

Effektivare inomgårdstransporter genom övergång till elmaskiner - förstudie

Oscar Lagnelöv
Ola Pettersson
Lars Hoffmann
Christan Leitl
Henrik Kauhanen



Uppdragsrapport från JTI

Effektivare inomgårdstransporter genom övergång till elmaskiner - förstudie

Oscar Lagnelöv

Ola Pettersson

Lars Hoffmann

Christan Leidl

Henrik Kauhanen

Ett projekt utfört på uppdrag av Energimyndigheten och
Wacker Neuson AB

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Genomförande	8
Marknadsläge.....	8
Vidareutveckling av tidigare studie	11
Energiförbrukning	11
Teknisk beskrivning av Weidemanns eHoftrac	12
Ekonomi.....	14
Elpris	15
Jämförelse.....	16
Känslighetsanalys	17
Underhåll och reparationer	18
Kylans påverkan på prestandan	19
Batteri	19
Oljor	19
Hydraulsystem.....	20
Arbetsmiljö	21
Säkerhet.....	21
Buller.....	21
Utsläpp	21
Användarperspektiv	22
Lämpliga provgårdar.....	23
Referenser	24
Bilagor	26
Bilaga 1: Utdrag ur kapitel 5 ur LBK Elhandbok	26
Bilaga 2: Elsäkert lantbruk.....	27
Bilaga 3: Intervjustudie	29

Förord

Jordbruket behöver energieffektivisera i alla led för att nå bättre ekonomi och minska miljöpåverkan från matproduktionen. Ett led i detta arbete är att gå över till mer elektrisk energi i förhållande till diesel. Denna studie har bedömt möjligheterna att använda en batteridrivna liten lastmaskin vid inomgårdsarbeten på jordbruk i svenska förhållanden.

Studien har genomförts som ett samarbete mellan JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik och SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, avd. Electronics – EMC samt generalagenten för Weidemann i Sverige WackerNeuson AB

Projektet har finansierats genom medel från Energimyndigheten och WackerNeuson AB

Uppsala i januari 2015

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Nästan alla maskiner som används i lantbruket är dieseldrivna. Inomgårdstraktorer har i en tidigare studie visat på bra matchning för batteridrift, men trots detta finns det i princip inga på marknaden. Detta projekt har teoretiskt utvärderat Weidemanns eHoftrac med hänsyn till energiförbrukning, kapacitet, driftekonomi, ljudnivå, emissioner och säkerhet.

Eldrift visar bättre driftsekonomi, lägre ljudnivå, eliminering av driftsrelaterade emissioner och fullgod kapacitet jämfört med dess dieseldrivna motsvarighet. En stor del av ekonomin och kapaciteten beror på hur batteriet hanteras och laddas, vilket är den enskilt största nyheten med maskinen. Maskinåterförsäljare är positiva till en liten, batteridrivnen inomgårdslastare även om tekniken inte har diskuterats i större utsträckning.

Projektet planerar att gå vidare med fälttest där fyra eHoftrac ska testas på lämpliga platser och de teoretiska värden som tagits fram i denna rapport ska verifieras.

Genomförande

Projektet genomfördes till den största delen teoretiskt med en praktiskt provperiod i åtanke. Projektet baserades till stor del på den tidigare rapporten ”Förstudie Eldriven inomgårdstraktor” (Pettersson et.al, 2014) samt på tidigare erfarenhet av liknande fordon och system.

I den ekonomiska beräkningen görs analyser av diesel- och elprisets utveckling och den framtida utvecklingen antas. Därefter jämförs kostnaderna för investering och drift av både ett dieselsystem och ett elsystem. Detta ger en grund för de ekonomiska slutsatserna.

Delarna ”Underhåll och reparationer”, Kylans påverkan på prestandan” och ”Arbetsmiljö” baseras till stor del på tidigare erfarenhet från Wacker Neuson AB och SP El och har därefter anpassats till det undersökta systemet.

För att kunna få en bild av hur marknaden och återförsäljare skulle kunna ta till sig tekniken och fordonet har telefonintervjuer med återförsäljare gjorts. Även föreläsningar och framträdanden på mässor, träffar och konferenser har gjorts av projektgruppen, och till dessa har informationsmaterial tagits fram och använts. Detta syftar till att öka intresset för eldrivna inomgårdslastare samt knyta kontakter med lämpliga gårdar och företag att bedriva de senare testerna på.

Marknadsläge

Nästan alla de maskiner som används i lantbruket är diseldrivna och det gäller även de maskiner som används för arbeten inom gården. Det är ofta mindre traktorer som gör inomgårdsarbeten och sällan maskiner specifikt framtagna för den typen av arbete. Det finns dock troligen en marknadsandel för dessa typer av maskiner.

Det finns idag få maskiner av liknande typ som Weidemanns eHoftrac, det närmaste är främst hjullastare och motviktstruckar, men även hybridtraktorer börjar finnas på marknaden. Det som skiljer sig är dels att eHoftrac är rent eldriven men även effekten hos maskinen skiljer sig, då många av de liknande maskintyperna har mycket högre effekt och används inom byggindustrin eller är truckar med lägre effekt som används inom distribution och lagerverksamhet.

Arbetsmomenten som undersöks är varierande och har olika krav på maskinen. Det som utmärker många arbetsmaskiner är att de är extremt specialiserade, något som lantbruksmaskiner generellt inte har råd att vara. För att kunna lyckas ta marknadsandelar måste arbetsmaskinen kunna utföra många olika arbeten med

olika redskap, något som i dagsläget oftast tillfaller en av gårdens traktorer. Hittills är de två lämpligaste maskinerna som kan ersätta dagens teknik Weidemanns eHoftrac och Merlo TF 40.7, båda är mindre maskiner som är väl lämpade för de varierande uppgifter som en inomgårdstraktor på ett lantbruk kräver och båda använder elektriska drivlinor. I Weidemanns fall är det helt elektriskt och i Merlots fall dieselhybriddrift med möjlighet till en kortare stunds ren eldrift.

Vilka marknadsandelar som dessa maskiner kan ta beror väldigt mycket på dess prestanda och hur väl de uppfyller förväntningarna inom vissa specifika områden, specifikt de som identifierades i JTI:s Förstudie Eldriven inomgårdstraktor (Pettersson et.al, 2014) där det påpekas att framgångsrika inomgårdstraktorer behöver vara:

- Inte mer än marginellt dyrare än dieseltraktorer
- Relativt terränggående
- Kapabla till kontinuerlig drift
- Kapabla till lyft på 500 kg och 2 m lyfthöjd
- Ha möjlighet att dra redskap

Och från Larsson (2012), där det tydliggörs att jämfört med rena dieselsystem bör hybrider/batterielektriska fordon ge:

- Bättre ekonomi
- Likvärdig eller bättre prestanda
- Mindre miljöpåverkan
- Mindre buller och lokala utsläpp
- Likvärdigt säkra eller säkrare system

Om majoriteten av dessa kan uppfyllas så är de starkaste drivkrafterna uppfyllda. Grundläggande beräkningar visar på att driftsfasen blir både effektivare, billigare och kräver mindre underhåll med ett elsystem, men elmaskiner brukar generellt innebära en merkostnad i investeringen. Köper man en fossilt driven produkt är investeringen mindre men de löpnade, dolda kostnaderna större, likt ett isberg som ligger över vattenytan. Investerar kunden i en eldriven produkt vänds isberget upp och ner och helt plötsligt syns hela kostnaden och det lilla som sticker ner under ytan är de framtida driftkostnaderna.

De produkter lantbrukare efterfrågar och förväntar sig måste visa ett förbättrat ägande och driftekonomi över den ekonomiska livstiden. Produkten ska även vara en redskapsbärare som ska klara av att utföra huvuddelen av de sysslor som krävs inom gården som att transportera foder/materiel, utgödsla, flytta mindre vagnar samt schakta undan snö.

Inomgårdstraktorn eHoftrac har goda möjligheter då den uppfyller majoriteten av de punkter som listades ovan. Som visas i följande sektioner har den, jämfört med

dieselvarianten, lägre drifts- och underhållskostnad, mindre miljöpåverkan, mindre buller och lägre lokala utsläpp, fullgod prestanda för angivna uppgifter och god säkerhet. Merlot uppfyller troligen många av dessa punkter vilket praktiskt gör den till eHoftracs enda konkurrent, men mindre data finns tillgänglig om denna maskin och inget marknadspris är satt.

Lantbrukssektorn är en relativt konservativ kundgrupp med stark märkestrogenhet, därför är det viktigt att dessa maskiner snabbt kommer in på alla naturbruksgymnasier så att de kommer till en ”vardag” i användningen där samt att kommuner och större företag går i frontlinjen.

Förhoppningen är att denna maskintyp ska kunna ta över det basala maskinbehovet inom såväl det traditionella lantbruket som känslig boskapshantering i t.ex. stallar och ridhus. Låg ljudnivå och inga emissioner möjliggör högre utnyttjandegrad än konventionella maskiner för t.ex. gaturengöring eller annat arbete i områden med specifika krav på ljud och utsläpp.

Projektgruppen har under projekttiden föreläst på diverse konferenser, träffar och mässor om konceptet liten, batteridrivna inomgårdslastare och bemötts positivt och entusiastiskt. Detta visar på att finns behov och intresse för produkten från intressenter och kundgrupper.

Inom detta projekt har en telefonintervju ägt rum där vi har ställt frågor till maskinförsäljare inom lantbruksområdet i Sverige. Syftet med intervjun var att fånga en bild av hur mycket det har talats om och hur stort intresse som batteritraktorer har hunnit få hos lantbrukarna och maskinåterförsäljare. De försäljare vi kontaktat har representerats av 9 personer från Lantmännen Maskin med en jämn geografisk spridning över Sverige, samt 16 stycken från den privata sidan. De fick svara med en värdesiffra mellan 1 och 5 där 1 representerade lite och 5 mycket. Innan frågorna ställdes gavs en kort introduktion till ämnet där vi kort muntligen redogjorde för resultatet från tidigare genomförd studie (JTI, 2014)

De frågor vi ställt till maskinförsäljarna var:

- Förs det några diskussioner inom din säljarkår om förutsättningarna för laddbara lastmaskiner?
- Har du fått många frågor från kunder rörande eldrivna inomgårdsmaskiner?
- Planerar ni för att ta in någon liknande maskin i ert sortiment under närmsta två åren?
- Kan du se att du har kunder på ditt distrikt som har en verksamhet där elmaskiner för inomgårdshantering skulle passa?

Det kan konstateras att inom Lantmännens säljarkår har frågan om elektriska inomgårdsmaskiner inte varit uppe för diskussion och såvitt säljarna kände till var det inte aktuellt att någon maskin skulle tas in i deras produktkatalog. Däremot såg alla en potential i dessa maskiner och så gott som alla kunde se presumtiva kunder med verksamhet som skulle passa dessa maskiner. Inom den fristående maskinhandeln kan märkas att flertalet av dessa har fört diskussioner om batteridrivna inomgårdsmaskiner. Även bland dessa kan ses att de ser presumtiva kunder med lämpliga arbetsområden. Se vidare i bilaga 3.

Vidareutveckling av tidigare studie

Energiförbrukning

I studien ”Förstudie eldriven inomgårdstraktor” (Pettersson et. al, 2014) publicerades resultat för 8 stycken maskiner av två olika modeller från Merlo, en på 75 kW och en på 105 kW, vars arbetscyklar har uppmätts på olika typer av gårdar under ett halvår. Man har sedan undersökt hur stor del av arbetscykeln som skulle kunna ersatts av batterier av olika kapaciteter, enligt nedanstående tabell 1.

Tabell 1: Användbarhetsgrad för eldrivna inomgårdstraktorer av olika kapacitet

Energiinnehåll batteri (kWh)	Andel av dygn då energiinnehållet räcker	Andel av dygn då energiinnehållet räcker - om det laddas vid alla uppehåll längre än tre timmar	Andel av dygn då energiinnehållet räcker - om det laddas vid alla uppehåll längre än en timme
10	50%	59%	75%
20	73%	77%	88%
50	97%	96%	98%
75	99,4%	98,9%	99,4%
100	99,7%	99,2%	99,5%

Jämfört med Wacker Neusons eHoftrac på 24-32 kW så är de undersökta maskinernas effekt, bränsleförbrukningen och arbetet de utför klart större. Därför blir även den grad som skulle kunna täckas upp av batterier lägre i tabellen ovan än vad de hade varit med en eHoftrac som utför sysslor som är anpassade efter dess effekt. En eHoftrac har en användbar batterikapacitet på ca 11,5-14,4 kWh och skulle därmed, enligt tabellen ovan, minst kunna täcka upp 50-75 % av tiden. Vidare visar analys av data att 78 % av arbetspassen kräver mindre än 11,5 kWh och skulle därmed klara sig med eHoftracens kapacitet.

Batteriet tar vid normalspänning ca 4 timmar att ladda upp vid 400 V och nästan dubbel tid vid 230 V om batteriet är helt urladdat. Det finns tekniska alternativ för snabbbladning där full laddning kan uppnås under mindre än en timme, men dessa erbjuds inte som en lösning av Wacker Neuson och passar generellt inte bra med bly-syra batterier som används i eHoftrac. (Wacker Neuson, 2015)

Vid analys av data den tidigare nämnda studien visades det att 99 % av arbetsdagarna innehöll minst en period där maskinen inte används samt är längre än 3 timmar och 29 % av dagarna innehöll minst två sådana perioder. 67 % av dagarna innehöll dessutom minst 2 tillfällen där maskinen står still mer än en timme åt gången. Sammantaget betyder det att det finns mycket goda möjligheter att ladda upp inomgårdstraktorn mellan arbetspassen, även om man bara laddar den vid de längre arbetsavbrotten.

Det ska dock tilläggas att batteriets kapacitet hos eHoftrac inte kan användas till 100 % då djupurladdningar skadar sekundära celler och dess kapacitet avtar med förkortad batterilivslängd som följd. Därför antogs det att batteriets laddningsfönster inte utnyttjas till mer än 80 procent.

Om maskinens elmaskiner skulle köras under maxbelastning skulle batteriet knappt klara av en halvtimmes drifttid, dock är utnyttjandefaktorn mellan 10-20 % av maxeffekten vilket ger dess aktiva drifttid upp till 4,5 timmar.

Att återladda detta batteri efter normal användning ifrån ett vanligt uttag på 230 Volt kan teoretiskt ta ca fem timmar medan en anslutning med en anpassad laddningsutrustning till en trefas 400 Volt-uttag kan teoretiskt ladda batteriet med samma mängd elenergi på ca en timme.

Blybatterier klarar normalt av att cyklas djupt (100 % urladdning) ca 1200-1800 gånger. Detta extremfall ger en total energimängd på 26 000 kWh som batteriet ska hantera under sin livslängd. Om däremot endast 50 % av batteriet utnyttjas under dess livslängd finns möjlighet att nå upp till ca 7000 cykler och möjligen ännu mer. 7 000 cykler ger en total energimängd om 50 400 kWh som batteriet hanterar. Det blir nu tydligt varför batteriet ska laddas ofta för att nå optimal livslängd. (Hoffman, 2015)

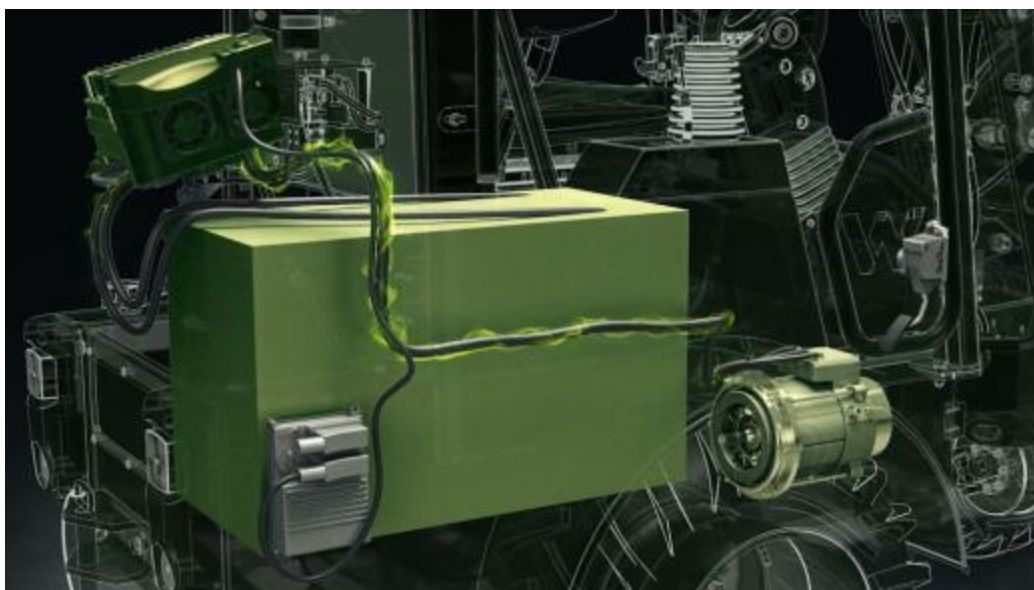
Teknisk beskrivning av Weidemanns eHoftrac

Weidemanns eHoftrac är en lättare inomgårdstraktor på dryga 2 ton med en sammanlagd effekt om 15,5 kW i elmaskinerna. Elmaskinerna sköter framdrift och lyft, framdriften har en maxeffekt om 6,5 kW (figur 2) och hydraulpumpen har en elmaskin med maxeffekt om 9 kW, vilket ger en lyftkapacitet på ca 2 ton (figur 1). Batteribanken är ett högeffektsbatteri av bly/syra-typ och har en teoretisk energikapacitet på 14,4 kWh. Enligt Weidemann erbjuder detta en

drifttid på mellan 2,8–4,5 timmar vid normalt inomgårds lantbruksarbete. (Wacker Neuson, 2015)



Figur 1: Hydraulsystemets elektriska drivsystem i eHoftrac.



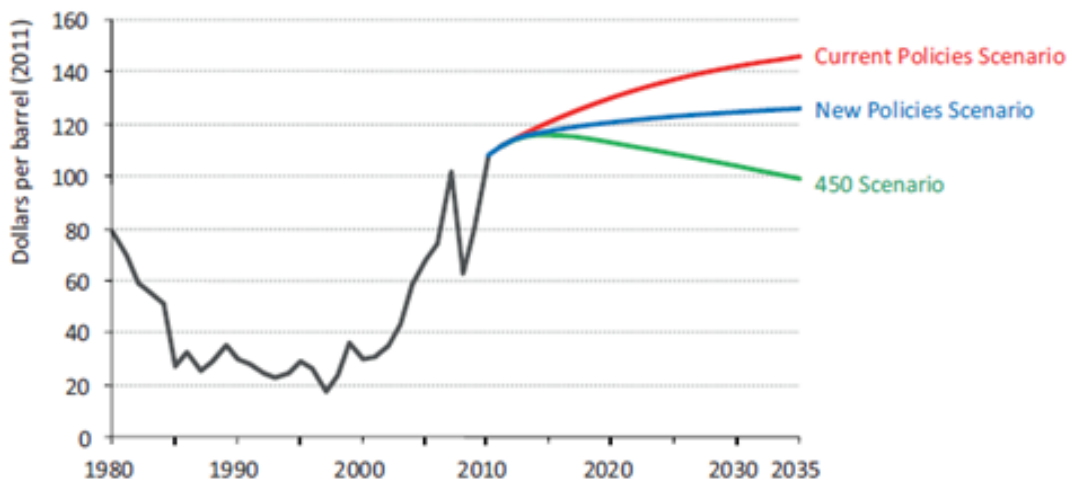
Figur 2: Traktionssystemets elektriska drivsystem i eHoftrac

Ekonomi

Ekonomin för ett system som detta beror väldigt mycket på priset på alternativet man ersätter, i detta fall en dieselmotör. För att veta det behöver vi veta två saker, dels elpriset utveckling och dels oljepriset utveckling.

Dieselpolis

Dieselpolis beror på flera faktorer, främst oljepriset samt skatter och avgifter. Hur oljepriset utvecklar sig är en stor socioekonomisk fråga globalt. Det finns väldigt stor osäkerhet på hur oljepriset kommer utvecklas och många olika scenarier har konstruerats. IEA:s World Energy Outlook 2013 (2013) visar tre scenarier för råoljepriset; ett som är business-as-usual, ett där nya policys sätts för att säkra tillgången och ett 450-scenario där rejäla grepp tas för att hålla priset på dagens nivå eller lägre. Råoljepriserna 2035 blir då 145, 125 och 100 USD/barrel respektive, det vill säga 8,8 kr/l, 7,6 kr/l och 6,1 kr/l respektive. Dessa prisutvecklingar visas i figur 3.



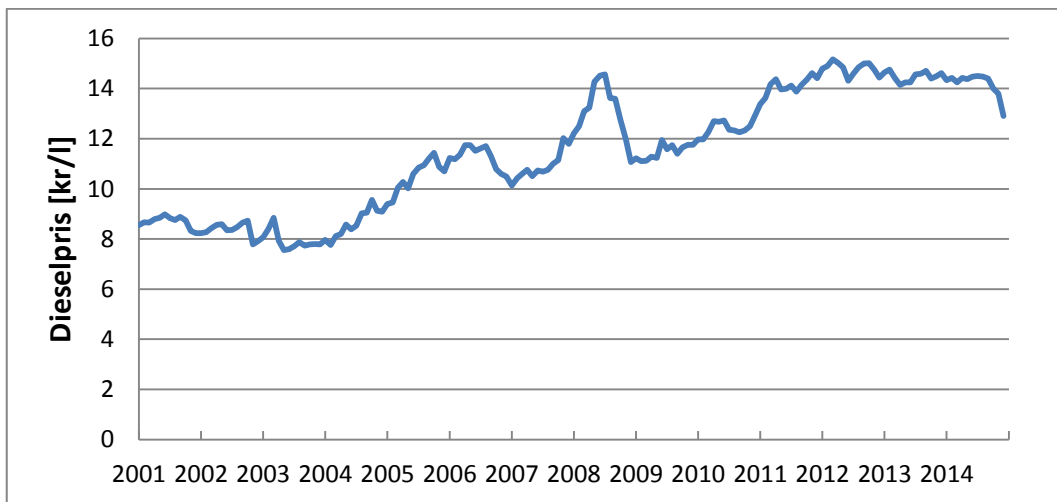
Figur 3: IEA:s scenarier för råoljepriset utveckling (IEA, 2013)

Dieselpolis prisbild överensstämmer inte helt med oljepriset utveckling, utan beror i Sverige till stor del på övriga kostnader som moms, energiskatt, koldioxidskatt och mervärdesskatt. Ungefär 51 % av dieselpolis kostnad är skatter och avgifter (Statoil, 2014), vilket gör att det är svårt att förutse dieselpolis även om oljepriset skulle vara mer förutsägbart. Troligen kommer Sverige, med relativt stark miljöpolicy, inte sänka avgifter eller skatter på fossila drivmedel. Historiskt har dieselpolis i medeltal ökat med 2-2,75 % per år sedan 1970-talet, enligt Energimyndigheten (2013).

För att omvandla IEA:s oljeprisbild till dieselpolis tillkommer även produktionskostnader, transporter, skatter och avgifter. Om samma prissättning, skatter och tillägg som idag sker blir priset utöver råoljepriset 4,85 kr/l samt 25 %

moms (Preem, 2014). Detta ger 2035 dieselpriiser på 18,9 kr/l för ”Current policies”, 17,4 kr/l för ”New Policies” och 15,5 kr/l för ”450”. Detta kan tyckas lite lågt, men för att lyfta fram en försiktig analys duger det bra, om dieselpriiset skulle öka med mer än förutsett blir det endast en större lönsamhet för elsystemet. För enkelhetens skull antas en linjär utveckling. Detta ger om 10 år (2024) dieselpriis på 16,5 kr/l, 15,8 kr/l och 14,9 kr/l respektive. För lantbrukare som slipper moms blir priset 13,2 kr/l, 12,6 kr/l och 11,9 kr/l för de tre olika scenarierna vid 2024.

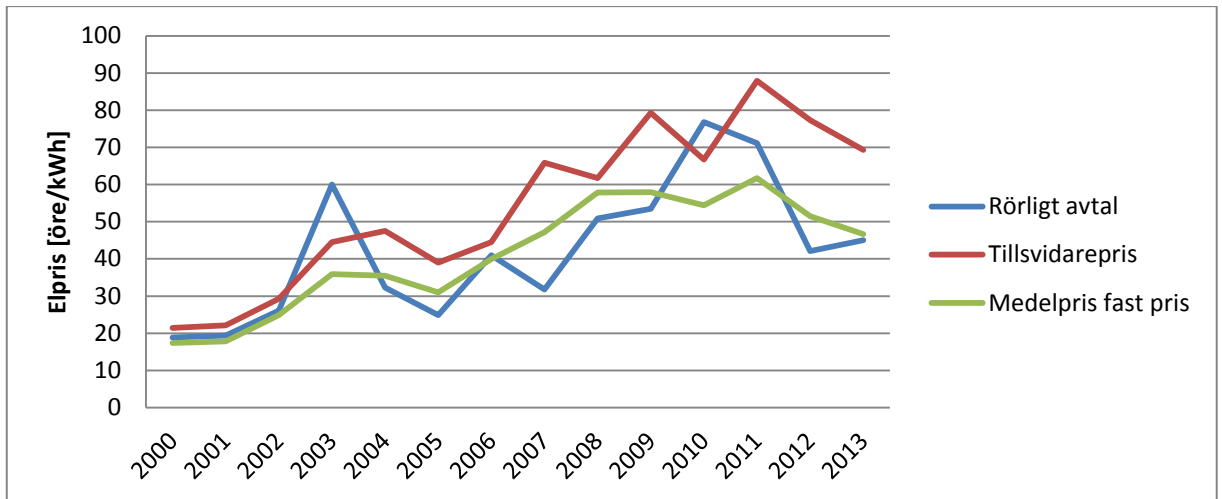
Under 2014 har oljepriset och därigenom också dieselpriiset varierat kraftigt, från 14,84 som högst (OKQ8, 2015) till 12,37 (Ingo, 2015) som lägst, en historiskt stor minskning som visas i figur 4 och som visar på hur snabbt en förändring av dieselpriiset kan ske. Att förutsäga dieselpriiset under längre perioder är alltid ett osäkert antagande och detta projekts analys av den bör betraktas som en fallstudie av 3 specifika scenarion.



Figur 4: Genomsnittsdieselpriiset på bemannade tankstationer under perioden jan 2001 - december 2014 (SPBI, 2015)

Elpris

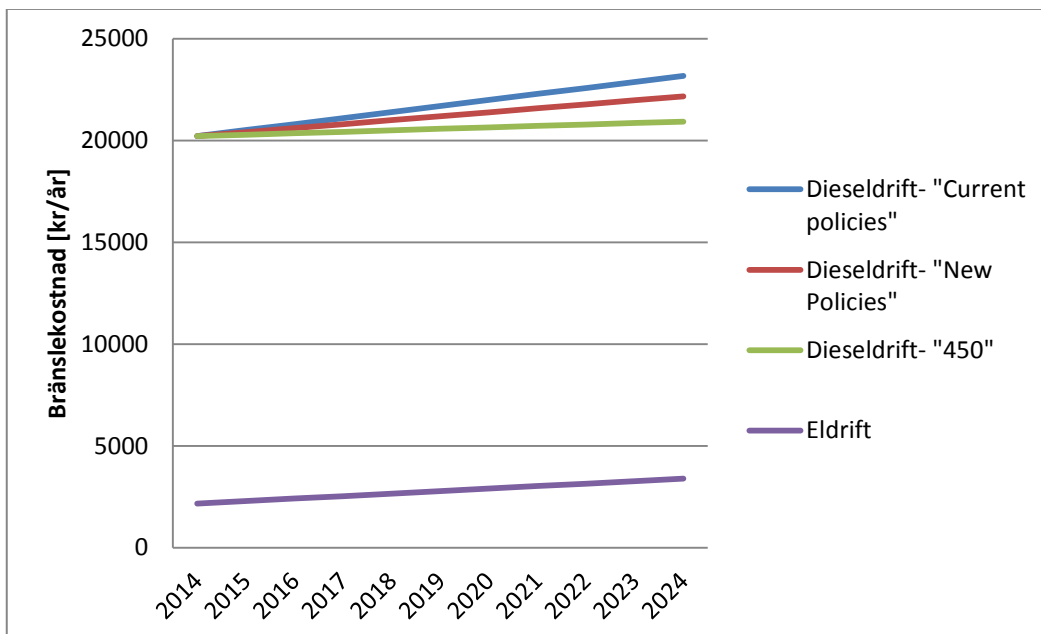
Elpriset är, likt dieselpriiset, en kombination av produktionskostnader, skatter och avgifter. Elpriset sedan början på 2000-talet har, exklusive avgifter och skatter, utvecklats på det sätt som visas i figur 5. (SCB, 2014). Tidigare var elpriset lågt, för att sedan öka till 2010 års nivå och därefter sjunka till dagens nivå. Även elpriset är svårt att förutse hur det kommer utvecklas, men de flesta analyser pekar på att elpriset troligen kommer att öka långsiktigt framöver beroende på breddningen av elmarknaden och omställningen i Svensk elproduktion till följd av eventuell nedmontering eller förnyelse av kärnkraften. Sedan 2000 har elpriset i medeltal ökat med 2,8–4,7 öre/kWh och år, beroende på avtalsform, med 3,75 öre/kWh och år som medel (SCB, 2013). Värt att notera är då att även analyser av elpriset ofta uppvisar stor osäkerhet.



Figur 5: Elpris för jordbruk och skogsbruk, exklusive skatter och moms

Jämförelse

En jämförelse mellan den årliga driftskostnaden för eldrift och dieseldrift för en inomgårdstraktor som dagligen kör 1,2 timmar visas nedan. Dieselpriiset varierades enligt IEA:s tre olika analyser och elpriset antas öka med 3,75 öre per kWh och år för att följa det senaste decenniets trend. Det som visas i figur 5 är att dieseldriften, oavsett vilket scenario man går efter, kommer vara betydligt dyrare än eldriften, ungefär 4-5 gånger dyrare. Jämförelsen är för en traktor på 24 kW med en dieselåtgång på 4 liter i timmen, där eldriften har en totalverkningsgrad (inklusive transmission och dyl.) på 77 % och dieseldriften 19 %. Maskinen beräknas användas 1,2 timmar per dygn året runt. Resultatet visas i figur 6.



Figur 6: Årlig kostnad (kr/år) för olika typer av drift för en inomgårdstraktor under en 10-årsperiod

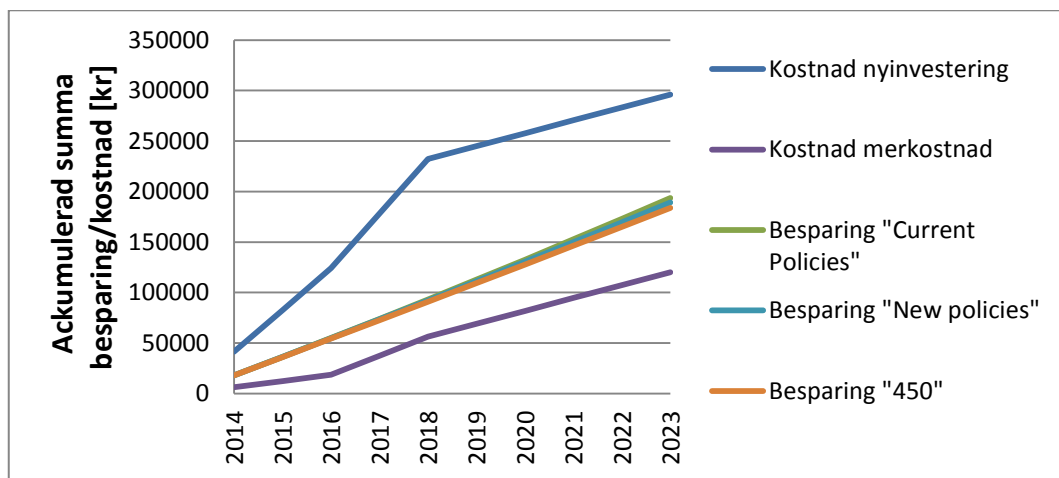
Ekonomi beror väldigt mycket på vilken dieselåtgång man ersätter. En hög dieselförbrukning hos inomgårdstraktorn gör att det blir mer lönsamt att ersätta

den med el. Även under vilka förutsättningar nyinvesteringen sker spelar stor roll. Om bytet sker i samband med anskaffandet av en ny maskin så är det merkostnaden för elmaskinen som man tittar på (ca 53 500 kr), då en maskin skulle köpas in i vilket fall, samt kostnaden för att byta batteri efter 1 500 laddningar.

Tabell 2: Ekonomisk jämförelse mellan el- och dieseldrift

Merkostnad ellastare	53 500 kr
Nytt batteri	40 000 kr
Körtimmar	438 timmar/år
Driftskostnad diesel	18 632 kr/år
Driftskostnad el	2 820 kr/år
Minskad driftskostnad	15 812 kr/år
Kostnad eldrift jfr diesel	15%

I det fallet, specificerat i tabell 2, ser ekonomin lovande ut med en besparing på bränslekostnaden med ca 16-20 000 kr/år beroende på dieselpriiset. Besparingen betalar snabbt av merkostnaden för eltraktorn, med en pay-back tid på lite mer än 3 år. Det har även antagits att traktorn håller i 10 år, men batteriet i 3,5 år och att ett nytt batteripack införskaffas efter den tiden.



Figur 7: Ackumulerade kostnader och besparingar inklusive annuitet

Känslighetsanalys

Känslighetsanalys (tabell 3) visar att påverkan är relativt liten även om priset på maskinen eller batteriet blir högre. En ökning med 25 % på batteriet eller maskinen ger en ökning på den ackumulerade kostnaden under 10 år på endast 5,3 % -6,4 %. Det visades även i figur 7 att skillnaden i dieselpriis mellan de olika scenarierna ger en relativt liten skillnad i besparing, likaså elpriset där en höjning med 25 % skulle innebära en minskning i årlig besparing med 4,5 %. Detta beror på att den största besparingen kommer av att elmotorns verkningsgrad är så mycket högre än en förbränningsmotor.

Tabell 3: känslighetsanalys för olika ekonomiska variabler

Parameter	Ökning	Effekt
Elpris	+25 %	Årlig besparing: -4,5 %
Dieselpolis 450	+/- 0 %	Besparing jfr 450: +0 %
New policies	+5,9 %	Besparing jfr 450: +3,1 %
Current policies	+10,7 %	Besparing jfr 450: +5,7 %
Merkostnad Elmaskin	+25 %	Ackumulerad kostnad: +6,4 %
Batterikostnad	+25 %	Ackumulerad kostnad: +5,3 %

Underhåll och reparationer

Även om underhållskostnaderna för elmaskiner är klart lägre än för motsvarande dieselmaskiner tillkommer dock kostnad för underhåll av övrig utrustning som elmaskiner, ladd utrustning samt styrelektronik. Normalt sett är dessa komponenter som i stort sett är underhållsfria, dock beror behovet av underhåll på val av t.ex. elmaskintyp. Om elmaskinen är av kommutator-typ kommer t.ex. kolborstar att behöva bytas, dock handlar det om ringa materialkostnad i detta fall men om fackman ska utföra underhållet tillkommer reskostnad och arbetstid för att utföra underhållet. I fallet med eHoftrac har denna två stycken trefasmaskiner som inte är av kommutator-typ och har därmed inte kolborstar.

För att förstå underhållskostnaderna på ett djupare plan krävs att man har tillgång till ingående komponenters data som t.ex:

- MTBF (Mean Time Between Failures)
- MTTR (Mean Time To Repair)
- MWT (Mean Waiting Time)
- LCC/LCP (Life Cycle Cost / Life Cycle Profit)

Man kan då göra en beräkning av driftsäkerheten enligt nedan.

$$\text{Driftsäkerhet} = \frac{\text{Verklig utnyttjad tid}}{\text{Totalt tillgänglig tid}} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT}$$

En annan osäkerhetsfaktor är skador p.g.a. yttre påverkan t.ex. åska. Elmateriel anslutet till nätet kan relativt lätt slås ut p.g.a. detta och kostnaden för en sådan skada är svår att förutse, men det kan i värsta fallet gissningsvis röra sig om en kostnad kring 100 000 kr om all elektronik slås ut. Det är därför viktigt att försäkringar finns som täcker även detta.

Kylans påverkan på prestandan

När det gäller kyla och batteriet i eHoftrac, så är den nominella kapaciteten på batteriet angiven vid 30°C (240Ah eller 300/340Ah). Vid lägre temperatur kan man som approximation räkna med att kapaciteten sjunker med ca 1 % / °C . Teoretiskt skulle då kapaciteten vid -20°C vara hälften av vad den är vid 30°C (Battery University, 2014).

I praktiken finns flera olika aspekter att beakta när det gäller drift i låga temperaturer och inte enbart begränsat till batteriet. När man jämför eHoftrac med en motsvarande dieseldriven maskin, eller en lantbrukstraktor, så finns det flera aspekter man bör beakta.

Batteri

Temperaturen som påverkar batteriet är temperaturen på blyplattorna och syran inne i batteriet, och den kan skilja sig från omgivningstemperaturen. Batteriet värms upp något vid användning, olika mycket beroende på hur hårt och hur länge maskinen används. Det betyder att när man kör ett längre pass så kommer man så småningom att värma upp batteriet, varvid utnyttjandet av dess kapacitet blir bättre.

Det betyder också att om man har maskinen stående parkerad i ett tempererat utrymme så kan man sedan arbeta i lägre temperatur med bättre utnyttjande av batteriets kapacitet. Genom att batteriet är ganska stort och tungt, samt inbyggt i maskinen, så har det ganska stor värmetröghet och kommer under tiden maskinen arbetar i den kallare temperaturen inte att kylas ned särskilt snabbt. Dessutom kan energilagret isoleras för att hålla en jämnare temperatur oavsett i vilken temperatur fordonet arbetar i.

Ett termiskt isolerat batteri är att föredra då detta kan förlänga drifttid under den betydligt kyligare årstiden. Vi får heller inte glömma bort att Sverige erbjuder stora temperaturskillnader med kallt klimat under längre tid. Batteriets kapacitet kan halveras under stark vinterkörning jämfört med sommarkörning så det kan löna sig att temperera batteriet för att få såväl optimerad drifttid som livslängd. Dessa punkter bör man ta med i bedömningen när man studerar förutsättningarna för maskinens användning vintertid.

Oljor

Dieselmotorn kräver normalt särskilda oljor om den skall kallstartas vid -20C eller lägre temperaturer. De 10W-30 eller 15W-40 motorolja som är vanliga i lantbruket blir rätt tjockflytande när det är kallt. Även om det förmodligen inte är nödvändigt att gå in på detaljerna i fråga om start och körning av dieseldrivna maskiner i den här rapporten, så kan det för jämförelsen vara bra att notera att låga temperaturer inte är oproblematiska för dessa heller.

I fråga om dieseldrivna maskiner finns det lite olika åtgärder man brukar använda sig av för att klara låga temperaturer, som till exempel att ha maskinen parkerad i ”varmgarage”, ha lämplig motor- och transmissionsförvärmning (t.ex. 230V), installera kraftigare batterier och startmotor etc.

Hydraulsystem

Hydraulsystemet påverkas påtagligt av låga temperaturer. Standard hydrauloljor tillåter egentligen inte kallstart av en dieseldriven hydrostatmaskin vid lägre temperatur än -15°C (ISO VG46 HLP) eller för lite bättre hydrauloljor ner till $-20/25^{\circ}\text{C}$ (en ISO 46 hydraulolja med viskositetsindex kring 200, t.ex. OKQ8 Handel 46/32). Efter kallstart krävs sedan en längre varmkörning på lågt varvtal, innan oljan hunnit värmas upp så pass att man kan börja arbeta med maskinen. Detta görs inte alltid av användaren, vilket kan resultera i skador på pumpar som orsakats av körning med för kall hydraulolja.

Förutom varmkörningen så försämras också hydraulikens verkningsgrad under arbetet, innan man nått full drifttemperatur för hydrauloljan. Det har bland annat att göra med de högre strömningsförlusterna i hydraulrör och slangar, då oljans viskositet ökar med lägre temperatur. Högre viskositet ger högre förluster. Många mindre maskiner har dessutom inte termostatstyrning av hydrauloljans temperatur, varvid man vid arbete i låg omgivningstemperatur får en lägre drifttemperatur på hydrauloljan, högre viskositet och därmed försämrade verkningsgrad. Detta löses emellanåt med elektrisk förvärmning (230V) av hydrauloljan för att minska problemen vid kallstart av maskinen och förkorta eller eliminera behovet av varmkörning innan arbetet.

Hydraulförvärmare monteras på en mindre andel av maskinerna, men har blivit lite vanligare på senare år. Man kan också använda sig av speciella hydrauloljor som fungerar över ett bredare temperaturområde. Ett exempel på en sådan olja är OKQ8 Hydraul LT, som har ett viskositetsindex på 356 (OKQ8, 2011). Det är dock sällsynt att sådana hydrauloljor används inom lantbruket. Att parkera maskinen i varmgarage är förstås också en gångbar lösning för kallstartsproblematiken, som används ganska ofta i kommunala sammanhang. Då återstår endast den något sämre verkningsgraden hos hydraulsystemet vid drift i lägre temperaturer.

Många av åtgärderna som idag används för att underlätta dieseldrift vid lägre temperaturer skulle lika väl kunna användas för att se till att batteridrift fungerar på ett så problemfritt sätt som möjligt. Då dessutom användningstiden generellt är kort kommer troligen värmetrögheten i batteriet att förhindra alltför låga temperaturer i den aktiva delen av batteriet.

Arbetsmiljö

Säkerhet

Fordonet ska laddas på en uppställningsplats som är väl ventilerad och där utrustning för laddning kan installeras för gällande kapslingsklass. Utrymmet ska vara i sådan kondition att det är fritt från brännbart material vid laddningsplats och dess närhet. I just detta fall krävs ingen specialistutbildning för att ansluta laddutrustning till matande nät eller kontakt på fordon, dock bör nyttjare få information om den arbetsgång som krävs för att utföra detta arbete.

En mycket viktig sak i sammanhanget är att anslutning av laddare till matande elnät görs med ett CEE 416-don och inte med en äldre platt Semko 17-kontakt don som idag är förbjuden att installera, sälja eller reparera. Detta kontaktdon är tyvärr allt för vanlig i det svenska lantbruket. (LBK, 2014; Elsäkerhetsverket, 2014) För övriga krav och mer detaljerade säkerhetsföreskrifter, se bilaga 1 och 2.

Buller

Jämfört med de dieseldrivna varianterna av samma storlek så har eHoftrac lägre bullernivå. Den uppmätta nivån för dieselmotorn låg vid en mätning utförd av Wacker Neuson på 98,8 dB medan elmotorn låg på 91,8 dB, en betydande skillnad då decibel-skalan är logaritmisk. Detta har att göra med att en elmotor generellt är tystare vid drift, samt att man på grund av dess höga effektivitet ofta kan nöja sig med en mindre motor. Detta bör även kontrolleras med praktiska test och mätningar.

Tabell 4: Ljud- och bullernivå hos eHoftrac och dess dieselmotorsvarigheter

	1160 Standard (motsv. CC30)	1160 exempel 1 (motsv. CC35)	1160 exempel 2	1160 eHoftrac
Nominell bullernivå				
Uppmätt ljudeffektnivå LwA [dB (A)]	98,8	98,4	98,4	91,8

Utsläpp

En stor arbetsmiljöfördel är även att man inte släpper ut några avgaser vid körning. Vid inomhuskörning eller körning under tak är detta väldigt bra, då miljön för både djur och människor förbättras. All klimatpåverkan som kommer av körning med eltraktor uppkommer vid produktionen av elen, något som inte sker på gården utan vid produktionsanläggningarna. Alltså slipper lantbruket emissionerna.

En dieselmotormotor enligt standarden EU Stage IIIA för effektspannet 19-37 kW, vilket motsvarar effekten hos dieselmotsvarigheten till eHoftrac, släpper högst ut avgaser enligt tabellen nedan (Dieselnet, 2014). Den dieselmängd som ersätts vid byte till eldrift är ca 4 liter per timme (Wacker Neuson), vilket är ca 39 kWh. Utsläppen per timme med denna förbrukning visas också i tabellen. Detta är utsläpp som man slipper vid byte till eldrift. Det är värt att notera att dessa värden (förutom CO₂e, d.v.s. lustgas, koldioxid och metan) är maxvärden som en motor i denna klass får släppas ut. I praktiken släpper antagligen motorn ut mindre än dessa värden.

Tabell 5: Högsta tillåtna emissionsnivån hos dieseldriven arbetsmaskin 19-37 kW

Utsläppsnivå	CO	Oförbrända kolväten + NO _x	PM (Partiklar)
EU Stage III A 19-37 kW	5,5 g/kWh	7,5 g/kWh	0,6 g/kWh
Utsläpp per timme*	43,0 g	58,6 g	4,7 g

*Beräknat med data från Miljöfaktaboken (Värmeforsk, 2011)

Användarperspektiv

En eldriven maskin kommer självklart inte vara exakt som dess dieseldrivna motsvarighet, utan kommer ha andra fördelar och nackdelar.

Bland nackdelarna kan viss temperaturkänslighet nämnas, tillsammans med den s.k. ”räckviddsångesten”, oron att laddningen inte räcker länge nog.

En av fördelarna kan vara att slippa tänka på att förvärma motor vid kallare temperaturer med elektrisk blockvärmare för att få start på maskinen, då elmotorer inte delar förbränningsmotorers temperaturkrav. En annan fördel är att slippa logistiken kring drivmedel då traktorn praktiskt taget står och ”tankar” när den inte används. Att varken släppa ut förbrännings- eller ljudemissioner måste även ses som en stor fördel vilket innebär att den kan användas för t.ex. inomhuskörning eller arbeten som snöröjning nattetid i känsliga områden.

Det är dock en förändring för användarna, som måste inse skillnaderna mellan dessa båda bränslen och förstå att maskinens batteri ska stå på laddning så fort den inte används, detta för att klara drifttid, underhållskostnad och livslängd.

Lämpliga provgårdar

Det är djurgårdar av olika typer som har potentiellt störst nytta av att byta från diesel till eldrift och det är därför dessa gårdar, och andra gårdar med mycket maskinarbete inomhus, som kommer prioriteras som provgårdar. Arbetet som maskinerna ska utföra på gårdarna är tänkt att vara de uppgifter som en motsvarande dieseldriven maskin tidigare utfört. Även arbeten som passar den låga ljud- och utsläppsnivån hos eHoftrac bör utföras och utvärderas, som djur- och fodringssuppgifter samt stallarbeten och andra typer av uppgifter som är antingen inomhus eller i närheten av levande djur. Det ger möjligheten att jämföra de båda maskinerna inom följande punkter:

- Energiförbrukning
- Miljöpåverkan, lokala utsläpp och ljudnivå
- Driftskostnad och ekonomi
- Prestanda
- Användarvänlighet

Parametrar som bör provas specifikt för eldrift är:

- Batteriernas driftstid vid olika arbetsbelastningar,
- Laddinfrastruktur och säkerhet
- Hur det svenska klimatet påverkar maskinens prestanda
- Om möjligheten finns att integrera tekniken med andra system (elbilar, smarta elnät, elproduktion)

Delar av testerna kommer att baseras på användarnas upplevelser och åsikter, medan det som är mätbart kommer att mätas upp med lämplig teknik.

Referenser

Battery University, 2014, *Discharging at High and Low Temperatures*, http://batteryuniversity.com/learn/article/discharging_at_high_and_low_temperatures (2014-11-22)

Dieselnet, 2014, *Emission standards European union non-road engines* <https://www.dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php> (2014-11-22)

Elsäkerhetsverket, 2014, *Elsäkert lantbruk*, <http://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/Press/Pressmeddelanden/Elsakert-lantbruk/> (2015-01-09)

Energimyndigheten, 2013, *Energiläget 2013*

Hansson, P-A., Lindgren, M. Norén, O. & Petterson, O. 2002, *Jordbruks- och anläggningsmaskinernas motorbelastning och avgasemissioner - samt metoder att minska bränsleförbrukning och av gasemissioner*, JTI Rapport 308 <http://www.jti.se/uploads/jti/R-308JTI,LT.pdf> (2014-11-05)

Hoffman, Lars (SP Elektronik), 2015, *Yrkeserfarenheter*

IEA, 2013, *World Energy Outlook 2013*, <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/> (2014-11-22)

Ingo, 2015, *Prishistorik*, http://www.ingo.se/cs/Satellite?c=Page&childpagename=JSE1%2FLayout&cid=1334073843105&p=1334073843105&packedargs=lang%3Dsv_SE%26site%3DJS_E1&pagename=JSE1Wrapper (2015-01-26)

JTI, 2014, *Förstudie Eldriven inomgårdstraktor*, Uppdragsrapport Jordbruksverket och LRF

Lantbrukets Brandskydd (LBK), 2014, *LBK-pärmen- Kapitel 5: Elhandbok*, <http://www.lantbruketsbrandskydd.nu/lbk-parmen> (2015-01-09)

OKQ8, 2011, *Hydraul LT Product sheet*, http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.okq8.se%2F~%2Fmedia%2FProdukt-%2520och%2520sakerhetsdatablad%2FProdukt-datablad%2FOKQ8%2FHydrauloljor%2FHydraul%2520LT%2520-%2520PDB.pdf&ei=INt-VInvIaf8ywO5iIKACA&usg=AFQjCNGk6RI0wm6jd_AXrJnJ22qbatgJww&bv m=bv.80642063,d.bGQ (2014-12-02)

OKQ8, 2015, *Drivmedel: Prisstatistik*, <http://www.okq8.se/pa-stationen/drivmedel/> (2015-01-26)

Preem, 2014, *Prissättning*, http://www.preem.se/templates/page_791.aspx (2014-11-10)

Skatteverket, 2014, *Skattesatser på bränslen och el under 2014*,
<http://www.skatteverket.se/foretagorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/skattesatser.4.77dbcb041438070e0395e96.html> (2014-11-12)

SPBI, 2015, *Priser och skatter*,
<http://spbi.se/statistik/priser/?gb0=month&df0=2001-01-01&dt0=2015-12-31&ts0=0> (2015-02-02)

Vattenfall, 2014, *Rörligt elpris-historik*, <http://www.vattenfall.se/sv/rorligt-elpris-historik.html> (2014-11-05)

Wacker Neuson, 2015, *Produktinformation Weidemann eHoftrac*

Värmeforsk, 2011, *Miljöfaktaboken*,
<http://www.varmeforsk.se/rapporter?action=show&id=2423> (2014-11-14)

Bilagor

Bilaga 1: Utdrag ur kapitel 5 ur LBK Elhandbok

<http://www.lantbruketsbrandskydd.nu/lbk-parmen>

24. Batteriladdning

För att undvika olyckor vid laddning av batterier ställs vissa krav på utrymmet och utrustningen. Vid laddning av syrabatterier bör det finnas tillgång till ögonsköljflaskor.

Ett lämpligt utrymme kan vara i gårdsverkstaden och platsen ska vara väl ventilerad.

Det är inte tillåtet att ladda batterier i dammiga utrymmen med förhöjd brandrisk eller i närheten av lättantändliga vätskor.

Både laddare och batteri ska stå på obrännbara underlag eftersom hög värme kan utvecklas under laddningsprocessen.

I apparater där batteri och/eller laddare ingår ska leverantörens anvisningar följas.

Laddaren bör vara en flerstegs primärswitchad batteriladdare eftersom dessa anpassar laddspänning och laddström efter batteriets behov samt kan avbryta laddningen vid vissa fel på batteriet.

Så kallade linjära transformatorladdare bör undvikas. Dessa laddare är oftast direkt olämpliga för batterier av typen VRLA (Valve Regulated Lead Acid), det vill säga ventilreglerade blysyra till exempel GEL- eller AGM (Vlies)–batterier.

Använd rätt laddare till respektive batterityp.

Under laddning kan batteriet avge explosiva gaser, därför är det viktigt att undvika gnistor i omedelbar närhet.

1. Följ tillverkarens anvisningar för laddning.
2. Sörj för god ventilation vid laddning.
3. Laddaren bör inte övertäckas.
4. Ladda aldrig ett fruset batteri.
5. Ladda inte ett skadat batteri.
6. Placera inte laddaren på batteriet vid laddning.
7. Skydda polerna för att undvika ofrivillig kortslutning.
8. Kontrollera att kablage inte kommer i kläm, i kontakt med varma ytor eller med vassa kanter. Se även till att inga sprickor har uppkommit i kablage eller i böjskydd . En laddare med skadat kablage får inte användas.
9. Lämna inte laddaren oövervakad under långa perioder.
10. Var försiktig när du arbetar med metallverktyg eller elledare i närheten av batteriet eftersom dessa kan orsaka kortslutning och ljusbågsbildning.

Bilaga 2: Elsäkert lantbruk

<http://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/Press/Pressmeddelanden/Elsakert-lantbruk/>

Elanläggningar och elektrisk materiel vid lantbruk är extra utsatta för slitage och påfrestningar.

Det är den som äger eller driver ett lantbruk som har ansvaret för att både elanläggningen och de apparater som ansluts till vägguttagen är hela och används på rätt sätt. Kontrollera alla stickproppsanslutna elmateriel och byt ut eller låt reparera trasig elutrustning. Låt en behörig elinstallatör med vana av elinstallationer på lantbruk kontrollera lantbruket med jämna mellanrum.

- Det finns tydliga regler som säger att en elanläggning ska kontrolleras fortlöpande, säger Fredrik Sjödin vid Elsäkerhetsverket. Ju äldre och hårdare utnyttjad elanläggningen i lantbruket är, desto oftare bör den kontrolleras.

Äldre lantbruk

Har du ett äldre lantbruk ska du vara extra uppmärksam. Även om eluttag och strömbrytare ser hela ut är det ingen garanti för att elledningarna i väggen är det. Möss och råttor kan orsaka stora skador om de till exempel gnager på elledningarna.

- Eftersom elmateriel har en begränsad livslängd bör renovering av lantbruksbyggnader även omfatta elanläggningen, fortsätter Fredrik Sjödin.

Fast installation istället för gummikabel med stickpropp

Fast monterade maskiner vid lantbruk försörjs ofta med trefasmatningar. Av dem är många anslutna med gummikabel med stickpropp. Men, om du inte har behov av att flytta maskinerna är det bättre att låta installera maskinen till den fasta anslutningen.

Byt ut Semko-17 don

Har ditt lantbruk Semko-17 don bör dessa bytas ut. Sedan 1992 är försäljning av Semko-17 don förbjuden i Sverige. Donen är farliga eftersom höljet är av metall och kan bli spänningssatt om det inträffar ett fel.

Tips för ökad elsäkerhet

Ytterligare tips för att öka elsäkerheten är att installera jordfelsbrytare och överspänningsskydd. Kontrollera också de elektriska apparaternas märkning så att de uppfyller grundläggande hälso- och säkerhetskrav.

Innehavarens ansvar

Det är du som äger eller driver ett lantbruk som har ansvaret för att både elanläggningen och de apparater som ansluts är hela och används på rätt sätt - kontrollera ansluten elmateriel och byt ut eller låt reparera det som är trasigt. Du bör även låta en behörig elinstallatör med vana av elinstallationer på lantbruk kontrollera ditt lantbruk med jämna mellanrum.

Kontrollera anläggningen

Det finns tydliga regler som säger att en elanläggning ska kontrolleras fortlöpande. Däremot finns det inga regler som säger hur ofta det bör ske. Men, ju äldre och hårdare utnyttjad elanläggningen är, desto oftare bör de kontrolleras. Har du ett äldre lantbruk ska du vara extra uppmärksam. Även om eluttag och strömbrytare ser hela ut är det ingen garanti för att elledningarna i väggen är det. Möss och råttor kan orsaka stora skador om de exempelvis gnager på elledningarna. Eftersom elmateriel har en begränsad livslängd bör en renovering av lantbruksbyggnader även omfatta elanläggningen.

Installera överspänningsskydd

Det är relativt vanligt att åskoväder leder till skador på lantbrukets elektriska utrustningar och byggnader. Även om det inte går att skydda sig helt mot skador orsakade av åska ökar du säkerheten genom att låta installera överspänningsskydd.

Jordfelsbrytare

Kontrollera om ditt lantbruk har jordfelsbrytare installerade. Jordfelsbrytare är en billig livsförsäkring som bryter strömmen snabbt om till exempel en apparats hölje skulle bli spänningsförande och minskar därmed risken att någon skadas av ström. Jordfelsbrytare är även ett bra skydd mot elrelaterade bränder. I nyare anläggningar finns långtgående krav på jordfelsbrytare, i äldre anläggningar är det inte alltid ett krav men definitivt en rekommendation att komplettera med jordfelsbrytare.

Kontrollera märkning

De flesta nyare elektriska produkter ska vara CE-märkta. Genom CE-märket visar tillverkaren eller importören att produkten uppfyller grundläggande hälso- och säkerhetskrav.

Högtrycksspolning

Många djurstallar rengörs genom högtrycksspolning som är ett snabbt och effektivt sätt att tvätta golv, väggar och boxar. Men glöm inte att den fasta elinstallationen och anslutna apparater mycket sällan är anpassade till den här typen av spolning!

Kontrollera med en behörig elinstallatör vad som gäller för din anläggning.

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Vi är ett tekniskt jordbruksinstitut med tydlig miljö- och energiprofil.

Institutets fokus ligger på innovation och utveckling i nära samarbete med företag, organisationer och myndigheter.

På vår webbplats publiceras regelbundet notiser om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Gratis mejlutskick av JTI:s nyhetsnotiser kan beställas på www.jti.se

På webbplatsen finns publikationer som kan läsas och laddas hem gratis.

Se www.jti.se under fliken Publicerat.

Vissa publikationer kan beställas i tryckt form. För trycksaksbeställningar, kontakta oss på tfn 010-516 69 00, e-post: info@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
Telefon: 010-516 69 00, Telefax: 018-30 09 56
E-post: info@jti.se
www.jti.se