hjalp-av-genredigering/> [2022-03-30]
- Grobler, R., van Marle-Köster, E. & Visser, C. (2021). Challenges in selection and breeding of polled and scur phenotypes in beef cattle. *Livestock Science*, 247, 104479. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104479>
- Gård & Djurhälsan (2019). *Vilken hornstatus får kalven?*. <https://www.gardochdjurhalsan.se/vilken-hornstatus-far-kalven/> [2022-04-21]
- Johansson, C. (2017). *Konsekvenser av inavel under många generationer*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för biosystem och teknologi. [https://stud.epsilon.slu.se/11657/1/johansson\\_c\\_171011.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/11657/1/johansson_c_171011.pdf) [2022-05-15]
- Meischke, H.R.C., Ramsey, W.R., Shaw, F.D. (1974). The effect of horns on bruising in cattle. *Australian Veterinary Journal* 50, 432-434 <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1974.tb06864.x>
- Mueller, M.L., Cole, J.B., Sonstegard, T.S. & Van Eenennaam, A.L. (2019). Comparison of gene editing versus conventional breeding to introgress the POLLED allele into the US dairy cattle population. *Journal of Dairy Science*, 102 (5), 4215–4226. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15892>
- NE (u.å.). *Genredigering*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/genredigering> [2022-05-02]

- Perälä, A. (2018). *Skriftlig utredning om kullighetens nedärvning och dess betydelse i avelsprogram*. Novia. Utbildningsprogrammet för landsbygdsnäringarna.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145733/Amanda\\_Perala.pdf;jsessionid=3A07710D48D425EA1CC26441685557D9?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145733/Amanda_Perala.pdf;jsessionid=3A07710D48D425EA1CC26441685557D9?sequence=1) [2022-05-15]
- Prayaga, K.C. (2007). Genetic options to replace dehorning in beef cattle—a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58 (1), 1.  
<https://doi.org/10.1071/AR06044>
- Rothhammer, S., Capitan, A., Mullaart, E. et al. (2004). The 80-kb DNA duplication on BTA1 is the only remaining candidate mutation for the polled phenotype of Frisian origin. *Genet Sel Evol* 46, 44 <https://doi.org/10.1186/1297-9686-46-44>
- SFS 2006:351. *Lag om genetisk integritet m.m.* Stockholm: Socialdepartementet.
- SLU (2014). *Förbud mot avhorning – förslag i EU*.  
<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/epok-centrum-for-ekologisk-produktion-och-konsumtion/nyheter/aldre-nyheter/2014/10/eu-forslar-forbud-av-avhorning-av-ekologiska-kor/> [2022-05-04]
- Stafford, K.J., Mellor, D.J. (2005). Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves, *The Veterinary Journal*, Volume 169, Issue 3, 337-349, ISSN 1090-0233, <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.02.005>
- Stock, M.L., Baldrige, S.L., Griffin, D. & Coetzee, J.F. (2013). Bovine Dehorning: Assessing Pain and Providing Analgesic Management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29 (1), 103–133.  
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.11.001>
- Stookey, J., Goonewardene, L (1996). A comparison of production traits and welfare implications between horned and polled beef bull. *Canadian journal of animal science*, 76(1), ss. 1-5 <https://doi.org/10.4141/cjas96-001>
- Wiedemar, N., Tetens, J., Jegannathan, V., Menoud, A., Neuenschwander, S., Bruggmann, R., Thaller, G., Drögemüller, C. (2014). Independent polled mutation leading to complex gene expression differences in cattle. *PLoS ONE*, 9(3), s. e93495. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093435>
- Windig, J.J., Hoving-Bolink, R.A. & Veerkamp, R.F. (2015). Breeding for polledness in Holstein cattle. *Livestock Science*, 179, 96–101.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.021>
- White, WT., Ibsen, HL. (1936). Horn inheritance in Galloway-Holstein cattle crosses. *Journal of Genetics* 32, 33-49  
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02982500>

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

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