



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,  
trädgårds- och jordbruksvetenskap

## Vallskördens maskinkedjor

- Sammansättning, kapacitet och effektivitet

*Andreas Gustafsson*

*Tobias Hallström*



Självständigt arbete • 10 hp • Grundnivå, G1E  
Lantmästare - kandidatprogram  
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU  
Alnarp 2013

## Vallskördens maskinkedjor

- **Sammansättning, kapacitet och effektivitet**
- Machine chains for grass silage harvest
- Composition, capacity and efficiency

*Andreas Gustafsson*

*Tobias Hallström*

**Handledare:** Torsten Hörndahl, SLU, Biosystem och teknologi

**Examinator:** Sven-Erik Svensson, SLU, Biosystem och teknologi

**Omfattning:** 10 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G1E

**Kurstitel:** Examensarbete för lantmästarprogrammet inom lantbruksvetenskap

**Kurskod:** EX0619

**Program/utbildning:** Lantmästare - kandidatprogram

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2013

**Omslagsbild:** Andreas Gustafsson

**Serietitel: nr:** Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Snittvagn, Hackvagn, Självgående hack, Slätter, Bärgning, Strängläggning, Vändning, Ensilage



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,  
trädgårds- och jordbruksvetenskap

## **FÖRORD**

Inom lantmästare - kandidatprogrammet är det möjligt att ta ut två examina en lantmästarexamen (120 hp) och en kandidatexamen (180 hp). En av de obligatoriska delarna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete har genomförts under andra året och motsvarar 6,7 veckors heltidsstudier (10 hp).

Studien har genomförts på uppdrag av Hushållningssällskapet Rådgivning Agri AB som en del av framtagandet av Grovfoderverktyget.

Ett varmt tack riktas till redaktionerna på ATL och Nilehnteknik som hjälpt oss att sprida vår enkät. Hans Hedström och Linda af Geijerstam på Hushållningssällskapet Rådgivning Agri AB som bidragit med råd, litteratur och olika beräkningsmodeller samt handledare Torsten Hörndahl, SLU, för värdefulla tips och tankegångar.

Sven-Erik Svensson, Biosystem och teknologi, SLU har varit examinator.

Alnarp september 2013

Andreas Gustafsson & Tobias Hallström

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	3
SUMMARY .....	4
INLEDNING .....	4
BAKGRUND .....	5
MÅL OCH SYFTE .....	5
FRÅGESTÄLLNING .....	5
AVGRÄNSNING .....	6
LITTERATURSTUDIE .....	7
KAPACITETER .....	7
SLÅTTER .....	9
VÄNDNING .....	11
STRÄNGLÄGGNING .....	12
BÄRGNING .....	14
<i>Exakthack</i> .....	14
<i>Snittvagn</i> .....	16
<i>Rundbalspress</i> .....	17
MATERIAL OCH METOD .....	19
LITTERATURSTUDIE .....	19
ENKÄTUNDERSÖKNING .....	19
BERÄKNING AV MASKINKAPACITETER .....	19
RESULTAT .....	21
ENKÄTSVAR .....	21
<i>Slåtter</i> .....	22
<i>Vändning</i> .....	23
<i>Strängläggning</i> .....	24
<i>Bärgning</i> .....	25
<i>Självgående fälthack</i> .....	27
<i>Traktordriven fälthack</i> .....	28
<i>Hackvagn</i> .....	28
<i>Snittvagn</i> .....	29
<i>Rundbalspress</i> .....	29
FRAMRÄKNADE KAPACITETER .....	30
<i>Slåtter</i> .....	30
<i>Strängläggning</i> .....	30
<i>Hack- och Snittvagn</i> .....	30
<i>Hackar</i> .....	31
<i>Rundbalspressning</i> .....	31
MASKINKEDJOR .....	32
MASKINSYSTEM .....	34
DISKUSSION .....	35
SLUTSATSER .....	38
REFERENSER .....	39
SKRIFTLIGA .....	39
BILAGOR .....	41
BILAGA1 .....	41

## SAMMANFATTNING

På grund av svaga mjölkpriser och varierande foderpriser har mjölkproducenterna haft en ansträngd ekonomi de senaste åren. Många experter menar att grovfodret blir viktigare vid högre kraftfoderpriser, tyvärr finns det dock sällan ett pris på grovfoder vid foderstatsberäkningar. Därför skall Hushållningssällskapen i Sverige m.fl. ta fram ett "Grovfoderverktyg" för att beräkna mjölkproducenternas individuella grovfoderkostnad.

Syftet med arbetet var att presentera de vanligaste maskinsystemen och deras kapacitet vid skörd av vall till ensilage för mjölkproduktion. Dessa uppgifter skall sedan kunna användas i typproduktionskalkylerna i Grovfoderverktyget. Vårt mål med arbetet var att kartlägga de viktigaste parametrarna som styr kapaciteten vid vallskörd. Uppsatsen jämför också olika maskinkedjors kapaciteter mätt i hektar (ha) per timme och effektivitet, mätt i mantimmar (MT) per ton torrsubstans (ts) vid olika förhållanden.

Studien gjordes genom en webbenkät (bilaga 1) vilken innehöll frågor om de variabler som påverkar kapaciteten. Denna enkät spreds sedan genom internmail till tidigare och nuvarande lantmästarstudenter, genom facebook-gruppen "Vi med robot" och på tidningarna ATL och Nilehntekniks webbsidor.

När svaren från enkäten bearbetats användes medianvärden för att sätta samman sex stycken typiska maskinsystem. I de olika maskinsystemen ingick sex olika maskinkedjor för bärgning. Dessa var snittvagn, hackvagn, rundbalspress med vagnar, traktordriven hack med vagnar, självgående hack mindre, med vagnar och självgående hack större, med vagnar. Kapaciteterna för samtliga moment i systemen togs sedan fram med hjälp av beräkningsverktyget Drift2004 (Danmarks JordbrugsForskning 2004), även dessa med medianvärden från undersökningen som ingångsdata. Detta för att kunna jämföra de olika bärgningskedjorna separat men också hela maskinsystem. Det gjordes också känslighetsanalyser för att se vad som händer om transportavståndet förkortas till en tredjedel, tredubblas eller om strängläggningmomenten ersätts av strängläggningmattor på slåtterkrossen.

Våra beräkningar och litteraturen visar att transportavståndet och/eller tillgången på vagnar styr kapaciteten vid bärgningen. Vid fältarbeten som slåtter och strängläggning har medelhastigheten och arbetsbredden istället störst betydelse. Vidare visar beräkningarna att inte finns något direkt samband mellan kapaciteten (ha/h) och effektiviteten (MT/ton ts) hos de olika bärgningskedjorna. Man kan också enligt beräkningarna konstatera att trots sin kapacitetsmässiga sårbarhet så är snitt- och hackvagnarna effektiva även vid längre transportavstånd. Maskinkedjor med separata hackar har däremot hög kapacitet men effektiviteten är mycket beroende av hur mycket väntetid som uppstår. Det går åt mellan 0,26 och 0,40 mantimmar att skörda ett ton ts från slåtter fram till silo vid 2,5 km transportavstånd. Om transportavståndet ökar från 2,5 km till 7,5 km ökar arbetsinsatsen med 26 % - 39 % per ton ts om förutsättningarna i övrigt är samma. Rundbalskedjan påverkas minst (13 %) av tredubblat transportavstånd, vid 2,5 km krävs 0,33 MT/ton och vid 7,5 km 0,37 MT/ton ts för att bärga lagringsdugligt foder från sträng och hem till gården.

## SUMMARY

Because of low milk prices and fluctuating feed prices, dairy farmers have had a strained economy the last period. Many experts suggest that forage becomes more important at higher concentrate prices. Unfortunately, there is rarely a price of roughage in diet calculations. Therefore, Hushållningssällskapen in Sweden and others will develop a tool to calculate individual forage cost for the milk producers.

The aim of this work was to present the most common machine systems for silage harvesting and their capacity. These data should then be used in type production calculation in Grovfoderverktyget. Our goal with this work was to identify the key parameters that control the capacity of the forage harvesting. We also compares different machine chains capacities (ha / h) and efficiency (man-hour / ton dry matter) at various conditions.

This was done through an online questionnaire (bilaga 1) which contains questions about the variables that affect capacity. This questionnaire was then spread by internal mail to the past and present lantmästarstudenter, through the Facebook group "We the robot" and the newspapers ATL and Nيلهnteknik's web pages.

When the responses from the questionnaire processed used median values to assemble six typical machine systems. The machine systems included six different machine chains for salvage. These were chopping wagon, forage wagon, round baler with trailer, tractor driven harvester with wagons, self-propelled harvester less, with wagons and self-propelled harvester bigger, with wagons. The capacities of all components in the system was then developed using the calculation tool Drift2004 (Danmarks JordbrugsForskning 2004), even those with median values from the survey as input data. This is to compare the different salvage chains separately but also the whole machine systems. There was also sensitivity analyzes made to see what happens if the transport distance is shortened to one third, tripled or raking operations reimbursed by cross conveyors on mower.

Our calculations and the literature show that the transport distance and /or availability of wagons control capacity at salvage. Fieldworks such as mowing and raking are affected mostly by driving speed and working width. The calculations also shows that there is no direct relationship between the capacity (ha / h) and efficiency (man hours / ton dry matter) of the various salvage chains. The chopping wagon and the forage wagon have high efficiency but low capacity. Machine Chains with separate foragers have a high capacity but the efficiency is very dependent on the amount of waiting time that occurs. It takes between 0.26 and 0.40 man-hours to harvest one ton of dry matter from mowing until the silo at 2.5 km transport distance. If the transport distance increases from 2.5 km to 7.5 km increases the workload of 26% - 39% per ton dry matter if conditions are otherwise the same. The round bale chain is least affected (13%) of the tripled transport distances, at 2.5 km it requires 0.33 man-hour / ton dry matter and 0.37 man-hour / ton dry matter at 7.5 km for getting storable feed from the swath to the farm.

# INLEDNING

## Bakgrund

Priset på mjölk har varit lågt en längre tid samtidigt som fodermedelspriserna har varierat kraftigt. Många experter anser att grovfodret blir allt viktigare i foderstaten när kraftfodret blir dyrare. Ett problem när man räknar foderstater är att det inte finns något pris för vallfodret att tillgå som passar på respektive gård. Med anledning av detta skall Hushållningssällskapen i Sverige i samarbete med Svensk Mjök, Husdjursföreningen Sverige, LRF Konsult, Taurus m.fl. ta fram ett "Grovfoderverktyg". Detta verktyg skall göra det möjligt att ta fram gårdsanpassade kostnader för att producera grovfoder.

En förutsättning för att verktyget skall bli använt är att det skall vara lätt och gå snabbt att komma igång. Dessa mål skall uppnås genom att färdiga typproduktionskalkyler skall finnas färdiga att utgå ifrån. De flesta produktionskostnader är lätta att beräkna eller uppskatta så som priser på insatsvaror och markkostnad. Maskinkostnaderna är däremot svårare att uppskatta då variationen och variablerna är många.

## Mål och Syfte

Syftet med arbetet är att presentera de vanligaste maskinsystemen och deras kapacitet och effektivitet vid skörd av vall till ensilage för mjölkproduktion. Dessa uppgifter skall sedan kunna användas i typproduktionskalkylerna i Grovfoderverktyget.

Vårt mål med arbetet är att kartlägga de viktigaste parametrarna som styr kapaciteten vid vallskörd. Uppsatsen skall även jämföra olika maskinkedjors kapaciteter (ha/h) och effektivitet (mantimmar/ton ts) vid olika förhållanden.

## Frågeställning

- Vilka parametrar påverkar kapaciteten?
- Hur mycket arbete går det åt för olika maskinsystem att skörda grönmassa för ensilering?
- Hur skiljer sig de olika maskinkedjorna i kapacitet, ha/h, vid olika förhållanden?
- Hur skiljer sig de olika maskinkedjorna i effektivitet, mantimmar/kg ts, vid olika förhållanden?

## **Avgränsning**

Arbetet kommer inte att behandla ensilering i några typer av fyrkantsbalar eller hanteringen av hö. Kapaciteten avser fältkapaciteten vid en bestämd fältform och fältstorlek samt olika transportavstånd till lagringsplatsen. Åtgärder för inlagring, så som inläggning i silo och packning behandlas ej. Vid bärgningen tar vi hänsyn till transportavstånd men flyttning av maskiner mellan olika fält ingår ej. Inga kostnader för maskinsystemen ingår i rapporten.



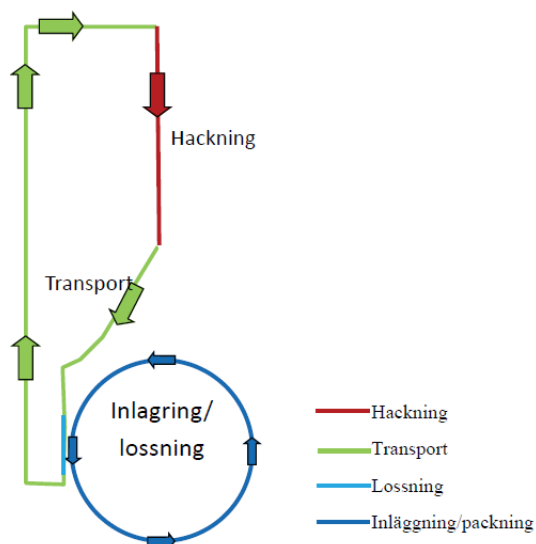
## LITTERATURSTUDIE

### Kapaciteter

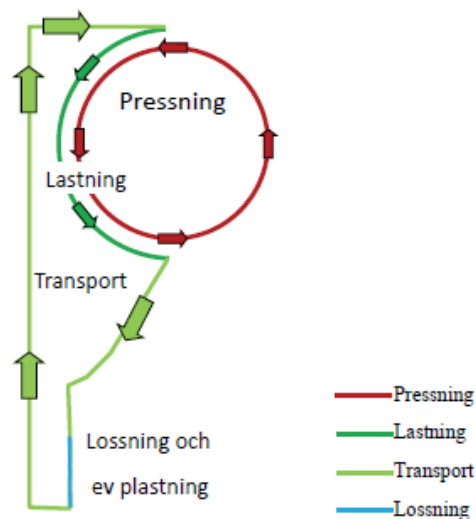
Det är många parametrar som styr kapaciteten vid fältarbete. Bara ett så enkelt arbete som slåtter påverkas av över 25 parametrar. Vid fältarbeten har arbetsbredden och körhastigheten störst betydelse för kapaciteten (Schick & Stark 2002). Också arronderingen spelar en viktig roll då den effektiva tiden i arbete minskar vid sämre omständigheter (Löfgren 2010). För små fält och smala arbetsbredder spelar vändningstid och tid för hörn vid vändtegskörning en betydande roll, likaså isärfällning, hopfällning och tiden för inställningar har större inverkan vid mindre fält (Danmarks JordbrugsForskning 2004).

När kapaciteten för en hel maskinkedja bedöms räcker det inte att de enskilda momenten går så fort som möjligt. De olika maskinerna är beroende av varandra och kapaciteten försämras betydligt när väntetid uppstår. Vid bärgningen är de olika maskinerna beroende av varandra för att utnyttjas maximalt. Man kan välja att se arbetet på fältet och vid lossningsplatsen som olika moment som hålls ihop av transporten (Buckmaster & Hilton 2004)

När bärgningen sker med hack- eller snittvagn utförs fältarbetet och transporten av samma ekipage och samtidigt vilket illustreras av figur 1. Det viktiga är då att mottagningskapaciteten är minst lika stor som hackvagnens kapacitet. Vid rundbalspressning sker lastning, transport och lossning som ett moment och pressningen som ett annat (se figur 2). Pressningen blir då inte lidande av att transporten går långsamt.

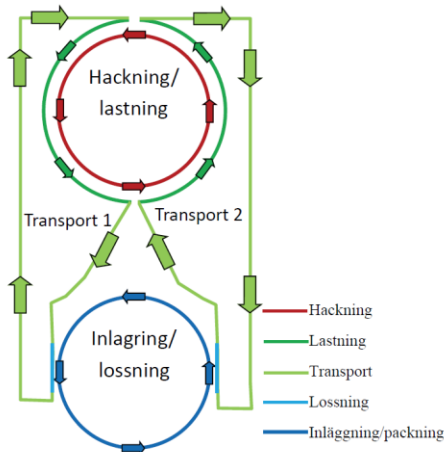


Figur 1. Illustration av hur maskinerna samverkar vid bärgning med hack- eller snittvagn.



Figur 2. Illustration av hur maskinerna samverkar vid bärgning av rundbalar.

När bärgningskedjan består av en hack och separata vagnar finns det två platser där det kan uppstå väntetid på (figur 3). Hacken måste ha vagnar att lasta i, samtidigt som packningsmaskinen i silon eller tornsilofläkten måste få ett lagom stort flöde från fältet för att kunna lagra in på ett bra sätt (Buckmaster 2009).



Figur 3. Illustration av hur maskinerna samverkar vid skörd med hack och transport med separata vagnar.

Eftersom alla moment måste passas ihop har transportavståndet och vägnas beskaffenhet stor betydelse vid dimensioneringen av maskinkedjorna. (Löfgren 2010).

Ett mått på hur mycket tid som åtgår till transport, vändningar, inställningar och andra icke produktiva åtgärder är fälteffektivitet som bestäms vid en viss fältform och fältstorlek. Fälteffektiviteten beräknas genom att dividera den verkliga kapaciteten med den teoretiska ”i drag” (Hanna 2002).

I USA finns det en standard för vanliga kapaciteter vid fältarbeteten (ASABE 2011). Det finns ingen svensk motsvarighet till detta. Det som istället kan användas är ”exempel på kapaciteter” i Maskinkalkylgruppens Maskinkostnader som ges ut årligen, exempel på dessa visas i tabell 1. (Maskinkalkylgruppen & HIR Malmöhus 2012).

Tabell 1. Några vanliga maskiner och deras kapaciteter enligt Maskinkalkylgruppen & HIR Malmöhus (2012).

Maskintyp	ha/h
Slätterkross 3,2 m, bogserad, centrumdrag	2,4
Slätterkross 9 m, tredelad	6,0
Rotorhövändare 8,5 m	4,3
Rotorsträngläggare ca 7 m, mittläggande	4,0
Rotorsträngläggare 12-15 m, mittläggande	8,0
Hackvagn, 40 m <sup>3</sup> , styrboggi	1,0
Fälthack, självgående	5,0
Lastarvagn 50 m <sup>3</sup> , kortsnitt	1,4

## Slätter

Allt vallfoder som skördas på rationellt sätt i Sverige idag slås i ett separat moment och förtorkas mer eller mindre. Undantaget väldigt småskalig produktion sker detta med rotorslättermaskiner. Av dessa finns två typer, de som arbetar med tallriksrotorer och de som arbetar med trumrotorer (Jonsson 1983). Nu för tiden är dock trumslättermaskinerna få och nyförsäljningen nästan obefintlig. Det är alltså tallriksrotorslättermaskinerna som är aktuella i modern vallfoderproduktion. Dessa är uppbyggda av en balk som innehåller själva transmissionen och på balken sitter roterande tallrikar (figur 4). På dessa tallrikar sitter sedan knivarna som slår av vallgrödan. Antalet knivar varierar mellan tillverkarna, men 2-3 är vanligast. Varvtalet är ofta runt 3000 varv per minut och det ger en periferihastighet på 60-80 meter per sekund (Jonsson 1983).



Figur 4. Rotorbalk och tallrik i genomskärning.

För att påskynda förtorkningen av grönmassan kan den krossas, knäckas eller rispas innan den hamnar på marken efter att grödan slagits av (Jonsson 1983). Denna bearbetning kan ske på olika sätt men två vanliga sätt är med valsar eller med slagor och crimperplåt. Valsarna är bra när man vill ha en mildare bearbetning vid till exempel hög baljväxtandel. Valskrossen fungerar så att grödan pressas emellan de två roterande valsarna som är gjorda av nylon eller stål som är gummiklätt (Sörkvist et al. 2000). Krossen med slagor, ofta kallad crimper, bygger på att en rotor med slagor roterar mot färdriktningen och pressar materialet mot en ojämn, ofta justerbar plåt. Slagorna kan vara både rörliga och fasta och av olika material (Jonsson 1983). Stål är vanligast men slagor i plast förekommer hos vissa tillverkare. Fördelar med plast kan vara att det blir en lättare konstruktion samt att slagor som lossnar inte blir lika förödande för efterföljande maskiner i kedjan (Sörkvist et al. 2000). Istället för att gräset skall hamna direkt på marken efter att ha gått genom krossen kan det istället hamna på ett transportband som möjliggör hopläggning till en sträng redan vid slättern. Detta för att öka efterföljande maskiners kapacitet (Sörkvist et al. 2000).

Det finns två sätt att koppla slättermaskinerna till traktorn. De kan vara burna eller bogserade. Det finns burna slätterkrossar som kan monteras i den främre trepunktslyften och andra som monteras i den bakre. De bogserade sitter alltid bakom traktorn. Utöver dessa finns det ett fåtal självgående slätterkrossar i Sverige. De bogserade maskinerna kan ha två olika typer av draganordning, sidomonterat drag eller centrummonterat drag. Det sidomonterade draget innebär att man måste köra runt skiftet eller tegkörning. Ett

centrummonterat drag möjliggör körning ”drag i drag” eftersom krossen kan köras på båda sidor om traktorn (Sörkvist et al. 2000).

I en undersökning som gjordes 2007 kan man konstatera att de bogserade slåtterenheterna var absolut vanligast förekommande i Sverige med nästan tre fjärdedelar av antalet maskiner. Samma undersökning visade att arbetsbredden varierar ganska lite över landet. Besättningar med färre än 50 kor hade en genomsnittlig arbetsbredd på 2,9 m och de med fler än 50 kor 3,5 m i genomsnitt. 95 % av alla slätterekipage bestod av en rotorslåttermaskin och en traktor. Slåttermaskinen är en av de maskiner som de flesta vallodlande lantbrukare äger själva. 2007 lejde endast 9 % av mjölkbönderna för tjänsten (Pettersson, Sundberg & Westlin 2009).

För att öka arbetsbredden och därmed avverkningen börjar det bli vanligare att flera slåttermaskiner kombineras. En frontmonterad slåttermaskin kombineras då med en bogserad eller en bakre burens slåttermaskin. Också en frontmonterad i kombination två bakre burna, en så kallad ”butterfly”, förekommer. År 2006 var användningen av slätterkombinationer 5 % (Pettersson, Sundberg & Westlin 2009).

I takt med att drivmedlen blir dyrare ökar nu försäljningen av bredare slåttermaskiner utan krossfunktion vilka kräver mindre energi. Om ensilaget skall ensileras i torn- eller plansilo blir förtorkningen tillräcklig utan krossning om man bredsprider. Skall man däremot pressa balar av materialet gör krossningen nytta. (Frennemark 2013).

De två faktorer som påverkar mest är den effektiva arbetsbredden och framkörningshastigheten. I en rapport från Schweiz kom man fram till att den effektiva arbetsbredden är 90 % av den totala arbetsbredden och minskar med ökad körhastighet (Schick & Stark 2002). I en svensk arbetsstudie av slättekrossar inom arbetsbredderna 1,65 m – 3,65 m fann man dock inget samband mellan arbetsbredd och överlapp. Istället bör man räkna med ett absolut tal, medeltalet på överlappet var i studien 30 cm. Dock visar det sig även där att ökad framkörningshastighet ger ökad överlappning som alltså sänker förtjänsten av den ökade hastigheten (Jonsson 1983). Med modern GPS-teknik kan överlappningen minimeras och dessutom snäva vändningar göras vidare eftersom man inte behöver köra ”drag i drag” och ändå utnyttja arbetsbredden omaximalt optimalt (Claas 2008).

Framkörningshastigheten varierar mycket vid slätterarbetet (Schick & Stark 2002). Den kan i vissa fall begränsas av motoreffekten men oftast är det andra faktorer, t.ex. markens jämnhet och risken för att köra på dolda hinder som bestämmer farten. Ökad hastighet ökar risken för haverier vid påkörning av fasta hinder. Rörelseenergin som till stor del påverkar eventuella skadors omfattning fyrdubblas vid fördubbling av framkörningshastigheten (Jonsson 1983).

Som tidigare angetts finns det många parametrar som påverkar kapaciteten. I synnerhet vid små skiften har antalet vändningar och vändningstiden stor inverkan. Dessa parametrar styrs i sin tur av fältformen och maskinens arbetsbredd. Riktvärden för vändningstid för en slättekross är ca 12 sekunder och den totala tiden för inställningar och andra stopp är 45 sekunder/ha. Tiden för ihop- och isärfällning är ca 2 min/ha (Danmarks JordbrugsForskning 2004).

För rotorslåtterkrossar ligger fälteffektiviteten i USA mellan 75 % och 90 % med 80 % som vanligt värde och med en hastighetsvariation från 8 till 19 km/h med 11 km/h som vanligt värde (ASABE 2011). Det ger en variation i kapacitet från 0,6 till 1,7 ha/h, meter arbetsbredd. Maskinkalkylgruppens och HIR Malmöhus (2012) motsvarande siffra är i medeltal 0,71ha/h.

## Vändning

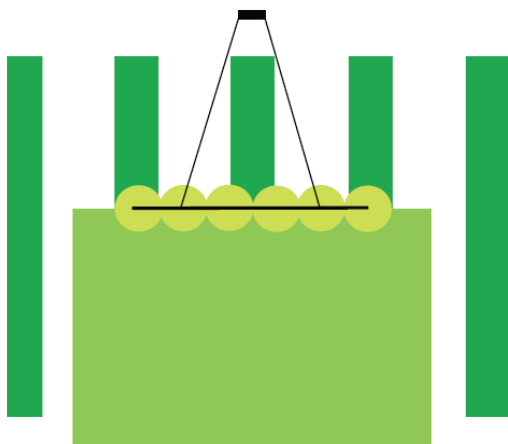
Den typ av vändare som är vanligast är rotorvändare. Den bygger på att de fjädrande pinnarna som sitter på en rotor kastar upp materialet i luften bakom maskinen och därmed vänds. De finns som smala maskiner med fyra rotorerna upp till stora med över 15 meters arbetsbredd. Vid arbete vilar varje rotor på ett pivåhjul (se figur 5) och belastar inte traktorn nämnvärt. Vid transport är de flesta vändarna burna av traktorn. På de allra största vändarna är traktorns bärande funktion ersatt av ett hjulställ på maskinen som då är bogserad snarare än buren (Sörkvist et al. 2000).

Antalet vändningar styrs av önskad ts-halt på det färdiga materialet. Vid ensilageproduktionen kan en eller möjligtvis två körningar förekomma. För torrare ensilage till exempelvis hästar kan 2-3 gånger vara lagom och för riktigt hö 3-4 (Schick & Stark 2002).



Figur 5. 10-rotorig vändare från Claas.

Överlappningen är större vid körning med vändare och det kan bero på att det är svårt att se gränsen till föregående drag. Om det ligger strängar vid första körningen med vändaren kan man få negativ överlappning. Exempelvis kan man sprida isär tre strängar med strängavståndet tre meter med en sju meter bred vändare. Detta är möjligt eftersom slåtterkrossen flyttar in materialet mot mitten vid strängformningen (figur 6). Det totala överlappet är någonstans mellan 5 % (Schick & Stark 2002) och 8 % (Jonsson 1983). Hastigheten varierar stort vid körning med vändare. Hastigheter från 3,5 km/h (Schick & Stark 2002) upp till 13,7 km/h (Jonsson 1983) finns uppmätta. För att skona maskinerna kör man vanligen långsammare (3,5-5 km/h) vid den första körningen då materialet har lägre ts-halt än vad man gör vid senare vändningar (6,5-8 km/h) (Schick & Stark 2002).



Figur 6. Illustration av vändare med negativt överlapp.

Vändningstiden för en vändare som är bredare än 6 meter är ca 11 sekunder och det tar 2 minuter att fälla isär och fälla ihop. Inställningar och övriga stopp beräknas ta 45 sekunder/ha i genomsnitt (Danmarks JordbrugsForskning 2004).

Den stora variationen i körhastighet och en fälteffektivitet runt 80 % (ASABE 2011) ger en variation mellan 0,28 och 1,1 ha/h, meter arbetsbredd. Maskinkalkylgruppen och HIR Malmöhus (2012) menar att kapaciteten är ca 0,5 ha/h, meter arbetsbredd.

## Strängläggning

Strängläggare finns det flera typer av. Den vanligaste typen är rotorsträngläggare. En rotorsträngläggare har en rotor som sedan har ett antal armar som sticker ut. Varje arm har sedan fjädrande pinnar som samlar ihop materialet till en sträng. Den stora skillnaden mellan en vändare och en strängläggare är förutom diametern på rotorerna, att strängläggarens armar styrs i en kurvbana inne i rotorn. Detta vrider armarna och på så vis arbetar pinnarna på rätt ställe i varje varv och formar en välformad sträng (Sörkvist et al. 2000).

Arbetsbredden på en strängläggare begränsas av att rotorerna får sämre markföljsamhet desto större de blir. För att lösa detta är många av dagens rotorsträngläggare uppbyggda av flera rotorerna som arbetar tillsammans. De kan rotera åt samma håll och då hamnar strängen bredvid strängläggaren, den kallas då sidläggande. De kan också rotera mot varandra och då hamnar strängen i mitten. Det brukar kallas mittläggande (Krone 2011). Eftersom det redan ligger material där strängen skall ligga behöver detta inte flyttas. En sidläggande strängläggare kan då ha en praktisk arbetsbredd som är bredare än maskinbredden. Ett sätt att bestämma arbetsbredden för strängläggaren kan då vara att addera en halv strängbredd till maskinens bredd (Roc 2011). Arbetsbredderna varierar från ca två meter till upp emot 20 meter (Krone 2011).

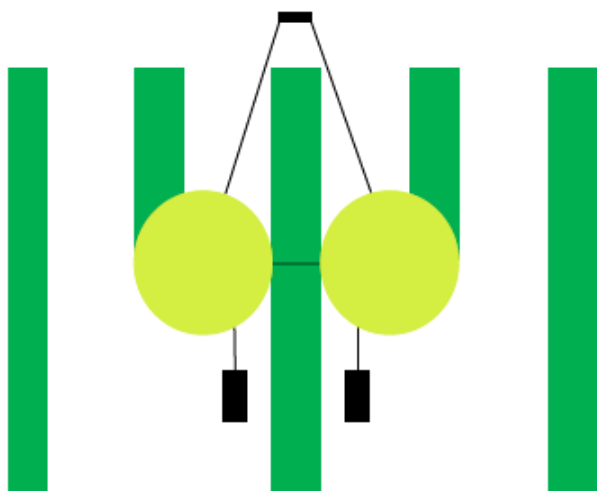
En annan typ av strängläggare är de så kallade cylindersträngläggarna. Istället för att sitta på rotorarmar sitter räfspinnarna på liggande axlar som rör sig uppåt och åt sidan. Eftersom detta är en snabb och återkommande rörelse leder det till att materialet har

minimal markontakt under strängläggningsmomentet. Detta sägs ge ett renare foder med högre kvalitet. Även denna typ av strängläggare finns både sid- och mittläggande (Elho 2012).

Det finns en tredje typ av strängläggare som nu börjat användas i Sverige, pickupsträngläggare. De är uppbyggda som en enda bred pickup som tar upp materialet på ett transportband och flyttar det i sidled. Även denna maskintyp finns som både sid- och mittläggande (Kuhn 2011). Arbetsbredderna varierar mellan 2,5 och 11 meter (Roc 2011). Fördelen med denna typ av strängläggare sägs vara mindre spill och ett foder utan sten och andra föroreningar av ensilaget. En nackdel kan vara att strängarna är svåra att få jämna (Pedersen 2009). Maskinen är också förhållandevis dyr, men passar bra för maskinstationer i steniga områden (Fällman 2010).

En arbetstidstudie av Jonsson (1983) kom fram till att överlappet vid strängläggning av hö i medeltal uppgår till 7 %. Nyare schweiziska studier menar istället att den faktiska arbetsbredden är 85 % av den teoretiska vilket skulle betyda 15 % överlapp (Schick & Stark 2002). Dessutom menar man att överlappet är ännu större vid användning av större två- och fyrrotoriga maskiner.

Vid strängläggning av material som ligger i sträng beror överlappningen mycket på hur maskinernas arbetsbredder passar ihop. Eftersom man vill undvika att köra med traktorn i strängarna väljer man att köra med hjulen mellan strängarna och det kan leda till onödig överlappning. Stämmer arbetsbredderna väl överens kan man istället få negativ överlappning om man undviker att strängläggaren arbetar mellan strängar där det inte ligger något material (se figur 7).



Figur 7. Illustration av strängläggare med negativt överlapp.

Överlappningen i sig är ett litet problem som inte påverkar maskinsystemets totala kapacitet så mycket. Ett smalare avstånd mellan strängarna sänker dock kapaciteten på själva bärgningen (Schick & Stark 2002).

Något som bara påverkar kapaciteten är framkörningshastigheten som oftast ligger mellan 6,5 och 13 km/h med 8 km/h som vanligt värde (ASABE 2011). Pickupsträngläggarna rör sig i den övre delen av detta intervall (Pedersen 2009).

Vändningstiden vid strängläggning är ca 12 sekunder. Förberedelse för arbete och omställning till transport tar 2 minuter. Inställningar och stopp beräknas ta 45 sekunder/ha (Danmarks JordbrugsForskning 2004).

Fälteffektiviteten för en sidläggande rotorsträngläggare är runt 80 % (ASABE 2011) beroende på fältstorlek och fältform. Det ger en kapacitet mellan 0,52 och 1,04 ha/h, meter arbetsbredd. För pickuppsträngaren är kapaciteten mellan 7 och 8 ha/h för en maskin med nio meters arbetsbredd (Pedersen 2009). Det ger en kapacitet på ca 0,8 ha/h, meter arbetsbredd. Motsvarande svenska värde är 0,57 ha/h, meter arbetsbredd i medeltal (Maskinkalkylgruppen & HIR Malmöhus 2012).

## **Bärgning**

Arbetsbehovet vid skörd varierar mycket mellan de olika bärgningsmetoderna och maskinsystemen. Detta beror på hur många personer som behövs samtidigt för att skördearbetet skall kunna utföras effektivt. Däremot är skillnaden i antalet mantimmar per ton ts mellan de olika skördesystemen relativt liten. Vissa maskinsystem har en hög arbetsintensitet och även ett högt behov av maskiner så som t.ex. skörd med självgående hack, vilket också brukar resultera i en hög kapacitet i ton ts/timme. Samtidigt har andra system en låg arbetsintensitet och kräver få personer och maskiner under skördearbetet men med en lägre kapacitet i ton ts/h. Detta gör att skördearbetet måste ske under en längre period för att skörda samma mängd (Gunnarsson et al. 2007).

Kapaciteten på bärgningskedjan bestäms framförallt av skördemaskinens maximala kapacitet i ton/timme. Denna begränsas av motoreffekten om det är tillräckligt mycket material i strängarna. Vid stora motoreffekter är det fördelaktigt om strängarna innehåller 15-20 kg grönmassa per meter. Vid körning i tunnare strängar kan man för bibehållen kapacitet kompensera med högre körhastighet. Vid hastigheter över 10 km/h blir samspelet mellan hackföraren och transportföraren dock svårare vilket kan leda till sämre precision och mera spill. Ojämnt underlag ökar också slitaget på maskinerna och försämrar arbetsmiljön. Samarbete med andra förare försvåras också (Schick & Stark 2002).

Den tid som maskinen är effektiv påverkas av fältstorlek, fältform och strängavstånd. Även transportavstånd påverkar, särskilt när samma maskin används vid skörd och transport. Vid användning av fälthackar är det framför allt tillgången på transportvagnar som har betydelse för att hålla uppe kapaciteten vid långa transportavstånd (Gunnarsson et al. 2007).

## ***Exakthack***

Exakthacken har en roterande knivtrumma som ger en bestämd snittlängd på hela materialet, där hackselängden bestäms av inmatningshastigheten av materialet. Snittlängden kan justeras från 1 mm och uppåt. Den används i huvudsak till förtorkat material och är då utrustad med pickupp. Det finns även möjlighet att utrusta vissa hackar med skärbord för direktskörd av helsäd och majs (Sörkvist et al. 2000).



Exakthackens kapacitet avgörs framförallt av den tillgängliga motoreffekten och strängtjockleken (Schick & Stark 2002). I Sverige finns det idag tre vanliga skördesystem där exakthack används; traktordriven fälthack, självgående fälthack och hackvagn. Enligt Pettersson m.fl. (2009) använde 22 % traktordriven fälthack, 4 % självgående fälthack och 25 % hackvagn. De två inlagringssystem som framförallt används vid ensilering av exakthackad grönmassa är plansilo och torsilo. Enligt Pettersson m.fl. (2009) använder 34,8 % respektive 14,5 % av de tillfrågade metoderna för ensilering av gräsensilage. Även inlagring i slang (1,9 %) eller markstack (2,2 %) kan tillämpas för en exakthackad grönmassa.

### **Fälthackar**

Fälthackar kan vara traktordrivna eller självgående maskiner. Transporten av grönmassan sköts av separata transportvagnar som illustreras i figur 3 på sida 8. Dessa bogseras bakom hacken eller körs parallellt med densamma vid lastningen. Eftersom skördearbetet och hemtransporten sker med olika maskiner kan man ha en hög kapacitet på skördearbetet då hacken inte behöver lämna fältet. Dock kan inte skördearbetet och transportarbetet skilja sig åt tidsmässigt utan transporten måste sammanfalla med skördearbetet. Detta betyder att transportkapaciteten måste vara lika hög som kapaciteten i fält för att kapaciteten skall kunna bibehållas vid längre transportavstånd. Därför har antal transportvagnar stor inverkan på kapaciteten, framförallt vid längre transportavstånd (Gunnarsson et al. 2007).

Arbetsbehovet och behovet av maskiner är högt vid ett skördesystem med fälthack. Det betyder att det behövs mycket arbetskraft och maskiner under en viss tid. Skörd med fälthack kräver 3-5 personer och lika många maskiner. Ytterligare transporekipage och personer kan vara motiverat vid längre transportavstånd (Gunnarsson et al. 2007).

En traktordriven fälthack är en exakthack monterad på en traktor och kan vara bogserad bakom traktorn eller burens. De burna monteras i traktorns frontlyft eller i trepunktyften bak. Vid bakmontering körs ekipaget bakåt vid hackning. Traktorn behöver då vara utrustad med vändbar förarplats (Sörkvist et al. 2000). Med en traktordriven hack förekommer det att samma ekipage både transporterar och skördar, då oftast med hacken monterad i frontlyften på traktorn och en transportvagn bakom (Fällman 2013).

Vändningstiden för en bogserad fälthack är 17 sekunder. Inställningarna tar ca en minut per hektar samt start- och avslutsprocessen mindre än en minut för varje fält (Danmarks JordbrugsForskning 2004). Arbets hastigheten varierar mellan 2,5 och 8 km/h och den totala fälteffektiviteten varierar normalt inom spannet 60-85 %, med en normal fälteffektivitet på 70 % (ASABE 2011).

En självgående fälthack är en självgående exakthack med egen motor och drivlina enbart avsedd för exakthackning. Vanligast utrustad med pickupp för skörd av förtorkad vall men går även lätt att utrusta med olika skärbord för direktskörd och kärnprocessor för skörd av bland annat majs och helsäd. I modifierat utförande kan den även användas för skörd av salix (Sörkvist et al. 2000). En självgående exakthack är en relativt stor investering, vilket gör att den kräver stora arealer och många körtimmar per år för att bli en ekonomisk försvarbar investering. Därför ägs ofta de självgående hackarna av maskinstationer som utför hackning åt flera kunder för att på så vis få många

driftstimmar på dem. Enligt Pettersson Sundberg & Westlin (2009) använde sig 3,5 % av självgående hack vid vallskörden och 70 % av dessa lejde in tjänsten.

Vändningstiden för en självgående hack är ca 16 sekunder. Inställningarna och övriga stopp tar ca 11 sekunder/ha och omställning till arbetsläge samt tillbaka till transportläge tar 47 sekunder per fält (Danmarks JordbrugsForskning 2004). Framkörningshastigheten vid hackning finns oftast i intervallet 2,5 till 10 km/h. Även vid skörd med självgående hack ligger fälteffektiviteten inom spannet 60-85 %, med en normal fälteffektivitet på 70 % (ASABE 2011).

### *Hackvagn*

En hackvagn består av en exakthack hopbyggd med en grönfodervagn. Hackvagnen används då både till att skörda gräset och att transportera grönmassan till silon. Pickuppen är placerad bakom traktorn och den får då gränsla strängen som skall hackas. En hackvagn kan användas i ett enmanssystem där en person med traktor och hackvagn sköter skörd och transport från stränglagd vall till avlastarbord eller plansilo. (Sörkvist et al. 2000). Eftersom skördearbetet och transportarbetet sker med samma maskin sänks kapaciteten avsevärt vid längre transportavstånd då hackvagnen får lägga mycket tid på vägen. Detta gör att kostnaden per kg ts ökar kraftigt vid längre transportavstånd då den huvudsakliga tiden går åt till transport och inte hackning. Den kräver mindre behov av arbetskraft jämfört med fälthackar. Hackvagnen kräver 2-3 man beroende på om slätterarbetet behöver ske samtidigt som bärgningen eller inte. (Gunnarsson et al. 2007). Hackvagnarna har på senare tid minskat till förmån för snittvagnarna (Frennemark 2013).

Framkörningshastigheten för en hackvagn varierar mellan 2,5-8 km/h (ASABE 2011) då det ofta är samma hack monterad på hackvagnen som också finns bogserad (Gunnarsson et al. 2007). Hackvagnsekipaget är lite nättare än hackar i kombination med kärror och vändningarna går lite fortare. Vändningen tar ca 15 sekunder. Eftersom hackvagnen också används till transporten tillkommer flera viktiga parametrar jämfört med de separata fälthackarna. Transportavståndet från där lasset blir fullt på fältet till silon och medelhastigheten för denna sträcka samt tiden för avlastning styr tiden för varje lass. Lassvikten och skördens storlek (ton ts/ha) påverkar antalet lass (Danmarks JordbrugsForskning 2004). En vanlig densitet för grönmassa i en transportvagn är 85 kg ts/m<sup>3</sup> DIN (Pettersson, Sundberg & Westlin 2009). Detta mått avser uppmätt geometrisk volym.

### *Snittvagn*

Snittvagnen består av en vagn hopbyggd med ett kortsnittsaggregat där materialet kortsnittas i en spiralformad tandad rotor som är en del av intagningssystemet. Gräset trycks in med rotorn och pressas genom fjäderbelastade knivar som sitter med ett avstånd på 20-40 mm sinsemellan. Den teoretiska snittlängden blir det avstånd man har mellan knivarna, men i verkligheten blir den något längre då inte allt material går in vinkelrätt mot knivarna. Snittvagnen liksom hackvagnen kan användas i ett enmanssystem där skörd från sträng till silo kan skötas av en person med traktor och snittvagn. (Sörkvist et al. 2000). Materialet komprimeras när det matas in i vagnen genom att rotorn trycker in materialet samtidigt som bottenmattan inte rör sig bakåt

förrän en viss komprimering uppnåtts. Detta gör att en snittvagn rymmer fler kilo grönmassa än en lika stor vagn med exakthackat material (Høy, Thøgersen & Højholdt 2010). Enligt Pettersson Sundberg & Westlin (2009) uppgav 7 % av de tillfrågade att de använde sig av snittvagn. En siffra som troligen har ökat på senare tid då framför allt de som tidigare kört hackvagn har gått över till snittvagn (Frennemark 2013).

Enligt en undersökning kan en snittvagn vara ett bra alternativ till fälthack vid kortare transportavstånd. Snittvagnen har en relativt hög kapacitet vid korta transportavstånd då man har en hög kapacitet vid fyllningen av vagnen. Man har enligt undersökningen uppmätt kapaciteter i strängen på uppemot 80 ton ts/timme (Høy, Thøgersen & Højholdt 2010). Med en snittvagn kan hastigheten kompensera för en låg strängtjocklek förhållandevis bra och når maximal kapacitet redan vid låg strängtjocklek, ca 15 kg ts/m (Lattsch, Prochnow & Werner 2003).

Då gräset inte snittas lika kort har snittvagnen ett lägre effektbehov än exakthackarna. Analyser av ensilage som är finsnittat av en snittvagn tyder på att materialet har högre pH-värde och lägre innehåll av mjölksyra jämfört med exakthackat. Det betyder att det blir ett något mer svårensilerat material efter snittvagnen jämfört med efter exakthacken. (Høy, Thøgersen & Højholdt 2010). Att vända med en snittvagn tar 15 sekunder precis som för en hackvagn. Inställningar och eventuella stopp beräknas ta 1 min 40 sekunder/ha. I övrigt påverkar samma faktorer gällande transporten som för hackvagnen. Det vill säga avstånd, medelhastighet, lassvikt och tid för tömning (Danmarks JordbrugsForskning 2004). Tömningen sker ofta med bottenmatta och det tar därför längre tid jämfört med att tippa av motsvarande mängd. Fördelen är att materialet kan spridas ut bättre (Lattsch, Prochnow & Werner 2003).

### ***Rundbalspress***

Det absolut vanligaste sättet att bärga och lagra ensilage är i rundbalar. 83 % av mjölkgårdarna använde rundbalar i någon utsträckning 2007 (Pettersson, Sundberg & Westlin 2009). Med rundbalspressen pressas förtorkad grönmassa till en bal och kan med fördel användas till ensilage om balen plastas in med plastfilm. Med ett kortsnittsaggregat som består av en tandad vals som arbetar mot fjäderbelastade knivar kan materialet kortsnittas till en teoretisk snittlängd på ner till ca 40 mm. Dock blir den faktiska snittlängden något längre då inte allt material går in vinkelrätt mot knivarna. Med detta kan arbetsinsatsen vid utfodring minskas och balvikten kan ökas upp till 10 % (Sörkvist et al. 2000). Balarna plastas sedan in med sträckfilm i ett separat moment med en inplastare eller i samband med pressning med en integrerad plastare som är hopbyggd med pressen eller en bogserad plastare bakom pressen. Då sköts både plastning och pressning samtidigt med endast en traktor och förare. Enligt Pettersson Sundberg & Westlin (2009) använde sig 46 % av de som hade rundbalsystem av integrerad plastning. Rundbalsystemet har den fördelen att skördearbetet och transportarbetet kan ske oberoende av varandra. Detta betyder att skörd och transport kan utföras vid helt olika tillfällen och kan även skötas av en och samma person. Med integrerad plastning av balarna i samband med pressning kan rundbalsskördesystemet klara sig med 1-2 personer för att sköta hela skörden från fält till lager (Gunnarsson et al. 2007).

Att vända med en rundbalspress tar runt 11 sekunder. Att göra den färdig för arbete och sedan transport tar ca 1,5 minuter. Inställningar och stopp för t.ex. nätbyte tar drygt 2

minuter/ha. En rundbalspress har en fälteffektivitet inom spannet 55-75% med en normal effektivitet på 65 % och arbetar i hastighetsintervallet 5-13 km/h (ASABE 2011). I medeltal innehöll varje rundbal 328 kg ts vid en undersökning på två gårdar och varje m<sup>3</sup> innehöll 176 kg ts (Löfgren 2010). Man pressade vid samma tillfälle i medeltal 28 balar eller 9300 kg ts på en timme och när man transporterade hem balarna tog man i genomsnitt 17,5 balar på vagnen. Att lasta vagnen och vara tillbaka upp på vägen tog i genomsnitt 1,2 minuter för varje lastad bal (Löfgren 2010).

## **MATERIAL OCH METOD**

### **Litteraturstudie**

Vi har genomfört en litteraturstudie för att samla den information vi behövt för att kunna göra och sammanställa en enkät inom ämnet, men även för att inhämta fakta för att sedan själva kunna räkna på olika maskiner och maskinsystems kapaciteter. Vi har letat efter vetenskapliga skrifter inom ämnet, främst genom Google Scholar och SLU bibliotekets söktjänst Primo. Den information vi använt oss av har kommit från olika institut, doktorsavhandlingar, examensarbeten, etc. Vi har också läst artiklar i facktidskrifter för att få en inblick i vad som händer just nu gällande vallskördemaskiner. När vi behövt data från specifika maskiner har vi hämtat detta i tillverkarnas broschyrer.

### **Enkätundersökning**

Vi har gjort en enkätundersökning för att undersöka vilka maskinkedjor som används inom landet och dess kapaciteter. Enkäten gjordes i ett internetbaserat enkätprogram och distribuerades sedan genom fyra olika kanaler. Först som epost till nuvarande och tidigare lantmästarstudenter. Enkäten gick ut till de sex senaste lantmästarklasserna. Efter detta redigerades enkäten då vi förstod att vissa frågor var ställda så att de gick att missförstå. Den justerade enkäten (Bilaga 1) spreds sedan vidare som en länk i gruppen "vi med robot" på facebook och som en länk i redaktionsbloggen på ATLs webbsida (atl.nu). Enkäten spreds även tillsammans med en kort artikel på Nilehntekniks webbsida (nilehnteknik.se).

### **Beräkning av maskinkapaciteter**

Efter genomförandet av litteraturstudierna och enkätundersökningen har vi med hjälp av det danska beräkningsverktyget Drift2004 (Danmarks JordbrugsForskning 2004) räknat fram maskinkapaciteter för olika maskiner inom vallodlingen. Drift2004 är ett excelbaserat beräkningsverktyg för många typer av fältarbeten. För att kunna göra beräkningarna väljer man en fältform och en fältstorlek samt ett transportavstånd till det tänkta fältet. Vid beräkningarna av slätter, vändning och strängläggning är det sedan framkörningshastigheten och arbetsbredden som styr kapaciteten. Programmet räknar ut hur många drag man behöver köra och hur lång tid då det skall ta att köra hela fältet. Det görs också tillägg för vändningar, hörn vid vändtegskörning, inställningar mm. När man beräknar bärgningsmomenten är arbetsbredd och framkörningsparametrarna utbytta mot strängavstånd och nettokapacitet (ton, ts/h). Parametrarna skördenivå och ts-halt tillkommer också. På hackarna kan man dessutom välja om transportvagnen bogseras av hacken eller körs parallellt. Eftersom Drift2004 inte tar tillräcklig hänsyn till skillnader i lassens densitet användes fasta lassvikter baserade på vanliga densiteter (Pettersson

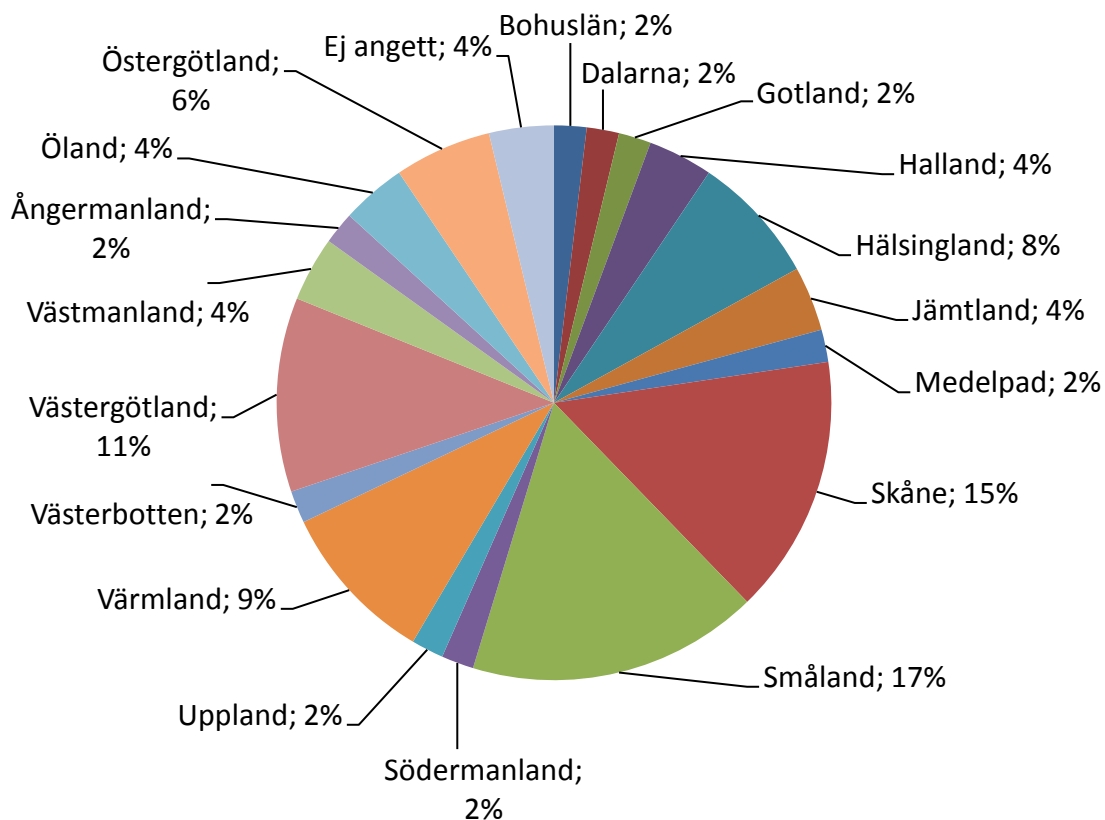
Sundberg & Westlin 2009), (Høy, Thøgersen & Højholdt 2010) istället för verktygets beräkningsformler.

Efter att vi jämfört de olika maskinsystemen gjorde vi också känslighetsanalyser där två parametrar ändrades, transportavstånd och avsaknad av strängläggning, för att se hur stora skillnaderna blev i kapacitet och effektivitet.

## RESULTAT

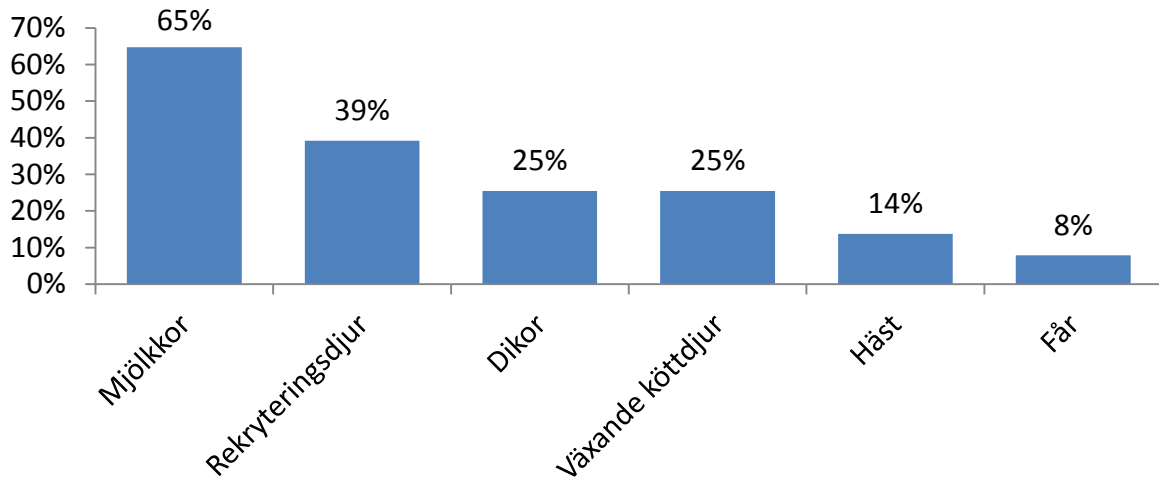
### Enkät svar

Enkäten gav totalt 53 svar. 36 % av svaren kom från nuvarande och tidigare lantmästarstudenter, 30 % från ATLs webb, 21 % från Nihlenteknik.se och 13 % från Facebook-gruppen ”Vi med robot”. Fördelningen mellan landskapen var ojämn och de fem landskap med flest svar stod för 60 % av svaren (figur 8).



Figur 8. Svarens fördelning mellan landskapen.

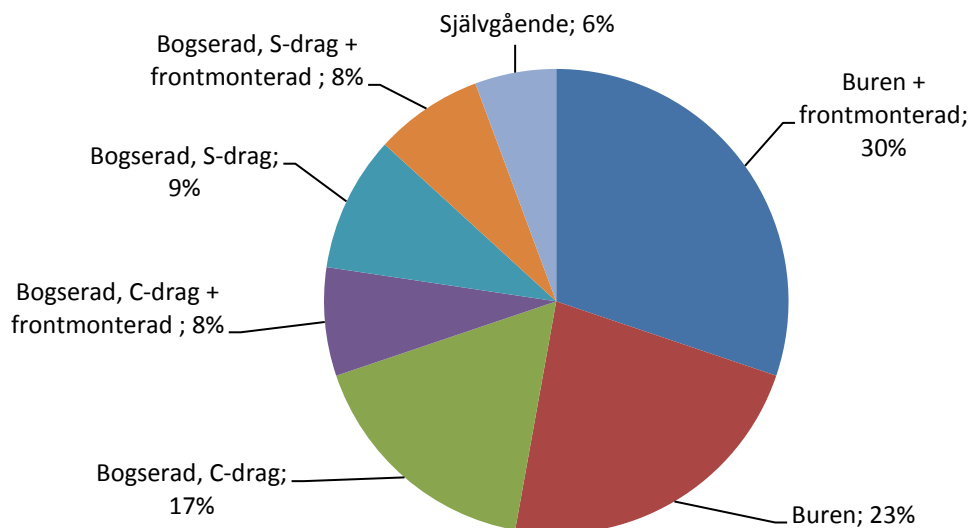
Av de som svarat på enkäten är fyra entreprenörer och de övriga odlar vallfoder. Av svaren som vi tagit emot så går fodret i 65 % av fallen till mjölkkor och 39 % till rekryteringsdjur. Eftersom de allra flesta har mer än ett djurslag på gården så blir summan av de olika djurkategorierna långt över 100 % (figur 9). Diagrammet visar inte mängden foder eller areal, bara antalet vallodlare som producerar foder till de olika djurkategorierna. I genomsnitt odlas 113 ha vall men variationerna är stora. De fyra entreprenörerna skördar vall på i genomsnitt 1388 ha. Medelskörden hos de som fyllt i enkäten är 7885 kg ts/ha, år och varierar mellan 4500 och 10 000 kg ts/ha, år.



Figur 9. Fördelningen över vilka djurkategorier vallfodret produceras till.

### Slätter

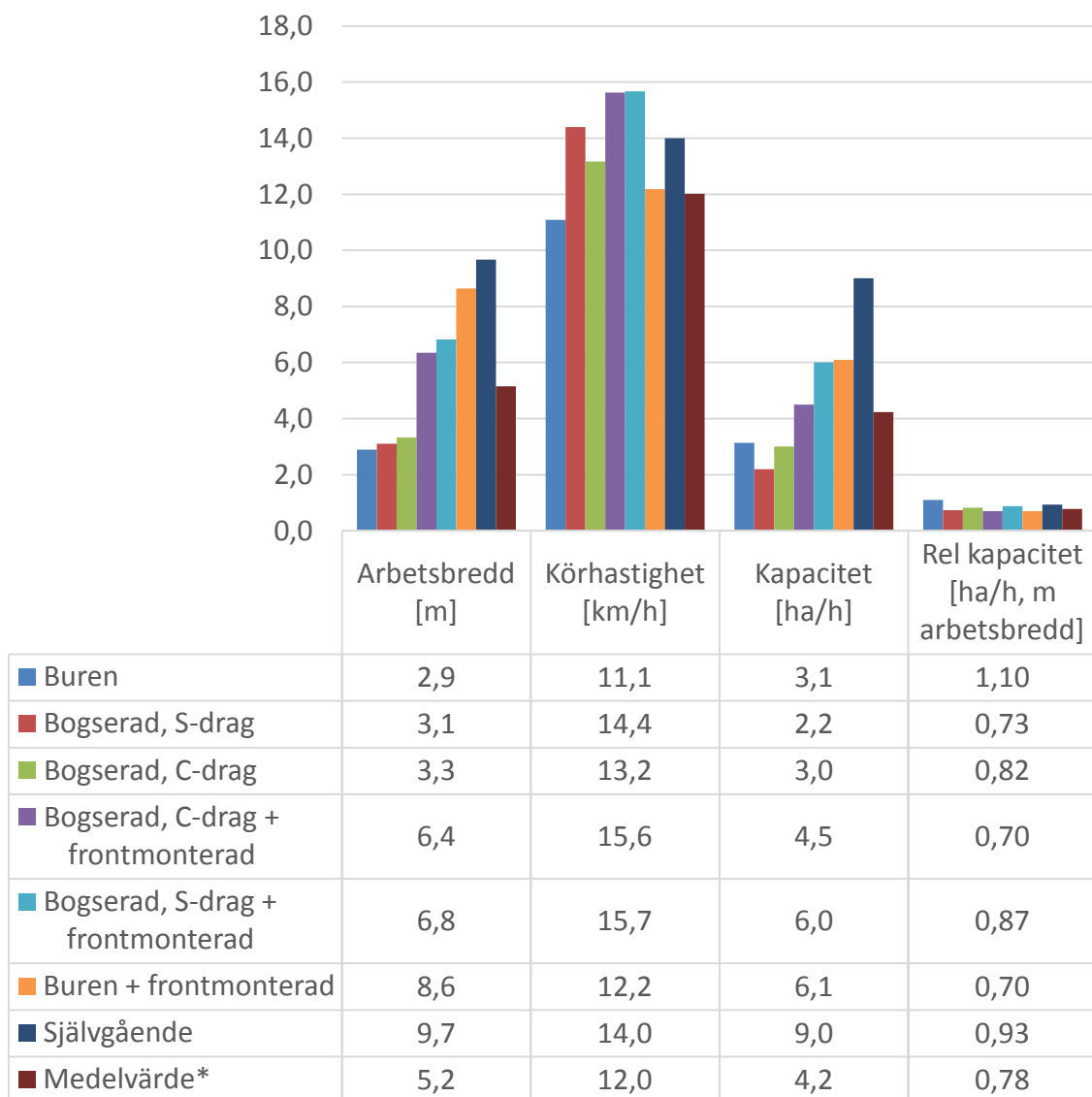
Av de tillfrågade i enkäten använde alla utom tre slätterkrossar för att slå gräset. Dessa använder istället rotorslättermaskin. Det vanligast förekommande slätterequipaget består av en frontmonterad slätterkross i kombination med en buren bakmonterad. Totalt är det 52 % av de använda slätterequipagen en kombination av två maskiner. Bland de bogserade maskinerna så är det de med centrum-monterat drag som är vanligast. När en bogserad maskin skall kombineras med en frontmonterad är istället de med sidodrag vanligare (figur 10).



Figur 10. Fördelningen av maskinkombinationer vid slätter. Bogserade maskiner kan endera ha Sidomonterade (S-drag) eller centrummonterade (C-drag). Diagrammet visar inte arealen som bearbetas, bara antal användare.



Körhastigheten varierar beroende på maskintyp. De burna maskinerna körs långsammare än de bogserade. Kapaciteten varierar enligt enkäten mellan 0,7 och 1,1 ha/h, meter arbetsbredd (figur 11). De smalare, burna maskinerna är effektivare än de bredare, mätt i ha/h, m arbetsbredd.



Figur 11. Arbetsbredd, körhastighet, kapacitet och relativ kapacitet hos de som svarat i enkäten. Bogserade maskiner kan endera ha Sidomonterade (S-drag) eller centrummonterade (C-drag). \* Medelvärdet gäller för hela undersökningen.

Av de tillfrågade svarade 15 % att de använder sig av autostyrning med GPS i samband med slätter.

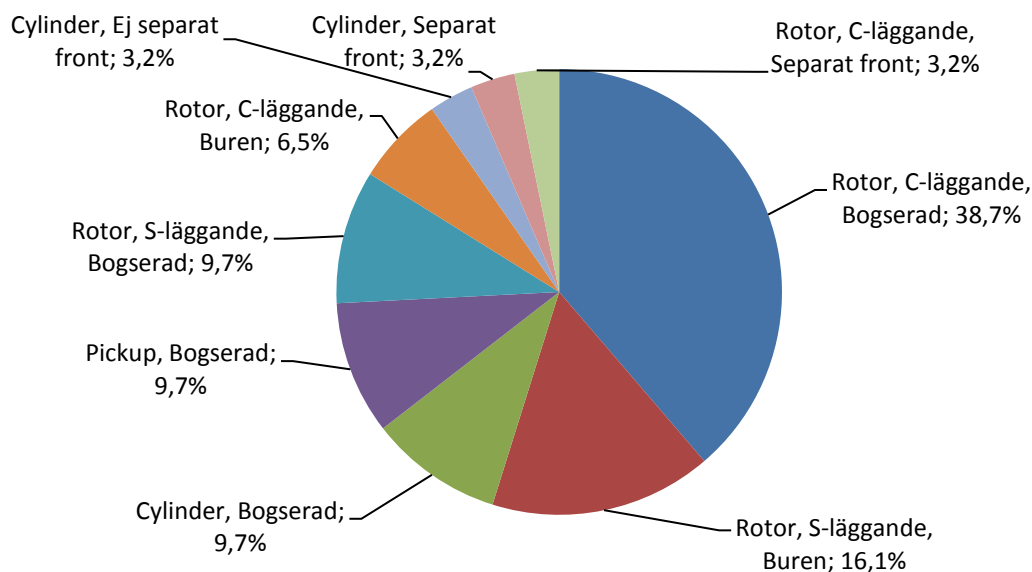
### Vändning

Det är bara en av de som producerar foder till mjölkkor som har angett att materialet vänds med en vändare. Till köttdjur och hästar är det däremot vanligare. Totalt svarade

sju personer (13 %) att de använder sig av vändare vid vallskörden. Dessa är i medeltal 6,4 meter breda och körs i 10,3 km/h i genomsnitt. Medelkapaciteten är 5,9 ha/h och det ger en genomsnittlig kapacitet på 0,77 ha/h, meter arbetsbredd.

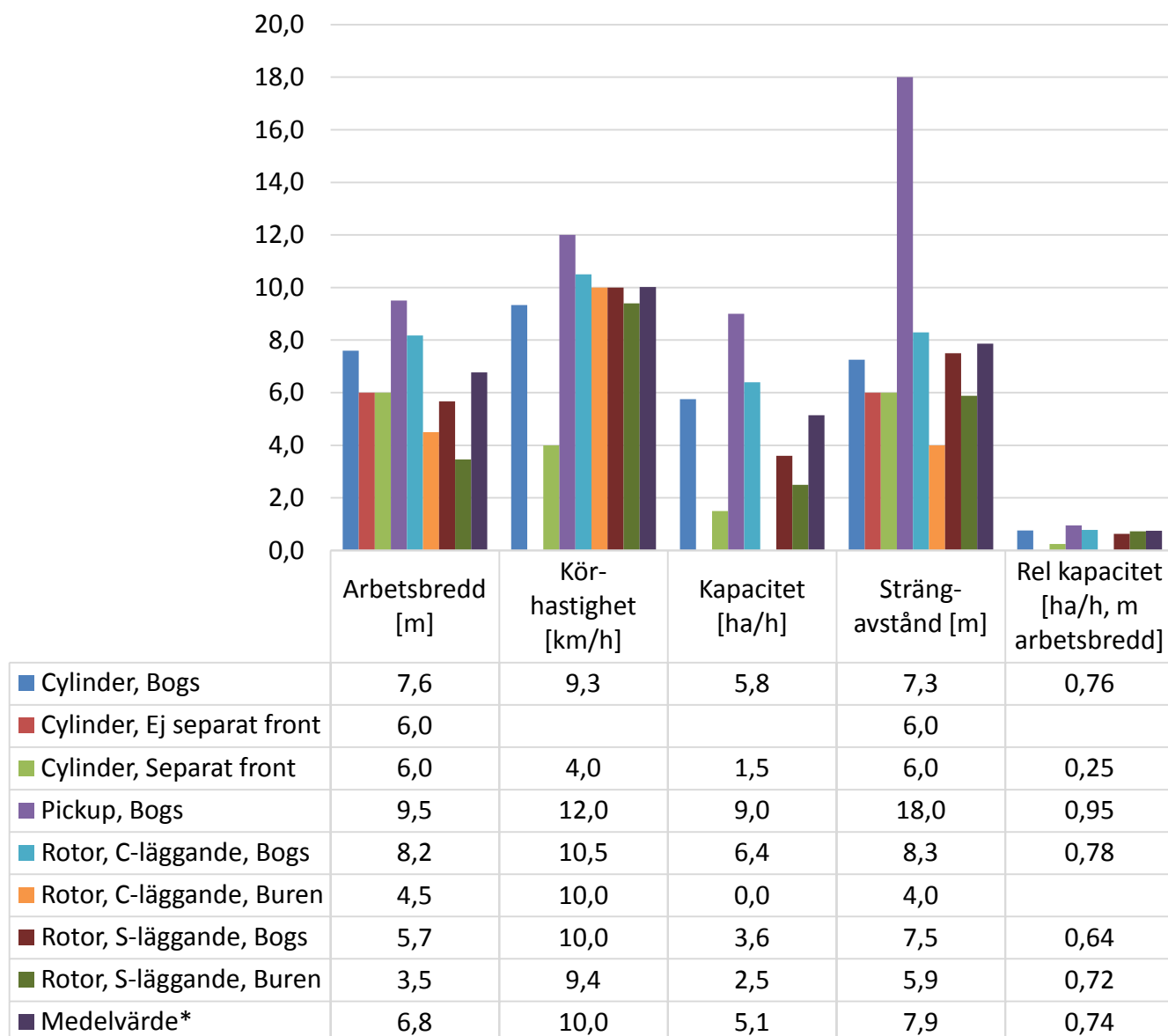
### Strängläggning

32 av 53 (60 %) av de som svarat på enkäten anger att de använder sig av strängläggare vid vallskörden. De centrumläggande, bogserade rotorsträngläggarna är absolut vanligast, följda av burna sidläggande (se figur 12). De förstnämnda är bredare maskiner (medeltal 8,2 m) som används av de som kör mer än 50 ha varje säsong och producerar foder till mjölkkor till stor del. De sistnämnda används av nötköttsproducenter som kör mindre än 50 ha per säsong och är därmed smalare maskiner (medeltal 3,5 m).



Figur 12. Fördelningen av de olika typerna av strängläggare. Rotorsträngläggare kan vara endera sidläggande (s-läggande) eller centrumläggande (c-läggande). Diagrammet visar inte arealen som bearbetas, bara antal användare.

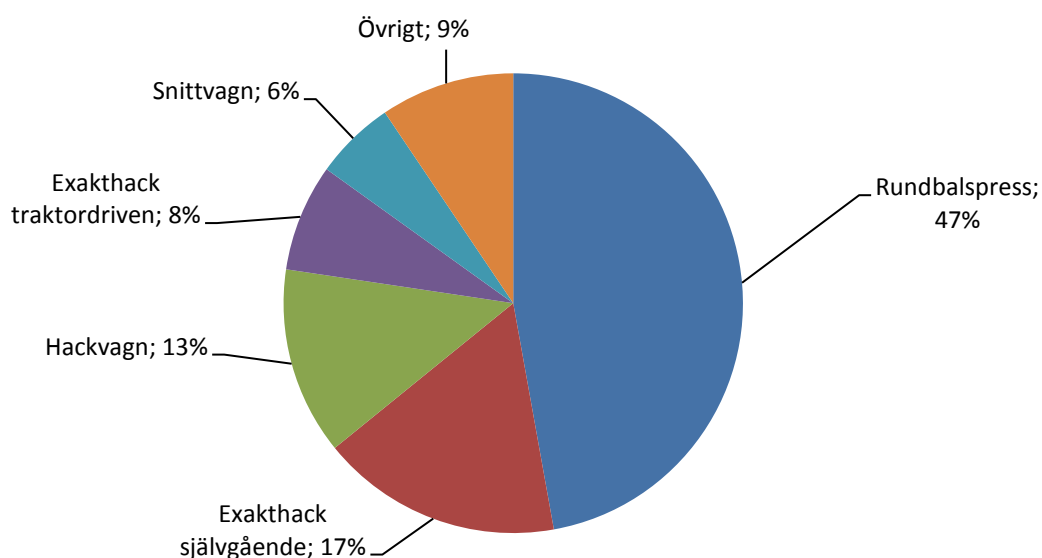
Genomsnittlig körhastighet för samtliga som svarade i enkäten var 10 km/h (se figur 13). Undantaget är en frontmonterad cylindersträngläggare. Denna får då absolut lägst specifika kapacitet på 0,25 ha/h, meter arbetsbredd. För de övriga varierar värdet mellan 0,64 och 0,95 ha/h, meter arbetsbredd med pickupsträngläggarna som de effektivaste (figur 13). Eftersom de centrumläggande strängläggarna är bredare än de sidläggande i medeltal så är strängavståndet större efter de centrumläggande (7,9 m kontra 6,5 m). Pickupsträngläggarna utmärker sig genom att ha högst kapacitet och framkörningshastighet men också störst strängavstånd.



Figur 13. Arbetsbredd, körhastighet, kapacitet, strängavstånd och relativ kapacitet hos de som svarat på enkäten. Rotorsträngläggare kan vara endera sidläggande (s-läggande) eller centralläggande (c-läggande). \* Medelvärdet gäller för hela undersökningen. Tomma rutor saknar tillförlitliga data.

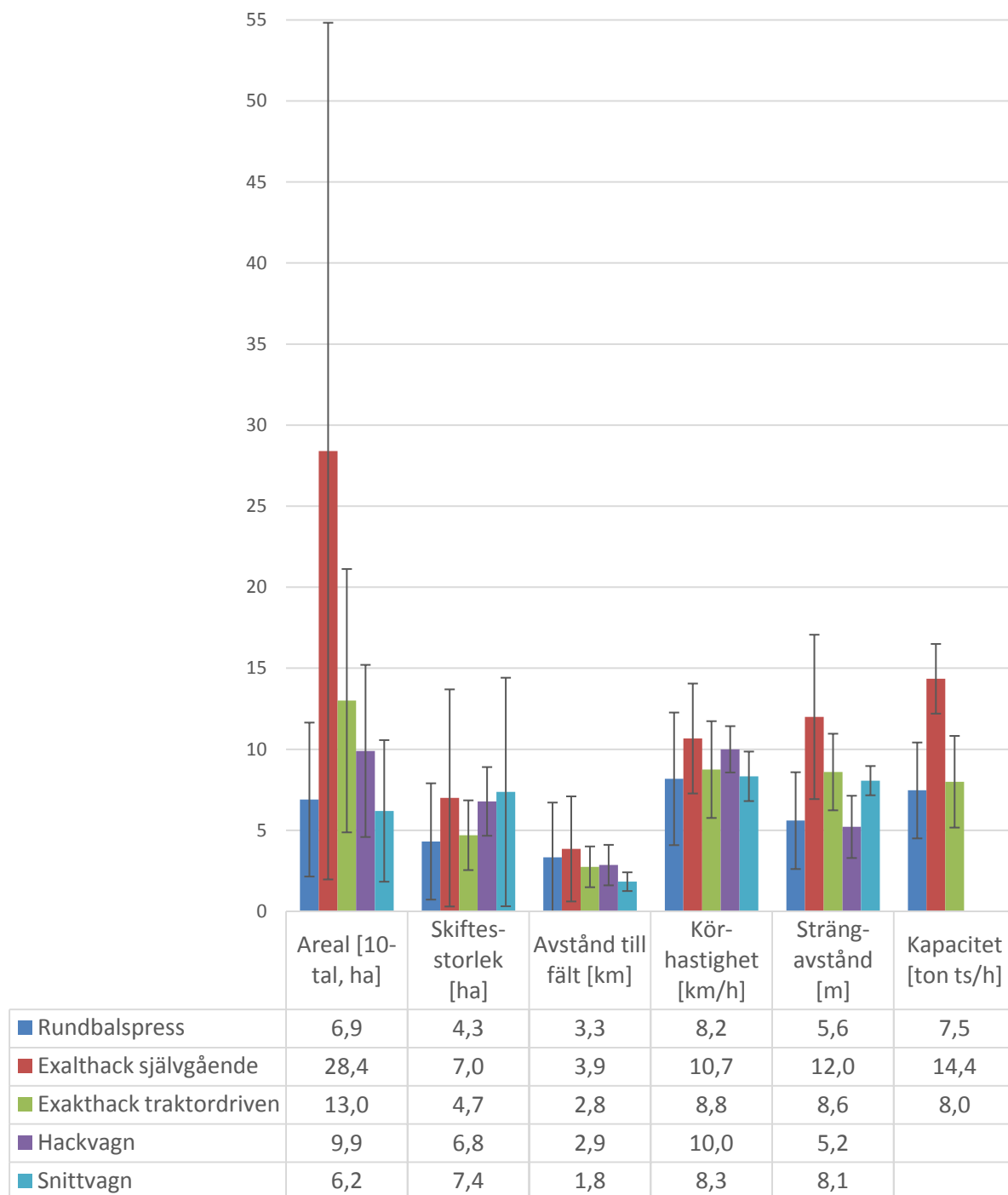
### **Bärgning**

Rundbalspress är den maskinen som flest vallproducenter använder vid bärgning av ensilage (se figur 14). Bland de som hanterar lös grönmassa används självgående hack av flest. Av de som svarat på enkäten är det minst vanligt att bärga ensilaget med snittvagn.



Figur 14. Fördelning av de olika bärgningskedjorna. Diagrammet visar inte arealen som bearbetas, bara antal användare.

Det är få av de som svarat på enkäten som har långa transportavstånd. Endast 7 % hade transportavstånd längre än 5 kilometer. Rundbalarna transporteras längst och snittvagnarna kör kortast sträckor (figur 15). Omvända förhållanden gäller för fältstorleken där snittvagnarna kör på störst fält och rundbalspressarna på de minsta. Den självgående hacken har högst kapacitet både när det gäller ton ts/h och ha/h. Framkörningshastigheten är en del i detta, men den största skillnaden är strängavståndet som är hela 12 meter.

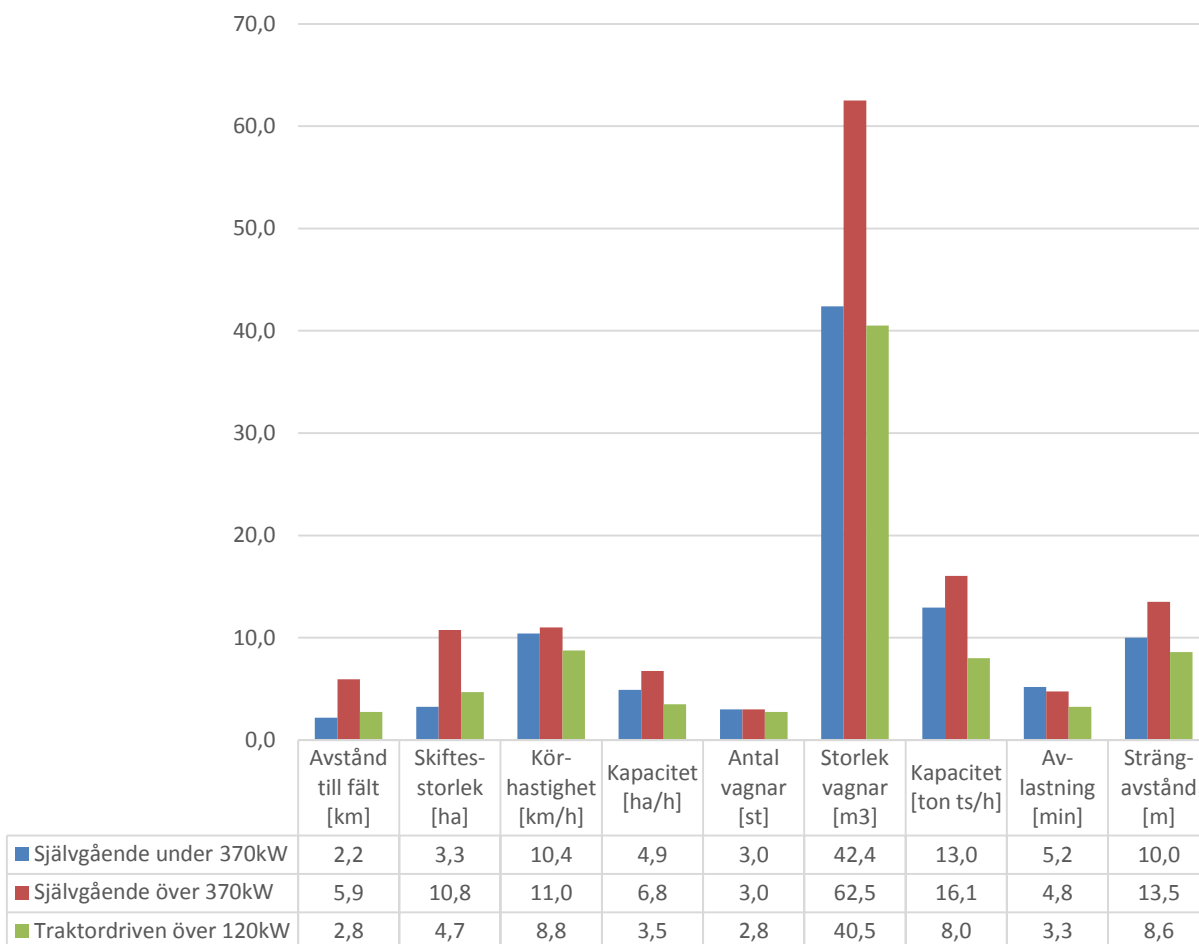


Figur 15. Medelvärden och standardavvikelse för bärgad areal, skiftesstorlek, fältavstånd, körhastighet, strängavstånd och kapacitet hos de som svarat i enkäten. Tomma rutor saknar tillförlitliga data.

### ***Självgående fälthack***

Alla som skördar ensilage med självgående exakthack använder fodret till mjölkkor och i 88 % av fallen är det treskördesystem. Skillnaden mellan de mer motorstarka och lite mindre motorstarka hackarna är kapaciteten. Hastigheten är ungefär samma oavsett

vilket, men med en större motoreffekt kan man köra i strängar med mera material i, med samma hastighet. Alla som angett att de kör med en 9,5 m bred pickupsträngläggare skördar med självgående hack. De som använder de starkare hackarna har i regel ett längre transportavstånd och använder därför större vagnar (figur 16). Vid själva lastningsmomentet förekommer det både att hacken själv drar vagnen och att man kör parallellt med en traktor och vagn. Det senare alternativet är dock vanligast (63 %).



Figur 16. Jämförelse av exakthackar av olika typ och motoreffekt.

### ***Traktordriven fälthack***

Alla som skördar ensilage med traktordriven exakthack använder fodret till mjölkkor och har tre- eller fyrskördesystem. Tre av fyra stränglägger innan skörd och låter traktorn med hack bogsera transportvagnarna vid hackningen. Endast en av fyra kör således parallellt med en separat traktor istället för att låta hacken bogsera vagnen.

### ***Hackvagn***

I 71 % av fallen går det hackvagnsskördade fodret till mjölkproduktion. Övriga använder det till kött djur. I genomsnitt har de som använder hackvagn 99 hektar vall. Mer än hälften av hackvagnarna har en storlek mellan 40 och 45 m<sup>3</sup>. Medelavståndet till fält är ca 3 km och majoriteten angav att det var bra väg. Det är vanligt med

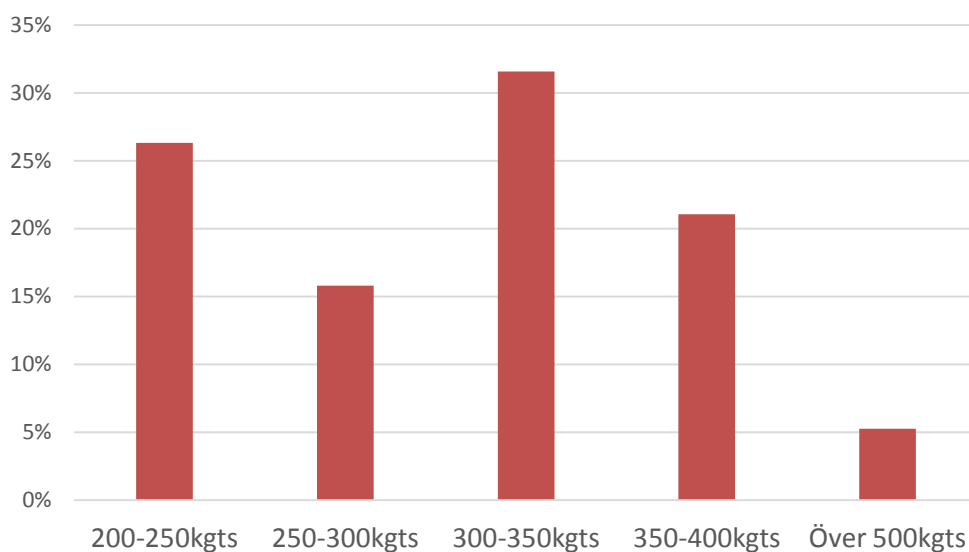
oregelbundna fält vid skörd med hackvagn. Mindre än hälften av fälten strängläggs innan bärgningen.

### ***Snittvagn***

Alla som använder snittvagn för bärgningen stränglägger gräset innan med en separat körning strängavståndet är ca 8 m. Storleken på snittvagnarna varierade mellan 25 m<sup>3</sup> och 45 m<sup>3</sup>.

### ***Rundbalspress***

Av de som använder rundbalspress fodrar 60 % mjölkkor med dessa i någon mån. Fördelningen mellan två- och treskördssystem är ungefär jämn och ingen av de som använder rundbalar skördar fler än tre gånger per säsong. Ungefär hälften kör med strängläggare innan pressen. 92 % använder snittaggregat på pressen och 71 % av balarna är mellan 1,20 och 1,25 m i diameter. Det är dock en betydande skillnad i mängden torrsubbstans i varje bal (figur 17). Antalet balar som pressas på en timme varierar mellan 15 och 35, medeltalet är 22 st. Den stora variationen i antalet producerade balar och mängden torrsubbstans i varje bal leder till en stor variation av mängden pressad kg ts/h. Variationen är mellan 3200 -15000 kg ts/h med medelvärde 7500 kg ts/h.



Figur 17. Variationen av mängden torrsubbstans i rundbalarna.

Vad gäller plastningen av rundbalarna så sker detta i 76 % av fallen i samband med pressningen. 72 % är kombipressar och 4 % bogserar en plastare bakom pressen. Av de 24 % som plastar separat är det vanligast att detta sker efter transport från fältet. När balarna skall transporterats hem kör man i medeltal med 15 balar på varje lass.

## Framräknade kapaciteter

Fältet vi använde vid beräkningarna är 5 ha stort och ligger 2,5 km från gården eftersom det var medianvärdena från enkätundersökningen. Skörden och transporthastigheten valdes på samma sätt till 2900 kg ts respektive 25 km/h. Eftersom det inte finns någon funktion för oregelbundna fält i Drift2004 så valdes standardfältformen där sidornas förhållande är 2:1. TS-halten bestämdes till 30% i enlighet med medianvärdet i enkätundersökningen.

### *Slätter*

För slätter användes enkätsvarens medianvärde 12,3 km/h för att bestämma hastigheten. Överlappet valdes till ett fast värde, 30 cm enligt Jonsson (1983). Avverkningen ökar inte helt linjärt med arbetsbredden vid slätter, se tabell 2. Det beror på att stillestånden för de bredare maskinerna är mer ”kostsamma” då potentialen är större att avverka mer under stilleståndstiden.

Tabell 2. Beräknade kapaciteter för slätter på 5 ha fält.

Typ	Storlek	ha/h
Slätterkross, centrumdrag	3	meter 2,6
Slätterkross, tvådelad	6	meter 5,1
Slätterkross, tredelad.	9	meter 7,6

### *Strängläggning*

För strängläggning valde vi 10 km/h i framkörningshastighet efter enkätsvarens medianvärde och 5 % överlapp efter Schick & Stark 2002. Arbetsbredderna valdes för att matcha de olika bärgningskedjornas medianvärden för strängavstånd. Strängläggarna har i regel lägre kapacitet än motsvarande arbetsbredd för slätter, se tabell 3. Skillnaden är lägre framkörningshastighet och mer överlapp då det beräknas procentuellt.

Tabell 3. Beräknade kapaciteter för strängläggning på 5 ha fält.

Typ	Storlek	ha/h
Rotorsträngläggare, mittläggande	5,2	meter 3,9
Rotorsträngläggare, mittläggande	6,3	meter 4,7
Rotorsträngläggare, mittläggande	7,4	meter 5,4
Rotorsträngläggare, mittläggande	8,4	meter 6,0
Rotorsträngläggare, mittläggande	9,5	meter 6,7
Rotorsträngläggare, mittläggande	14,2	meter 9,4

### *Hack- och snittvagn*

För både hack- och snittvagnen valdes enkätundersökningens medianvärden, 5 m respektive 8 m till strängavstånd. Nettokapaciteten beräknades från



enkätundersökningens skördenivå, strängavstånd och framkörningshastighet till 17,3 ton ts/h respektive 22,5 ton ts/h. Lassvikterna beräknades utifrån densiteterna 85 kg ts/m<sup>3</sup> och 120 kg ts/m<sup>3</sup> (Pettersson Sundberg & Westlin 2009), (Høy, Thøgersen & Højholdt 2010). Skillnaden (se tabell 4) beror på högre nettokapacitet i sträng och högre lassvikt för snittvagnen.

Tabell 4. Beräknade kapaciteter för hack- och snittvagn på 5 ha fält och 2,5 km transportavstånd.

Typ	Storlek		ha/h
Hackvagn	40	m <sup>3</sup>	1,93
Snittsvagn	40	m <sup>3</sup>	2,21

### *Hackar*

Strängavståndet till hackarnas kapacitet valdes enkätundersökningens respektive medianvärden. Traktordriven hade 7 m, självgående mindre hade 9 m och självgående större 13,5 m i strängavstånd. Nettokapaciteten beräknades från enkätundersökningens skördenivå, strängavstånd och framkörningshastighet till 24,0 ton ts/h, 21,6 ton ts/h och 29,6 ton ts/h. Lassens vikt beräknades utifrån densiteten 85 kg ts/m<sup>3</sup>. Storleken på vagnarna är enligt enkätundersökningen 40 m<sup>3</sup> för den traktordrivna och mindre självgående samt 50 m<sup>3</sup> för den större självgående hacken. Skillnaderna beror på nettokapaciteten och tidsåtgången för tillkoppling av vagnar. Se tabell 5.

Tabell 5. Beräknade kapaciteter för bogserade och självgående exakthackar på 5 ha fält och 2,5 km transportavstånd.

Typ	ha/h	Antal vagnar
Fälthack, traktordriven, större	5,3	3
Fälthack, självgående, mindre	5,7	3
Fälthack, självgående, större	7,6	3

### *Rundbalspressning*

Rundbalspressens kapacitet (tabell 6) är helt tagen från enkätsvarens uppgifter om balvikter och antal balar per timme som räknats om till en mediankapacitet, 7,3 ton ts/h. Transportkapacitetens beräkning är gjord i Drift2004 och utgår från enkätsvarens medianvärde gällande antal balar per lass, 15 st och balvikt, 325 kg ts/bal. Vid 2,5 km transportavstånd hinner inte en person med att plocka undan balarna från pressen (se tabell 6). För att hinna med transporten på en person behöver man transportera 42 rundbalar varje resa.

Tabell 6. Beräknade kapaciteter för rundbalspressning och hemtransport vid 325 kg ts/bal och 2,5 km i transportavstånd.

Typ	Ton ts/h	bal/h	ha/h
Kombipress	7,3	22,0	2,5
Storbalsvagn, 15 balar	5,2	16,0	1,8

## Maskinkedjor

De olika maskinkedjorna för skörd av lös grönmassa (A-E) har stor variation i kapacitet mätt i ha/h. Den större självgående hacken har fyra gånger så hög kapacitet mot vad hackvagnen har. Effektiviteten mätt i mantimmar per ton ts (MT/ton ts) däremot har lägre variationer, exempelvis så har den större självgående hacken och hackvagnen samma värde här (se tabell 7). Eftersom maskinernas nettokapacitet i samtliga fall är uppnådda så skulle inte ett bredare strängavstånd höja kapaciteten nämnvärt för någon av kedjorna då bara antalet vändningar blir färre. Den traktordrivna hacken har en hög effektivitet eftersom den själv bogserar transportvagnen i fält och sparar på så vis en traktor med förare. Att maskinsystem F kräver mest arbete beror till viss del på att för de övriga maskinsystemen tillkommer arbete för packning i plansilo eller kontroll av inlastning i tornsilo.

Tabell 7. Bärningskedjornas arbetsåtgång, transportavstånd 2,5 km. Kedja F är inte helt jämförbar då ensilaget är klart för lagring, för övriga system tillkommer 1-2 personer för inläggning i silo.

Bärning	Kapacitet ha/h	Transport	Effektivitet MT/ton ts
A Snittvagn 40 m <sup>3</sup>	2,2		0,16
B Hackvagn 40 m <sup>3</sup>	1,9		0,18
C Hack-traktordriven	5,3	Vagnar 3 st	0,19
D Hack, självgående, mindre	5,7	Vagnar 3 st	0,24
E Hack, självgående, större	7,6	Vagnar 3 st	0,18
F Rundbalspress	2,1	Vagn 1 st	0,33

När transportavståndet tredubblas till 7,5 km (tabell 8) ökar också medelhastigheten för transporten. Vi valde 35 km/h som är medianen för medelkörhastighet för de i undersökningen som har transportavstånd som är längre än 5 km. Det som händer vid längre transportavstånd är att maskinkedjorna med hackar (C-E) behöver en vagn till och det sänker effektiviteten något. Hackvagnens (B) effektivitet sjunker mer än snittvagnens (A) på grund av lägre lassvikt. Den höga lassvikten och fördelen att inte behöva vänta på vagnar samt koppla dessa, ger bärningskedjan med snittvagn (A) högst effektivitet även vid 7,5 km transportavstånd. Trots att snittvagnens kapacitet har sjunkit och fälthackarna har bibehållit sin kapacitet ligger ändå snittvagnen lägst i antalet mantimmar per ton ts. Framförallt för att fälthackarna behöver en extra vagn med traktor och förare.

Tabell 8. Bärningskedjornas arbetsåtgång, transportavstånd 7,5 km. Kedja F är inte helt jämförbar då ensilaget är klart för lagring, för övriga system tillkommer 1-2 personer för inläggning i silo.

Bärning	Kapacitet ha/h	Transport	Effektivitet MT/ton ts
A Snittvagn 40 m <sup>3</sup>	1,7		0,21
B Hackvagn 40 m <sup>3</sup>	1,4		0,25
C Hack-traktordriven	5,3	Vagnar 4 st	0,26
D Hack, självgående, mindre	5,7	Vagnar 4 st	0,30
E Hack, självgående, större	7,6	Vagnar 4 st	0,23
F Rundbalspress	1,8	Vagn 1 st	0,37

Vid transportavstånd 1 km innebär enligt enkäten 25 km/h i körhastighet på väg. Kapaciteten ökar för (A, B & F) samtidigt som fälthackarna (C-E) bibehåller sin kapacitet (se tabell 9). Dock behövs det en vagn mindre i samtliga maskinkedjor. Detta gör då att traktordriven hack (C) och snittvagn (A) har bästa effektivitet med 0,13 MT/ton ts. Att traktordriven hack (C) nu har bästa effektivitet bland fälthackarna (C-E) beror på att hacken bogserar transportvagnen själv och det behövs en person mindre i kedjan.

Tabell 9. Bärningskedjornas arbetsåtgång, transportavstånd 1 km. Kedja F är inte helt jämförbar då ensilaget är klart för lagring, för övriga system tillkommer 1-2 personer för inläggning i silo.

Bärning	Kapacitet ha/h	Transport	Effektivitet MT/ton ts
A Snittvagn 40 m <sup>3</sup>	2,7		0,13
B Hackvagn 40 m <sup>3</sup>	2,4		0,14
C Hack-traktordriven	5,3	Vagnar 2 st	0,13
D Hack, självgående, mindre	5,7	Vagnar 2 st	0,18
E Hack, självgående, större	7,6	Vagnar 2 st	0,14
F Rundbalspress	2,3	Vagn 1 st	0,30

## Maskinsystem

För att få reda på hur mycket tid det tar att skörda ett kilo torrs substans måste man räkna tiden för hela maskinsystemet. Slåttermaskinens bredd är här medianvärdet av hur många slåtterenheter man enligt undersökningen använder. En slåtterenhet är satt till 3 m. Strängläggningen är vald efter medianvärde för strängavstånd de olika maskinerna hade i enkätsvaren.

Eftersom maskinsystem E har en mindre arbetsåtgång för slåtter och strängläggning så får hela det maskinsystemet en total lägre arbetsåtgång än maskinsystem B (se tabell 10). Trots en högre kapacitet för slåtter för maskinsystem D-F så begränsar densamma kapaciteten om momenten måste ske samtidigt (se tabell 10).

Om strängläggningsmomentet plockas bort och ersätts av strängläggningsmattor på slåtterkrossen sparas tid in (se tabell 10). Strängläggningsmattorna beräknas kunna ge strängavstånd på 6 eller 9 meter beroende på arbetsbredd, för de 3 meter breda maskinerna praktiseras dubbelläggning. Hackvagnssystemet (B) är det som tjänar mest på att rationalisera bort strängläggningen. 23 % lägre arbetsinsats per ton ts förklaras av att strängavståndet ökar från det tidigare, samtidigt som det mest arbetskrävande strängläggningsmomentet försvinner.

Tabell 10. Maskinsystemens arbetsåtgång vid 2,5 km transportavstånd, baserat på enkätsvarens medianvärden. Begränsande faktorn är rödmarkerad. System F är inte jämförbar då ensilaget är klart för lagring, för övriga system tillkommer 1-2 personer för inläggning i silo.

	A Snittvagn 40 m <sup>3</sup>	B Hackvagn 40 m <sup>3</sup>	C Hack, traktordriven, större	D Hack, självgående, mindre	E Hack, självgående, större	F Rundbalspress
MT/ha, bärgning	0,45	0,52	0,19	0,18	0,13	0,40
Slåtter, arbetsbredd, m	3 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>	9 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>
MT/ha	0,38	0,38	0,20	0,20	0,13	0,38
Strängläggning, arbetsbredd, m	8,4 <sup>1</sup>	5,2 <sup>1</sup>	7,4 <sup>1</sup>	9,5 <sup>1</sup>	14,2 <sup>1</sup>	6,3 <sup>1</sup>
MT/ha	0,17	0,26	0,19	0,15	0,11	0,21
Transport	-	-	Vagnar 3 st	Vagnar 3 st	Vagnar 3 st	Vagn 1 st
MT/ha	-	-	0,38	0,52	0,39	0,56
<b>MT/ha, totalt</b>	<b>1,00</b>	<b>1,16</b>	<b>0,94</b>	<b>1,04</b>	<b>0,76</b>	<b>1,55</b>
<b>MT/ton ts, totalt</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>	<b>0,33</b>	<b>0,36</b>	<b>0,26</b>	<b>0,54</b>
Utan strängläggning			Vagnar 3 st	Vagnar 3 st	Vagnar 3 st	Vagn 1 st
MT/ton ts	0,29	0,31	0,29	0,32	0,23	0,46

<sup>1</sup> uppgift från enkätundersökningens medianvärde för respektive bärgningskedja

## DISKUSSION

Den relativa kapaciteten för slåtter skiljer sig en hel del mellan enkäten, litteraturen och våra framräknade data. Det amerikanska typiska värdet är 0,88 ha/h, meter arbetsbredd (ASABE 2011) och Maskinkalkylgruppens motsvarande värde är i medeltal 0,71 (Maskinkalkylgruppen & HIR Malmöhus 2012). De som har angivit kapacitet i enkätundersökningen kör 0,78 ha/h, meter arbetsbredd och våra beräkningar visar 0,85 ha/h, meter arbetsbredd. Det amerikanska värdet är baserat på en lite lägre (11 km/h) hastighet än enkäten (12 km/h) och våra beräkningar (12,3 km/h). Trots en högre medelhastighet har alltså svenskarna en lägre relativ kapacitet. Detta tror vi beror på sämre fältformer och mindre fält. Den amerikanska relativa kapaciteten är baserad på en fälteffektivitetsfaktor och sådana tar heller inte hänsyn till eventuella hinder på fälten.

Enligt enkätundersökningen kör man fortare med bogserade slåtterkrossarna än med burna. Det tror vi beror på att dessa är bättre fjädrade och att inte ojämnheter känns i traktorn på samma sätt. När en bogserad slåtterkross kombineras med en frontmonterad skiljer den relativa kapaciteten sig mellan de med sido- och centrumdrag enligt enkätsvaren. Då det inte finns tydligt bättre arrondering och körhastigheten är nästan identisk är det troligen manövreringen på vändtegarna som skiljer dem åt tidsmässigt.

Angående överlappet vid slåtter så tror vi som Jonsson (1983) att man skall räkna med ett absolut tal istället för en procentsats för att komma så nära verkligheten som möjligt då en procentsats kraftigt försämrar effektiviteten på en större maskin. Överlappet är troligen lite större på de maskiner där en frontmonterad slåttermaskin ingår i en kombination, eftersom man då inte gränslar föregående sträng och har denna att följa.

Slåttermaskinen är den begränsande faktorn för alla system med fälthack enligt våra beräkningar. Eftersom slåttern oftast sker som ett separat moment kan man kompensera för detta genom att börja tidigare och dessutom hålla på längre arbetsdagar än de som bärgar. Långa dagar med slåtter underlättas av att det bara är en person som behöver bytas av.

Att så många som 58 % av de som svarat på undersökningen använder strängläggare tror vi beror på flera faktorer. För de som konserverar fodret i rundbalar är breddspridning ett bra sätt att nå rätt ts-halt. För de som lagrar sitt foder i plansilo är troligen huvudanledningen en ökad kapacitet på efterföljande maskiner. Naturligtvis är en snabbare och jämnare förtorkning ingen nackdel här heller. Att alla som har riktigt breda strängavstånd efter strängläggning bärgar med självgående hack tolkar vi som att de försöker vara så effektiva som möjligt med denna, eftersom det är den dyraste maskinen i kedjan. En ytterligare anledning till separat strängläggning kan vara att man får möjlighet att styra förtorkningen bättre. Pickupsträngläggarna verkar vara den typ som har högst effektivitet och samtidigt ger ett stort strängavstånd. Anledningen till att det finns få i Sverige tror vi är det höga priset och att det i princip bara finns en återförsäljare i landet.

Även den relativa kapaciteten för strängläggning skiljer sig något mellan enkäten, litteraturen och våra framräknade data. Våra uppgifter tyder på en högre relativ kapacitet än både ASABE (2011) och Maskinkalkylgruppen (2012). Det amerikanska typiska

värdet är 0,64 ha/h, meter arbetsbredd (ASABE 2011) och Maskinkalkylgruppens motsvarande värde är i medeltal 0,57 (Maskinkalkylgruppen & HIR Malmöhus 2012). De som har angivit kapacitet i enkätundersökningen kör 0,74 ha/h, meter arbetsbredd och våra beräkningar visar 0,72 ha/h, meter arbetsbredd. Eftersom beräkningarna är baserade på enkätsvarens medianvärde hamnar uppgifterna nära varandra. Anledningen till den högre relativa kapaciteten är högre körhastighet, ASABEs (2011) typiska hastighet är 8 km/h och av enkätsvaren angav de allra flesta 10 km/h som medelhastighet. Fälten som slås och strängläggs har ju samma arrondering så fälteffektiviteten är fortfarande högre (80 %) enligt ASABE (2011) än vad enkätsvaren (74 %) och beräkningarna (72 %) anger.

Enkäten visar på en mindre användning av rundbalspressar än 2007 (Pettersson, Sundberg & Westlin 2009). Detta beror troligen på att i vår enkät frågade vi efter vilken kedja som i huvudsak används (bilaga 1). De som kompletterar ett silosystem med rundbalar föll då bort. Den höga användningen (76 %) av pressar som är kombinerade med plastare tror vi kommer att förbli hög. Vi tror att anledningen till att de har blivit fler sedan 2007 är att de blivit snabbare och driftsäkrare. När flexkammarpessarna som är kombinerade med inplastare blir allt vanligare och effektivare så kan en viss del av halmen pressas med dessa också och då behövs färre separata plastare till ensilaget.

Vid skörd med rundbalskedja är det oftast transporten som kräver mest tid. Eftersom transporten kan ske i efterhand som ett separat moment begränsar den dock inte skördekapaciteten. Redan vid 2,5 km transportavstånd och måttlig kapacitet på pressen visar våra beräkningar att pressens kapacitet överstiger transportens. Rundbalar transporteras ofta betydligt längre och då är större lass ett alternativ för att öka kapaciteten. I känslighetsanalysen kan man också utläsa att rundbalskedjans antal mantimmar per ton ts ökar minst procentuellt sett vid längre transportavstånd. Beräkningarna ser ut att visa att rundbalskedjan varken är effektivt eller har hög kapacitet. Som tidigare nämnts så beror detta till stor del på att inte inläggning och packning i silo är medräknat för de övriga kedjorna. Om man exempelvis skulle lägga till en lastmaskin med förare för inläggning och packning i maskinkedjan med snittvagn, som är den effektivaste enligt beräkningarna, blir resultatet ett helt annat. Denna kedja får då nästan samma effektivitet, 0,31 mantimmar per ton ts (MT/ton ts) som rundbalspressen, 0,33 MT/ton ts. Det som inte syns i resultatet är också att transporten och pressningen kan ske vid olika tidpunkt och därmed också av samma person som pressat och plastat vilket kan vara fördelaktigt.

Hackvagnarna är de som har minskat i antal sedan 2007 (Pettersson, Sundberg & Westlin 2009). I dagsläget används enligt enkätundersökningen dock hackvagnar i dubbelt så stor utsträckning som snittvagnar. Denna fördelning tror vi kommer att förskjutas mot det omvända eftersom snittvagnarna har högre kapacitet vid längre transportavstånd samt lägre energiförbrukning.

Effektivitetsmässigt är både snittvagnen och hackvagnen bra vid korta transportavstånd. Trots en minskning av kapaciteten klarar sig snittvagnen också bra vid längre transportavstånd jämfört med fälthackarna. Detta eftersom åtgången av arbetstid bara ökar 3 % mer än för fälthackkedjorna, vid ökning av transportavståndet från 2,5 km till 7,5 km. Ett annat skäl än effektiviteten till att köra med en eller flera hack- eller snittvagnar istället för fälthack tror vi kan vara att man vill blanda ensilagepartier från olika fält redan vid inlagringen i torn- eller plansilon.

Användningen av fälthackar har inte förändrats (figur 14) mycket sedan 2007. Antalet som använder självgående hackar har däremot ökat från 3,5 % (Pettersson, Sundberg & Westlin 2009), till 17 % . Detta tror vi beror på att gårdarna med mjölkkor blir större och större. Det som kännetecknar fälthackarna är deras potential till hög kapacitet. Våra beräkningar visar dock att effektiviteten blir lidande av transportfordonens väntetid och att det går åt ett ekipage för att köra parallellt med hacken. I verkligheten har man en begränsad tidsperiod med fint väder och då blir kapaciteten viktigare än effektiviteten.

Nettokapaciteterna vi har räknat med i samtliga fall är baserad på vår enkätundersökning. Under bra förhållanden är nettokapaciteter på 80 ton ts/h för snittvagn och 45 ton ts/h för en självgående hack med 265 kW motoreffekt fullt möjliga (Høy, Thøgersen & Højholdt 2010). Om dessa nettokapaciteter tillämpas som övre begränsning ökar bruttokapaciteten ordentligt för samtliga maskinsystem om det finns tillräckligt mycket material i strängarna. Att arbetsåtgången blir lägre om man rationaliserar bort strängläggningsmomentet är inte så konstigt om strängavstånden kan bibehållas. Det som kan begränsa användning av mattor för strängläggning på slätterkrossen tror vi är för att förtorkningen blir betydligt försämrade. En slätterkross denna utrustning bör också vara betydligt dyrare och har högre underkostnad.

Något som vi reagerat på är att när Drift2004 beräknar fältkapaciteter så minskar effektiviteten ju större arbetsbredd man har, tvärt emot vad vi tyckte vara rimligt. Detta beror på att man räknar med ett visst stillestånd i minuter per hektar och de bredare maskinerna förlorar helt enkelt mer på att stå still jämfört med de mindre.

Den ingångsdata som sannolikt ärs mest osäker i våra beräkningar för samtliga fältarbeten är medelhastigheten. Av egen erfarenhet förefaller det troligt att de flesta vet ungefär hur fort de kör ”i draget” men det är svårt att veta hur mycket medelhastigheten sjunker när man kör runt hinder eller utmed diket första varvet. Samma gäller vid transportkörning då en vägkorsning kan sänka medelhastigheten kraftigt.

Något annat som vi bortsett helt från i våra beräkningar är att tiden för flytt för alla maskinerna ökar med längre transportavstånd. Det gör ingen skillnad mellan maskinsystemen men det påverkar den totala kapaciteten för dessa på ett påtagligt sätt.

Det kan vara svårt att få tillräckligt med svar på en enkät. I detta fall hade fler svar behövts för att kunna gruppera svaren bättre. På så sätt hade vi kunnat upptäcka samband av olika slag. Eftersom den officiella statistiken gäller för län och frågan i undersökningen var för landskap är det svårt att se hur väl svarsfrekvensen stämmer överens med vallodlingens geografiska fördelning (Jordbruksverket & Statistiska centralbyrån 2012).

Vid liknande undersökningar som vänder sig till lantbrukare bör man ändra på vissa saker. För det första så skall inte enkäten komma ut mitt i vårbruket då de flesta inte har tid att svara på den. Ett alternativ för att få dem som har tid att fylla i enkäten vore att göra den mer preciserad. I vårt fall kunde vi ställt färre frågor som bara behandlade det som vi har använt i våra beräkningar och slutsatser. Problemet med detta kan vara att man måste ha bestämt tydligare vad och hur man skall göra beräkningarna.

Distributionskanalerna är en annan parameter som har betydelse. Vill man ha svar med bättre geografisk fördelning och högre svarsfrekvens måste man antagligen rikta sig till specifika lantbrukare. Ett annat problem med en internetenkät kan vara att den riktar in sig mot en viss grupp, de som läser tidningen på nätet i detta fall. Behandlingen av data kräver att man bedömer sannolikheten och helt plockar bort osannolika svar. I vårt fall hittades kapaciteter som vida överskred den teoretiskt möjliga.

## Slutsatser

Vi har under arbetets gång dragit följande slutsatser.

- Vid slätter och strängläggning är det den effektiva arbetsbredden och medelhastigheten som spelar störst roll för kapaciteten
- Det är oftast transportavståndet eller tillgången på vagnar som styr kapaciteten vid bärgningsmomentet.
- Det finns inget direkt samband mellan kapaciteten (hektar per timme) och effektiviteten (mantimmar per ton ts) hos de olika bärgningskedjorna.
- Hack- och snittvagnar har hög effektivitet men låg kapacitet.
- Maskinkedjor med fälthack har hög kapacitet men effektiviteten är mycket beroende av hur mycket väntetid som uppstår.
- Det går åt 26 % - 39 % mer tid till att bärga exakthackad eller kortsnittad grönmassa om transportavståndet ökar från 2,5 km till 7,5 km.
- Rundbalskedjan påverkas procentuellt minst (13 %) av att transportavståndet ökar från 2,5 till 7,5 km.



## REFERENSER

### Skriftliga

ASABE. (2011). Agricultural Machinery Management Data. St. Joseph Michigan USA: ASABE (ASAE D497.7)

Buckmaster D & Hilton W. (2005). Computerized cycle analysis of harvest, transport, and unload systems. *Computers and electronics in agriculture*, vol 47, ss 137-147.

Buckmaster D. (2009). Equipment matching for silage harvest. *Applied engineering in agriculture*, vol. 25, ss 31-36.

Claas. (2008) DISCO-Snittet är avgörande. Enköping: Svenska Lantmännen Maskin AB [broschyr]

Danmarks JordbrugsForskning. (2004). DRIFT 2004. Århus: Videncentret for Landbrug [Excel-dokument]  
[https://www.landbrugsinfo.dk/Itvaerktoejer/Maskiner-og-arbejde/Sider/Beregn\\_arbejdsbehovet\\_ved\\_markarbejde\\_me.aspx#Driftmodellerne](https://www.landbrugsinfo.dk/Itvaerktoejer/Maskiner-og-arbejde/Sider/Beregn_arbejdsbehovet_ved_markarbejde_me.aspx#Driftmodellerne)  
 [2013-05-05]

Elho. (2012) ELHO Strängläggare och vändare. Bennäs, Finland: Elho [broschyr]

Frennemark, M. (2013) Slätterkrossarna på väg ut. *Lantmannen*, NR 4, ss 32-33.

Fällman, A. (2010). Let´s roc. *Lantmannen*, NR 4, ss 24.

Fällman, A. (2013) Alfreds udda idé gav flera vinster. *Lantmannen*, NR 4, ss 20-22.

Hanna M (2002) Estimating the Field Capacity of Farm Machines. Ames, Iowa, USA: Iowa state University (File A3-24)

Høy, J, Thøgersen R & Højholdt M (2010) FarmTest: Snittevogne til græs. Videncentret for landbrug & Agrotech: (Maskiner og planteavl, nr 108)

Jonsson, B. (1983). Avverkning vid slätter, vändning och strängläggning. Uppsala: JTI (JTI-meddelande nr 396)

Jonsson, B. (1986). Avverkning och arbetsbehov vid ensilering. Uppsala: JTI (JTI-meddelande nr 413)

Jordbruksverket & Statistiska centralbyrån (2012). *Jordbruksstatistisk årsbok 2012 med data om livsmedel*. Örebro: SCB-Tryck. Tillgänglig:  
[http://www.jordbruksverket.se/download/18.50fac94e137b680908480004081/JS%C3%85+2012+Hela\\_1.pdf](http://www.jordbruksverket.se/download/18.50fac94e137b680908480004081/JS%C3%85+2012+Hela_1.pdf) [2013-05-11]

Krone. (2012) Swadro Strängläggare. Staffanstorp: Söderberg & Haak Maskin AB [broschyr]

Kuhn. (2011) Merge Maxxx 900, Saverne Cedex, Frankrike: Kuhn [broschyr]

Lattsch R. Prochnow A. & Werner B. (2003) Forage harvester or self-loading wagon?. *Neue Landwirtschaft*, NR 11, ss 54-57.

Löfgren J (2010) Effektiv grovfoderproduktion slutrapport. Jönköping: Hushållningssällskapet

Maskinkalkylgruppen & HIR Malmöhus. (2012) Maskinkostnader 2012. Bjarred: Maskinkalkylgruppen & HIR Malmöhus [broschyr]

Pedersen, J (2009) FarmTest: Pickup rive. Århus: Dansk Landbrugsrådgivning (Maskiner og planteavl, nr 108)

Pettersson, O. Sundberg, M & Westlin, H. (2009). Maskiner och metoder I vallodling. Uppsala: JTI (JTI-rapport 377).

Roc. (2011) ROC series RT. Zona Industriale Camerano RN, Italien: ROC [broschyr]

Schick, M & Stark, R. (2002). Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufutterernte. CH-8356 Tänikon TG Schweiz: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT Bericht 588).

Sörkvist, L. Helleberg. B. Malmström, L & Neuman, L. (2000). Jordbrukets Fältmaskiner. Stockholm. Natur och Kultur/LTs förlag

# BILAGOR

## Bilaga1

Landskap Erfarenheter från vilket landskap grundar du dina svar på?

Terrängtyp ?

Gårdsstödsområde Välj vilket huvudsakliga gårdstödsområde fälten ligger inom.

Areal [hektar] Ange hur stor vallarealen är (ex 58)

Årsavkastning [KgTS] Ange den skördenivå som dina svar baseras på (ex 8000)

Skördar Ange antal skördar per år

- 1 Skörd
- 2-Skördesystem
- 3-Skördesystem
- 4-Skördesystem
- 5-Skördesystem
- Övrigt:

Torrsubstans Ange vid vilken TS-halt vullen skördas

Djurkategori Välj vilka djurkategorier som skall utfodras med vallfodret.

- Mjölkcor
- Rekryteringsdjur
- Dikor
- Växande köttjur
- Häst
- Övrigt:

Fält

Avstånd till fält [kilometer] Ange hur stort medelavståndet till fälten är (ex1,5).

Maximal transporthastighet [km/h] Ange uppskattad maximal hastighet till medelfältet (ex 24)

Genomsnittlig transporthastighet [km/h] Ange den uppskattade genomsnittliga transporthastigheten (ex 15)

Vägens beskaffenhet Välj den beskrivningen som passar bäst

- Bra väg, inget eller få stopp.
- Bra väg, flera stopp.
- Sämre väg, inga eller få stopp.
- Sämre väg, flera stopp.

Skiftesstorlek [hektar] Ange skiftenas medelstorlek (ex 5)

Fältform Välj vilken fältform som är den dominerande.

- Regelbundna, långsmala
- Regelbundna, mycket långsmala
- Regelbundna, kvadratiska
- Regelbundna, triangulära
- Oregelbundna
- Oregelbundna med åkerholmar och andra hinder.
- Övrigt:

Fältplacering Ange fältens placering i förhållande till varandra

- Mycket väl samlade
- Samlade
- Utspridda
- Mycket utspridda
- Vet ej
- 

Slätter

Slättermaskin Välj vilken eller vilka typer(kombinationer) av slättermaskiner som används Vid användning av kombinationer kan flera alternativ kryssas i. (exempel "butterfly" med kross: Slätterkross - frontmonterad, slätteross -buren).

- Slätterkross -buren
- Slätterkross -frontmonterad
- Slätterkross -centrummonterat drag
- Slätterkross -sidomonterat drag
- Slätterkross -självgående
- Rotorslättermaskin -frontmonterad (ej kross)
- Rotorslättermaskin -buren (ej kross)

Arbetsbredd [meter] Ange ekipagets totala arbetsbredd (ex 3,2)

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i drag" (ex 15)

Kapacitet [ha/h] Ange uppskattad fältkapacitet vid slätter (ex 5)

Strängavstånd efter slåtter [meter] Vilket centrumavstånd är det mellan strängarna efter slåtern (ex 3,2) Vid BREDSPRIDNING ange 0

Autostyrning Välj om autostyrning med gps tillämpas vid slåtter?

- Ja
- Nej
- Vet ej

Vändning

Vändning Välj om vändning tillämpas (hövändare)

- Ja
- Nej

Vändning

Antal vändningar Om vändning tillämpas, hur många gånger?

- 1
- 2
- 3

Arbetsbredd [meter] Ange vändarens arbetsbredd (ex 5,5)

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i drag" (ex 12).

Kapacitet [ha/h ] Ange uppskattad fältkapacitet vid vändning (ex 4,5).

Strängläggning

Strängläggning Välj om strängläggning tillämpas

- Ja
- Nej

Strängläggning

Strängläggartyp Välj den typ av strängläggare som används

- Rotorsträngläggare, sidoläggande
- Rotorsträngläggare, centrumläggande
- Cylindersträngare "typ Elho twin"
- Pickupsträngläggare "typ Roc"
- Övrigt:

Strängläggartyp Välj det sätt som strängläggaren sitter ihop med traktorn.

- Frontmonterad (ej separat körning)
- Frontmonterad (separat körning)
- Buren

- Bogserad
- Övrigt:

Arbetsbredd [meter] Ange strängläggarens arbetsbredd (ex 7,8).

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i drag" (ex 9,5).

Kapacitet [ha/h] Ange uppskattad fälkapacitet (ex 6,5).

Strängavstånd [meter] Ange vilket centrumavstånd det är mellan strängarna efter strängläggningen (ex 7,8).

Strängluftning

Strängluftning Tillämpas strängluftning

- Ja
- Nej
- Vet ej

Strängluftning

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i drag" (ex 9,5).

Kapacitet [ha/h] Ange uppskattad fälkapacitet (ex 2,5).

Bärgning

Bärgning Vilken metod används för bärgning av skörden?

- Exakthack traktordriven
- Exalthack självgående
- Hackvagn
- Snittvagn
- Rundbalspress
- Fyrkantspress
- Övrigt:

Exakthack bogserad

Storlek [kW] Effektuttag traktor

- Mindre - under 70kW (95hk)
- Medium 70- 120kW (95-165hk)
- Större - över 120kW (165hk)

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i sträng" (ex 7).

Kapacitet [ha/h] Ange uppskattad fälkapacitet (ex 3,5).

Antal vagnar [antal] Ange hur många transportvagnar som används för transport (ex 2).

Storlek vagnar [m<sup>3</sup>] Ange hur stor stor volym vagnarna har i genomsnitt (ex 35)

Vagnar Välj hur vagnarna bogseras vid fyllning

- Bogseras av hack
- Separat traktor
- Övrigt:

Avlastning [min] Ange hur lång tid vagnen är vid lossningsplatsen varje lass, inklusive eventuell väntan.

Exakthack självgående  
Motoreffekt Välj hackens motoreffekt

- under 370kW (500hk)
- över 370kW (500hk)

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i sträng" (ex 9).

Kapacitet [ha/h] Ange uppskattad fältkapacitet (ex 4,5)

Antal vagnar [antal] Ange hur många transportvagnar används för transport (ex 2).

Storlek vagnar [m<sup>3</sup>] Ange hur stor volym vagnarna har i genomsnitt (ex 35)

Vagnar Välj hur vagnarna bogseras vid fyllning

- Bogseras av hack
- Separat traktor
- Övrigt:

Avlastning [min] Ange hur lång tid vagnen är vid lossningsplatsen varje lass, inklusive eventuell väntan.

Hackvagn

Storlek Välj vilken storlek som hackvagnen har.

- under 30m<sup>3</sup>
- 30-35 m<sup>3</sup>
- 35-40m<sup>3</sup>

- 40-45m<sup>3</sup>
- 45-50m<sup>3</sup>
- Över 50m<sup>3</sup>

Körhastighet [km/h] Ange normal medelhastighet "i sträng" (ex 9).

Kapacitet [ha/h] Ange totalkapacitet

Avlastning [min] Ange hur lång tid vagnen är vid lossningsplatsen varje lass, inklusive eventuell väntan.

Snittvagn

Storlek [DIN] Välj vilken storlek som snittvagnen har.

- Under 30m<sup>3</sup>
- 30-35m<sup>3</sup>
- 35-40m<sup>3</sup>
- 40-45m<sup>3</sup>
- 45-50m<sup>3</sup>
- Över 50m<sup>3</sup>

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i sträng" (ex 8)

Kapacitet [ha/h] Ange totalkapacitet

Avlastning [minuter] Ange hur lång tid vagnen är vid lossningsplatsen varje lass, inklusive eventuell väntan.

Balpressning

Snittning Välj om snittagregat används vid pressning.

- Ja
- Nej
- Vet ej

Körhastighet [km/h] Ange uppskattad medelhastighet "i sträng" vid pressning (ex 7).

Kapacitet [balar per timme] Ange normal kapacitet vid pressning (ex 27).

Balstorlek [Meter] Ange balstorlek



Vikt balar [kgTs] Ange uppskattad vikt torrs substans per bal

- Under 100kgTs
- 100-200gTs
- 150-200kgTs
- 200-250kgTs
- 250-300kgTs
- 300-350kgTs
- 350-400kgTs
- 400-500kgTs
- Över 500kgTs
- Vet ej

Baltransport [antal] Ange hur många balar som tas med hem vid varje resa.

Plastning Välj hur plastningen sker.

- Kombipress
- Bogserad plastare bakom press vid pressning (inliner)
- Separat plastning
- Ingen inplastning

Separat plastning

Typ av plastare

- Buren
- Bogserad
- Fjärrstyrd
- Övrigt:

Plats för plastning

- I fält
- Vid upplag på fält
- Vid annat upplag/"hemma"
- Övrigt:

Kapacitet [balar per timme] Ange uppskattad kapacitet (ex 20)

Maskinförhållande

Inlejda moment Vilka moment lejs in av entreprenör

- Slätter
- Vändning
- Strängning
- Strängluftning
- Bärgning/Skörd
- Transport

- Jag svarar som entreprenör
- Övrigt:

Övrigt

Åsikter och tankar Skriv ned eventuella åsikter eller tankar angående enkäten.