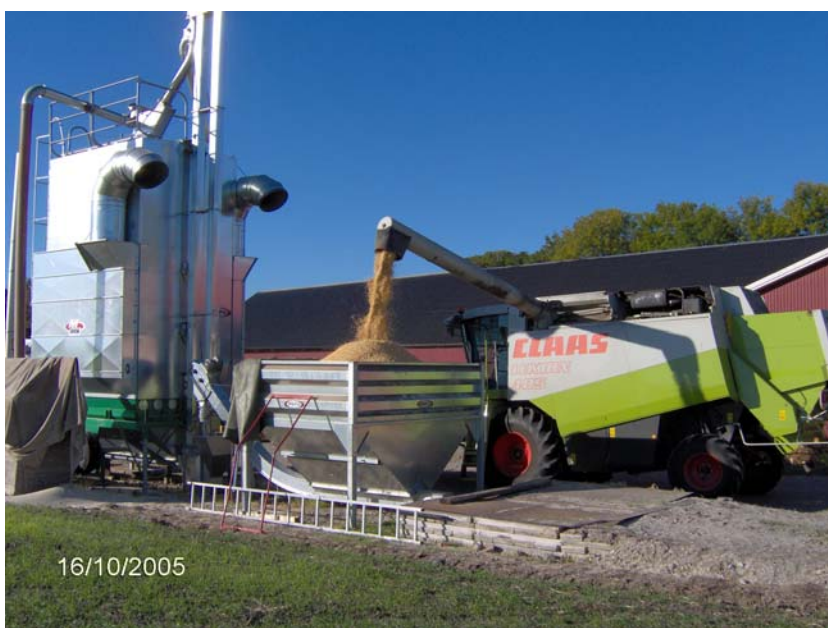




**Examensarbete inom Lantmästarprogrammet**

# **MAJSTORKNING**

## **CORN DRYING**



**Erik Åkesson**

**Examinator: Adjunkt Torsten Hörndahl**

**Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi**

**Alnarp 2006**

# FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en två-årig högskoleutbildning vilken omfattar minst 80 p. En av de obligatoriska delarna i denna 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. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 5 veckors heltidsstudier (5 p).

Jag har själv varit intresserad av majsodling och ville därför undersöka torkning av den.

Ett varmt tack riktas till Torsten Hörndal som bidragit med råd synpunkter och granskning under arbetets gång. Ett tack riktas även till de personer jag intervjuat som bidragit med värdefull information.

Adjunkt Torsten Hörndal har varit examinator.

Alnarp april 2006

Erik Åkesson

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	2
SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
INLEDNING	5
LITTERATURSTUDIE	7
MATERIAL OCH METOD	9
EGET FÖRSÖK	9
ENERGIKALKYL	10
INTERVJUER	13
RESULTAT	18
DISKUSSION	21
REFERENSER	22
BILAGOR	23

## SAMMANFATTNING

Majsen kom till Europa med Christoffer Columbus och har sedan dess odlats här men i Norden har man först på senare år fattat intresse för majsen i större omfattning. Grödans stora användningsområden är framför allt ensilage men kärnmajs det vill säga majs som tröskas till mogen skörd har också en betydande plats i Europa. Användningsområdena för kärnmajs är framför allt foder åt nöt och kycklingbranschen. I Sverige är odling av tröskmajs liten, mindre än tusen hektar med framför allt Lantmännen som uppköpare. På svenska breddgrader går det inte att undvika höga vattenhalter vid skörd, ibland upp åt 40 % vattenhalt vid skörd. Gynnsamma år går det att skörda med vattenhalter runt 30 %.

Jag vill med mitt examensarbete framförallt ge svenska odlare en inblick i vilka torkningsmetoder som är lämpliga i Sverige samt de ekonomiska aspekterna på torkningsprocessen. Med de höga energipriserna vi nu har i världen så blir torkningskostnaden den största utgiften i odlingskalkylen och är därför viktig att hålla så låg som möjligt. För att ta reda på bränsleförbrukning på torkning av majs gjorde jag ett eget försök vid skörden hösten 2006 på torken hemma på gården där jag bor. I mitt arbete har jag även gjort några intervjuer och det finns både likheter och skillnader på hur man går till väga vid torkningen. Jag har även studerat försöksresultat och rådgivningsinformation från USA.

Eftersom majs tröskas med höga vattenhalter är man tvungen att torka den i två omgångar, det är under svenska omständigheter svårt att få vattnet i de stora majs kärnorna att vandra från mitten av kärnan och ut genom den hårda stärkelsen i ytan på kärnorna. Man bör även tänka sig för så att man inte tröskar mer majs för dagen än man hinner med att torka. Våt vara blir fort varm och börjar rutna om man inte börjar torka den omedelbart efter tröskningen. Man kan i snitt räkna med 45 liter eldningsolja förbrukad per ton färdigtorkad majs.

Slutsatsen av mitt arbete är följande: Man bör torka majs med höga torkluftstemperaturer för att vara energieffektiv. Man bör även ha skonsamma transportsystem i sin anläggning för att undvika att de sköra majs kärnorna krossas. Problem kan uppstå med varmgång i våta partier av majs så man bör ej skörda mer majs per dag än vad man hinner torka. För att få ut allt vatten ur kärnorna behöver man torka majsen i två omgångar. Slutligen kan man under ett normalår räkna med en torkningskostnad (endast energi) på cirka 250 kr per färdigtorkat ton.

## SUMMARY

The corn plant came to Europe with Christopher Columbus in the 14<sup>th</sup> century and have ever since been cropped here, but corn haven't been very common in Scandinavia until recently. The main use for this crop is silage but even corn for grain is cropped in Europe. Corn for grain is a common part of feed in beef and chicken farming. In Sweden corn for grain is pretty rare but almost 1000 hectares are used for this crop, Lantmännen Sverige is the biggest buyer of corn at the moment. The summer in Sweden is short and wet, therefore corn is harvested with a high moisture content. It is hard to harvest corn under 40 % moisture content a wet year with a cold summer but a good year when the summer is warm and the autumn dry you can harvest corn with less than 30 % moisture.

My goal with this examination work is to give Swedish farmers a good idea of how to dry corn and what it costs to do it. Now days when the price of energy are very high, the drying costs are rising and getting the biggest issue of the economy in cropping corn for grain therefore I find it important to find new ways to dry corn as cheap as possible. To find out how much fuel it takes to dry corn I did a trial in the harvest 2006 on the dryer on my parent's farm. I also did a couple of interviews, studied trials and looked at advising for corn growers in the USA.

Because of the high levels of moisture content you get in corn when it gets to harvest, it's best to dry it in stages. Under Swedish circumstances it is hard to move water from the centre of the big corn kernels, through the hard starch layer in the surface and out in the air. It is important to not harvest more corn than you have capacity to dry, wet corn rapidly gets warm and starts to rot if you not start to dry it immediately. On an average year in Swedish conditions you need about 45 litres of diesel fuel to make a ton of dry corn.

The conclusion of my examination work is as following: Corn should be dried with high temperatures on the drying air to make it an efficient drying process. You should also use a transportation equipment in your system that are treating the grain carefully, the corn kernels are very easy damage. Problems that you can find when it gets to corn drying is hot spots in stacks of wet corn not being dried. The best way to avoid this problem is to not harvest more corn per day than your dryer have capacity to take care of. Under Swedish circumstances it is necessary to dry corn to times to get all the water you need out of the corn kernel. Finally, the costs for the energy it requires to dry corn an average year is about 250 Swedish crowns per metric ton of dried corn

## INLEDNING

### BAKGRUND

Kärnmajs, alltså majs till mogen skörd har varit en mycket liten odling i Sverige. Man har på olika håll odlat grödan för viltfoder, hästfoder och andra nischer. Detta har dock varit i liten skala. Men på senare år har odlingen ökat tack vare nya svenska uppköpare som t ex Svenska Lantmännen. Torkningen är den största utmaningen i kärnmajsodling anser jag, därför passar det bra med ett examensarbete i detta ämne.

Hemma på mina föräldrars gård i Västra Hoby odlar vi kärnmajs och torkar den själva så vi har erfarenhet av torkningen men det finns mycket kvar att lära. Därför gjorde jag själv ett försök på vår egen tork hösten 05 där jag mätte bränsleförbrukningen och elförbrukningen.

### SYFTE

Mitt mål med detta arbete är därför att dels utreda lämpliga torkningsmetoder och vilka problem som då uppstår, dels att sedan utreda kostnaderna för själva torkningen. Majstorkning skiljer sig från spannmålstorkning på många sätt. Framför allt är skördevattenhalten extremt hög. Man tröskar majs med vattenhalter mellan 30 % och 40 %. Dessutom är majs kärnan betydligt större än spannmåls kärnan. Detta gör att man får problem med att få allt vatten i centrum på majs kärnan att vandra ut till ytan på kärnan. Därför är behovet stort av kunskap inom majstorkning i Sverige.

### FRÅGESTÄLLNINGAR

Följande frågor undersöks:

- 1 Vilken typ av tork motsvarar majstorkningens behov?
- 2 Vilka problem kan uppstå vid majstorkning?
- 3 Vad kostar det att torka majs?
- 4 Hur torkas majs utomlands?

## AVGRÄNSNING

Jag kommer inte att beröra odlingstekniken alls. På det området finns redan stor kunskap i Sverige, den betydligt vanligare formen av grödan, ensilagemajs har bidragit till t ex sort och ogräsförsök.

Ekonomi i odlingen kommer bara att undersökas vad det gäller torkkostnaden, den är i och för sig är den största enskilda utgiften i odlingen.

Tröskningen av majs är intressant men ganska enkel att utföra så det kommer inte heller att tas upp. En skonsamt tröskad vara är dock viktigt för en lyckad torkning.

## LITTERATURSTUDIE

Majs är moget och tröskbart när vattenhalten sjunkit till 35 %. Med det menas att inlagringen av näring i majs kärnan helt avstannat och att vattenhalten inte sjunker av plantans egen kraft. Men för att kunna lagras en längre tid måste kärnmajs ner i vattenhalter under 15 %. I USA väntar många odlare med att börja tröska tills vattenhalten är nere i 28 % innan man börjar tröska. Vattenhalten sjunker sedan utmed hösten och medelvattenhalten över en hel säsong är ett normalår är 20-22 % (Indiana). Vid så här låga vattenhalter kan enklare torksystem som t ex att torka direkt i lagringssilos med tillsatsvärme och omrörningssystem i silosen, detta system kallas torksilos i Sverige. Man kan givetvis starta skörden senare på hösten när majs torkat mer för att spara torkkostnader men man riskerar då att skörda vid dåligt väder på senhösten med ökade skördeförluster som följd (grödan kan lägga sig vid storm, kolvar kan ramla av vid övermognad mm. (Uhrig & Maier 1992)

Tabell 1 visar energiåtgången vid torkning av majs. Värdena gäller schakt-tork med 100°C ingående lufttemperatur. (Uhrig & Maier 1992)

**Tabell 1. Energiförbrukning (kWh) per borttorkat kg vatten**

Utgående vattenhalt	Ingående vattenhalt				
	22 %	24 %	26 %	28 %	30 %
13 %	1,35	1,26	1,23	1,18	1,14

Tabellen beskriver energiåtgången för majstorkningen vid ingående vattenhalter på mellan 22 och 30 % och utgående vattenhalt på 13 % vattenhalt. Vid svenska förhållanden är vattenhalter vid skörd under 30 % ganska ovanliga enligt min erfarenhet.

Den kärnmajs som odlas i Europa, framförallt norr om alperna tröskas generellt med höga vattenhalter. Man siktar på sena sorter med hög avkastning för bästa ekonomi (Thorell pers. med. 2006). Torkningskostnaderna kan uppgå till en tredjedel av utgifterna i odlingskalkylen. Det är därför viktigt med en effektiv tork. Enligt Böckelmann (2006) kan man genom att isolera torken spara mellan 8 till 20 procent av energibehovet beroende på vilken torktyp man torkar med och om torken står utomhus eller inomhus. Det är kallare på hösten när man torkar majs jämfört med spannmålsskörden på sensommaren så isolering är extra motiverat då majs ska torkas. Noggrann mätutrustning på torken är också viktigt för att man ej ”övertorkar” eller att torkar för lite. (Böckelmann 2006)



Gramatte, Häuser & Niethammer (2003) har utfört en test på majstorkning där man bland annat uppmätte det specifika energibehovet för att torka bort en liter vatten ur majs. Man utförde testet på en tork av märket Riela. Modellen var en kontinuerlig tork som var isolerad.



Figur 1. Tysk tork, Riela

Försöksresultaten baserades på ett genomsnitt under sex timmars kontinuerlig drift. Inluftstemperaturen man använde sig av var 150,7 grader Celsius, det är den högsta temperatur jag sett användas i en tork. Den ingående vattenhalten på majsens var 34,6 % och den utgående var 15,6 %. Den specifika energiförbrukningen (inklusive elenergi för motorer) blev **1,09 kWh/kilo H<sub>2</sub>O** borttorkat. Man torkade majsens i ett svep ner till 15,6 % men de svenska erfarenheterna talar för att torka majs i två omgångar. (Gramatte, Häuser & Niethammer 2003)

## MATERIAL OCH METOD

Jag gjorde hösten 2005 ett eget försök där jag ville mäta förbrukningen av olja och el vid torkning av kärnmajs. Eftersom vi hemma på gården investerat i en tork till säsongen 2005 så kunde jag göra mina mätningar på den.

Denna tork är en finsk mobiltork av märket Mepu. Det är en cirkulerande satstork med följande kapaciteter: elevator 60 ton/h, panneffekt 500 kW, volym/sats 26 m<sup>3</sup>. Majsen som försöket utfördes på hade före torkning en vattenhalt på 29 %, den hade efter torkningen en vattenhalt på 13 % och vägde efter torkning vid leverans till lantmännen 19420 kg.

Utförande:

Vid mätningen av elförbrukningen hade jag en elmätare på torken under hela majsskörden. Då vi hade torkat färdigt majsen så noterades antalet kWh som gått åt. Vid mätningen av oljeförbrukningen använde jag mig av två vågbalkar, en foderpall och en 1000 liters plastcontainer. Jag fyllde dunken med dieselolja, vägde den på vågbalkarna och lät torkens brännare suga diesel ur dunken. När majsen var färdigtorkad vägdes dieseloljan som återstod i dunken.



1000 liters plastcontainer.



Foderpall på vågbalkar. (Majsbord på tröskan i bakgrunden)

## KALKYL FÖR ENERGIKOSTNAD VID MAJSTORKNING

### Förutsättningar:

Oljepris 5 kr/liter Oljeförbrukning 0,18 liter olja/kg borttorkat vatten.

Elpris 0,5 kr/kWh Elförbrukning 0,105 kWh/kg borttorkat vatten.

Värdena i kolumn **E, F, I, J, K**, är beräknade på färdigtorkad vara.

Pris/ton Majs (vh. 13 %): 1650 kr.

<b>A</b>	<b>B</b>		<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Vattenhalt	Kg våt majs	=	Kg vid 13 % vh.	Kg borttorkat H <sub>2</sub> O	l. olja/ton	El, kWh/ton
27 %	1000	=	839	161		
28 %	1000	=	828	172		
29 %	1000	=	816	184	41	19
30 %	1000	=	805	195		
31 %	1000	=	793	207		
32 %	1000	=	782	218		
33 %	1000	=	770	230		
34 %	1000	=	759	241		
35 %	1000	=	747	253		
36 %	1000	=	736	264		
37 %	1000	=	724	276		
38 %	1000	=	713	287		
39 %	1000	=	701	299		
40 %	1000	=	690	310	50	23

<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>
F.d. vh.	% nedtorkat	Kr/nedtorkad %	K/1650 i %	Kostnad/ton	Lantmännen
27 %	14 %				
28 %	15 %				
29 %	16 %	13,3	13 %	212	216/326
30 %	17 %				
31 %	18 %				
32 %	19 %				
33 %	20 %				
34 %	21 %				285/450
35 %	22 %				
36 %	23 %				
37 %	24 %				
38 %	25 %				
39 %	26 %				
40 %	27 %	13,8	16 %	263	383/625

FÖRKLARING ENERGIKALKYL

Denna kalkyl baserar sig helt och hållet på de siffror som mina mätningar leder fram till (0,105 kWh + 0,18 liter olja/kg borttorkat H<sub>2</sub>O) och priserna på energin är givetvis utan moms och att energiskatten är borttagen. Man kan ur kalkylen utläsa vad det blir av 1000 majs vid vattenhalter från 27 % upp till 40 %, skördevattenhalter utanför detta intervall är högst ovanligt vid odling i Skåne så jag har valt att begränsa mig där. För att undvika torkningsavgift vid leverans åt exempelvis Svenska Lantmännen måste man leverera en vara med vattenhalt max 14 procents vattenhalt. Det är mycket svårt att i praktiken alltid hamna på 13,9 så man torkar i regel lite extra för att ej riskera eventuell torkningsavgift, detta gör att vattenhalt vid leverans ofta hamnar kring 13 procent i stället. Därav har jag i kalkylen räknat med en slutvattenhalt på 13 procent. **Eftersom det inte åtgår olja linjärt med stigande vattenhalt (Persson pers. medd. 2006) är bara raden för 29 % vattenhalt tillförlitlig.** Men kalkylen är ändå intressant om man vill se t ex volymförhållandet mellan torr och våt majs eller kostnaden vid olika oljeförbrukningar.

#### Kolumn A

*Vattenhalt.* Denna kolumn visar ingående vattenhalt på nytröskad majs. 2005 tröskade vi hemma med en medelvattenhalt på cirka 30 % medan vattenhalten var cirka 40 % året innan hösten 2004.

#### Kolumn B

*Kg våt majs.* Siffrorna i kalkylen beräknas med hjälp av 1000 kg våt otorkad majs.

#### Kolumn C

*Kg vid 13 % vh.* I denna kolumn ser man hur många kilo vara som blir kvar av de ingående 1000 kilona när de torkats ned till 13 % vattenhalt.

#### Kolumn D

*Kg borttorkat H<sub>2</sub>O.* Här kan man se hur många kg vatten som ska torkas bort från ett ton våt majs vid vattenhalter mellan 27 % till 40 %. Det är alltså stor skillnad på att torka majs med 27 % vattenhalt eller med 40 % vattenhalt. Man kan även genom att flytta decimaltecknet ett steg åt vänster se hur många procent av vikten som försvinner av den våta varan om den ska torkas ned till 13 procents vattenhalt. Exempel: Majs med vattenhalten 33 % tappar 23 % av vikten då den torkas ned till 13 % vattenhalt (230 liter vatten torkas bort av 1000 kg majs ger att 23 % av vikten blir borttorkad).

#### Kolumn E

*Liter olja / ton.* I denna kolumn ser man hur mycket eldningsolja per färdigtorkat ton majs det går åt för att torka ned varan till en vattenhalt på 13 %. En eventuell odlingskalkyl bör ju basera sig på hur många kilo färdigtorkad majs ett hektar kan producera och därför presenteras också oljeförbrukningen på torkad vara.

**Kolumn F**

*El, kWh/ton.* Kolumnen är beräknad som kolumn E men här ser man elförbrukningen per färdigtorkat ton i stället.

**Kolumn G**

*F.d. v.h.* Dessa siffror är bara till för att man inte ska tappa bort sig när man följer raderna.

**Kolumn H**

*% nedtorkat.* Här ser man hur många procentenheter den våta majsens ska torkas ned.

**Kolumn I**

*Kr/nedtorkad %.* Siffrorna visar värdet i H dividerat med de i K

**Kolumn J**

*K/1650 i %.* Här ser man hur stor del av värdet på ett ton majs som energikostnaden uppgår till. Priset på ett ton majs är satt till 1650 kr.

**Kolumn K**

*Kostnad/ton.* Resultatet av mitt försök presenteras här, det vill säga vad energikostnaden vid olika vattenhalter är om man torkar den i egen tork på gårdsnivå. Kostnaden för att torka majs är starkt skiftande beroende på vattenhalten. Kalkylen för odlingen är alltså ganska känslig för med vilken vattenhalt man lyckas tröska sin majs.

**Kolumn L**

*Lantmännen.* Här kan man jämföra med vad det hade kostat att torka på Svenska Lantmännen, den låga kostnaden motsvarar deras avgiftsskala för spannmål och den höga motsvarar baljväxtskalan. Man har på Lantmännen inte bestämt sig för vilken man ska använda sig av för majstorkning.

**INTERVJUER**

## TORD PERSSON

Tord Persson driver en växtodlingsgård i västra Skåne mellan Landskrona och Kävlinge. Jag intervjuade honom den 13 mars 2006. På gårdens drygt 200 hektar provodlades det kärnmajs på ett par hektar år 2004. Han utökade odlingen till 18 hektar 2005. Huvuddelen av skörden 2005 såldes till Lantmännen men en liten del används som viltfoder. Tord har en egen torkanläggning så därför väljer han att torka majsen själv i stället för att sälja den våt till Lantmännen.



Figur 2. Torkanläggningen hos Tord Persson

Torkanläggningen har en lagringskapacitet på ca 1200 ton och torken är en kontinuerlig ”8 tons” tork av märket Cimbria, torkpannan körs på eldningsolja och har kapaciteten 500 kW.

Tord har erfarenheten att nytröskad våt majs som får ligga kvar i vagnar börjar ”ta värme” ganska så fort dvs. att den börjar brytas ned. Han menar att majsen omedelbart bör torkas efter tröskning. Han tröskar därför inte fler ton än torken hinner torka per dag. Våt majs (30-40 % vh.) torkar han först ned till cirka 23 % vattenhalt, därefter får den ”vila” ett par dagar. Detta för att de stora majs kärnorna torkar i ytan men inte inuti vid torkning. Han har försökt att torka ned majsen på en gång ned till 13 % men ej lyckats, torkprocessen avstannar nästan då majsen kommer ned mot dryga 20 % i vattenhalt, den är då torr utanpå kärnorna men ej i mitten. Därför så, när den halvtorra majsen har lagrats ett par dagar och vattenhalten jämnat ut sig i kärnorna så torkas den en andra gång, nu ner till ca 13 % vh.

Själva torken är en kontinuerlig tork men då majsen ska torkas kör han den som om den vore en cirkulerande satstork där var sats väger cirka 10 ton. Detta innebär att varan som kommer ut ur torken åker tillbaka till intaget i toppen på torken igen. Så här cirkuleras

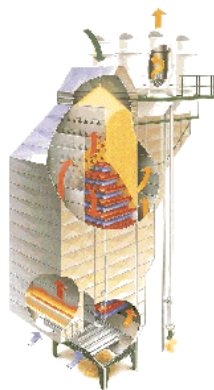
satsen tills den når önskad vattenhalt. När det är dags för att byta sats gör han ett ”flygande satsbyte”, det innebär att då han tömmer ur satsen ur torken fyller han på med ny våt majs uppifrån. När den våta majsen börjar närma sig botten på torken börjar han återcirkulera varan igen. Med denna metod slipper han att stänga av pannan vid satsbyte och utnyttjar då pannan effektivare på detta sätt. Den ingående luften i torken brukar han värma till 77 grader och då den utgående luften når upp till cirka 45 grader brukar majsen vara nere på 13 % vattenhalt.

Vad det gäller bränsleförbrukning har Tord följande erfarenheter: år 2004 som var ett år med höga vattenhalter, runt 40 %, så var oljeåtgången cirka 50 liter olja per ton färdigtorkad vara.

År 2005 tröskades majsen med 30 % vattenhalt och då förbrukades cirka 40 liter olja per ton färdigtorkad vara vilket motsvarar ca 0,18 liter olja/liter borttorkat vatten

Tord menar att han la ner mer tid i torken på de ca 130 ton majs som han torkade hösten 2005 än på de ca 1100 ton spannmål som han torkade tidigare samma höst. Detta beror på att majsen kräver mer passning vid torken och att fler problem uppstår. Bland annat har han kört stopp i flera elevatorer. Majs betar sig annorlunda i elevatorer och transportörer än vad vanlig spannmål gör, och dessutom rinner majs olika fort vid olika vattenhalter. T ex hans kedjeelevator i tippgropen ”slukar” i sig mer majs än vad torkanläggningens topptransportör hinner med. Detta medför att han måste tippa i majsen försiktigt i gropen så den inte får för mycket material på en gång. Tord ska dock inför säsongen 2006 investera i en ny tippgrop med reglerbart utlopp. Ett annat ställe där han kört stopp i torkanläggningen är i tömningsskruven på våtfickan. Denna skruv skruvar ut mer majs än vad efterkommande elevator hinner ta emot vilket gör att den överbelastas och motorskyddet löser ut. Skruven har drevats ner en gång men den skulle behöva drevas ned ännu en gång.

Den 20 mars 2006 gjorde jag en intervju med Per Liljemarker som är siloansvarig på Lantmännens spannmålsanläggning i Alstad, Skåne, en anläggning med en lagringskapacitet på 17 000 ton. Man har här hanterat majs sedan sex år tillbaka. Här torkas och lagras majs från Söderslätts bönder, man säljer det sedan vidare till Lantmännens dotterbolag Doggy i Vårgårda. Det började med några tiotals ton i början av 2000-talet men har sedan ökat till 1100 ton år 2005 och man har inför säsongen 2006 planerat att ta emot mellan 1500 och 1600 ton kärnmajs i Alstad.



Figur 3. Princip för kontinuerlig balktork.

Torken är en fransk tork av märket LAW. Den är en balktork anpassad för storkärniga grödor och den köptes in för att torka ärtor som var en stor gröda på söderslätt vid inköpet. Värmekällan är direktverkande gas och värmeeffekten är 5 MW och cirka 70 ton spannmål krävs för att fylla upp den.

Per liksom Tord menar att nytröskad majs bör torkas så fort som möjligt, men om odlare tillfälligt levererar mer än vad torken hinner torka så lägger man den utomhus på platta. För att undvika varmgång i dessa majshögar så jämnar man ut majsen på plattan med lastmaskin så att den inte ligger mer än 50 cm tjockt. Detta gör att kall uteluft kan tränga ned i varan och den klarar då att ligga våt och otorkad några dagar utomhus utan att ta värme. Majsen går direkt från plattan till torken utan att mellanlagras i våtficka. Varan torkas sedan kontinuerligt ned till cirka 22 % vattenhalt. Nu har den enligt Per andra egenskaper som gör att den kan förvaras i en lagringsficka utan att den går varm. En förutsättning är dock att fickan går att kyla med kallluft. Per menar att majsen bör ligga och ”vila” så här i minst fem dagar för att vattenhalten ska jämnas ut sig i kärnorna. Sedan kan man torka den en andra omgång då den torkas färdigt ned till lagringsduglig vattenhalt.

För att inte skada majsen när den passerar torken låter Per mäta temperaturen i varan då den passerar igenom torken. Han vill inte låta den stiga över 60 grader, då kan majsen ta skada av värmen. Men eftersom den avdunstning av vatten som sker på kärnorna när de torkas kyler kärnorna, kan temperaturen på den ingående luften vara uppåt 120 grader ibland. I hela torkanläggningen använder man sig av elevatorer med låga remhastigheter, detta för att minimera skador som lätt uppstår då storkärniga grödor



torkas. Vikten av aspirationavfallet på de ca 1100 ton majs som torkats 2005 i Alstad uppskattar Per till ca 15 ton alltså cirka 1,4 % av vikten bortrensat.

Vad det gäller energiåtgång så förbrukades det ca 6000 m<sup>3</sup> gas till de 1100 ton majs man torkade hösten 2005. Medelvattenhalten då majsen togs emot finns ingen statistik på men jag uppskattar den till runt 31 % med hänvisning till den majs vi torkade själva i Västra Hoby. För övrigt så berättade Per att eftersom det uppstår stora mängder ånga vid torkningen så har det faktiskt hänt att förbipasserande har ringt brandkåren då de har trott att det brann i anläggningen...



Figur 4. Ångbildning vid majstorkning, USA

## VÄSTRA HOBY 6

Jag bor på en gård norr om Lund där min far Bengt Åkesson driver växtodling på 145 hektar. I växtföljden ingår 20 ha kärnmajs som odlas på kontrakt åt Svenska Lantmännen. Vi började odla majs 2003 på 5 ha. 2004 ökade vi odlingen till 8 ha, det blev en kall sommar med sen skörd i november som följd. Vattenhalten vid skörd var över 40 % och torkavgiften från lantmännen blev 410 kronor per ton färdigtorkad majs. Vi beslutade därför att införskaffa en egen torkanläggning till skörden 2005 för att spara pengar på torkningen.

Valet föll på en mobiltork, denna tork är en finsk mobiltork av märket Mepu. Det är en cirkulerande satstork med följande kapaciteter: skopelevator 60 ton/h, panneffekt 500 kW med en fläkt som ger 24000 m<sup>3</sup> luft per timme, volym/sats 26 m<sup>3</sup>, volym i tippgropan 9 m<sup>3</sup>. Hela torken är isolerad för att minska energiförlusterna. Torken är utrustad med sugfläktar på utluftsidan av torken så det råder undertryck i torken, en aspiratör finns monterad ovanpå torken för att avlägsna smuts.



Figur 5. Mobiltorken uppiggad i på VästraHoby 6 hösten 2005.

Vi torkade cirka 650 ton spannmål och cirka 150 ton majs hösten 2005. Vid spannmålsskörden använde vi gårdens maskinhall som "våtficka". När det var dags att torka en sats fyllde vi tippgropan med våt spannmål från maskinhallen med hjälp av lastmaskin. När sedan satsen var färdigtorkad lastade vi ut den på vagn för vidare transport till Lantmännen (200 ton malkorn) eller gårdens eget lager (450 ton vete i Berggrensolisar och i planlager). I september och oktober var vädret mycket varmt för årstiden så vi kunde börja tröska redan i mitten på oktober med en vattenhalt på 31 %. När den sista majsen tröskades i mitten på november var vattenhalten cirka 29 %. Alltså torkar inte majsen nämnvärt mer på fältet efter slutet på oktober då vädret blivit kallare ner mot 0 grader. När majsen tröskades och torkades använde vi oss av två högtippande vagnar som levererade nytröskad majs direkt i tippgropan. Vi tröskade inte mer än vad torken han med att torka undan för dagen. Vår erfarenhet är att nytröskad majs bör torkas inom max ett dygn för att det inte ska bli varmgång i den. Inställningarna på torken var följande: Temperatur på inluften 80 grader. Då temperaturen på utluften stigit till ca 45 grader hade majsen en vattenhalt på strax under 14 %.

Att torka majs innebär en större utmaning än att torka vanlig spannmål. Ett problem som uppstod var elevatorstopp. Skruven som sitter under torken ska transportera ut varan till elevatorn. Detta fungerade bra när vi torkade säd men när vi körde majs i torken matade skruven mer vara än elevatorn kunde ta emot. Man såg en tydlig skillnad på hur majsen rann in i elevatorn från groptransportören. Nytröskad majs rann trögt med stor rasvinkel, majs som var torkad en gång och hade en vattenhalt på en bit över 20 % rann mycket fortare och liknar mer färdigtorkad majs när det gäller förmåga att rinna i störtrör och transportörer. Ett annat problem var att knappen till sugfläktarna var frånslagen av okänd anledning. Därför uppstod övertryck i torken och varm fuktig och skitig luft åkte runt i elevator och andra delar av torken. På ytorna inne i elevator och torktaket byggde smutsen upp ett tjockt lager av skit. Aspiratören sattes igen av smuts så den förlorade sin funktion.

## RESULTAT

### 1 Vilken typ av tork motsvarar majstorkningens behov?

Eftersom majs (kärnmajs) tål höga temperaturer vid torkning så är stor panneffekt och hög kapacitet fördelaktigt. Majs med höga vattenhalter tar tid att torka ned så torkens kapacitet avgör helt och hållet hur fort man kan utföra skörden. Vidare så är det viktigt för bränsleekonomin att man har en hög verkningsgrad på panna och tork, isolerad tork kan spara bränsle. Om torken är en balktork eller schakttork spelar ingen större roll men det är viktigt att varan rör sig t.ex. cirkulation i en satstork eller en kontinuerlig tork som varan hela tiden rör sig i. Om majsen står stilla som det gör i en vanlig satstork kan de kärnor som ligger närmast varmluftens inlopp bli överhettad och en viss risk för att majsen ”hänger sig” mellan torkbalkarna finns också.

Torkad majs är skör och känslig så all transport i torkanläggningen bör ske med skonsamma elevatorer och transportörer för att minimeras krossning av majsen. Kedjetransportör är att föredra framför t ex U-skruv. Långsamgående skopelevator är bättre än kedjeelevator. Otorkad vara bör inte mellanlagras utan gå direkt till torken, man bör därför inte tröska mer för dagen än vad torken hinner torka undan. Om det är möjligt kan man kyla majsen i slutlagret och inte i torken för att minska andelen skadade kärnor.

### 2 Vilka problem kan uppstå vid majstorkning?

En stor utmaning med majstorkning är den höga skördevattenhalten. En medelvattenhalt i västra Skåne, sett över en flerårsperiod bör vara cirka 34 %. Detta medger att man med torkar av den typ som är vanliga i Sverige (torkar där man kanske inte kan använda mer än max 80 gradig inluftstemperatur och man inte återcirkulerar avgaserna) måste torka majsen i två omgångar för att lyckas få vattnet att ta sig ut från centrum till ytan på de stora majs kärnorna, man bör låta varan ”vila” minst fyra dagar mellan torkningarna.

Varmgång i partier med våt majs uppstår fort. Därför ska majs torkas direkt efter tröskning. Majs som är nedtorkad till vattenhalter en bit över 20 % kan lagras i silos/fickor i minst en vecka förutsatt att de kan kylas väl. Risker att det hänger sig och fastnar vid tömning i lager finns men som sagt kylning är viktigt.

Problem med stopp i elevatorer och transportörer uppstår lätt därför att majs rinner och flyter annorlunda än spannmål. En transportskruv får en högre kapacitet än vanligt vid majshantering och kan därför orsaka övermatning i nästföljande transportör. Sammanfattningsvis tycks drabba kedjeelevatorer. De ”slukar” i sig mer vara än vad efterföljande transportörer klarar av. Det är därför bra om man kan begränsa flödet i början av ett transportsystem t ex i tippgropens utlopp.

### 3 Vad kostar det att torka majs?

Med den information som finns att tillgå så är det svårt att få fram en riktig torkskala med kostnader och bränsleförbrukning vid vattenhalter mellan exempelvis 27 och 40 procent så därför beräknar jag ett medelvärde över en flerårsperiod på 34 % vattenhalt. Jag utgår från att en bränsleförbrukning på 45 liter olja per färdigtorkat ton majs vid denna vattenhalt. Detta bör vara ett rimligt värde med tanke på att det vid 29 % vattenhalt gick åt cirka 41 liter olja per ton majs och att Tord påstår att det i hans tork gick åt cirka 50 liter olja per torkat ton då majsen hade en ingående vattenhalt på cirka 40 %. Det ger enligt mitt försök med Meputorken en kostnad för el och olja på cirka 235 kronor per torkat ton majs. Att torka detta på lantmännen i stället skulle kosta 285 respektive 450 kr/ton beroende på om man ser på deras torkskala för spannmål eller baljväxter.

### 4 Hur torkas majs utomlands?

I USA som är en stor majsproducent odlas huvuddelen av majsen i de stora majsbältena väst och sydväst om de stora sjöarna. I dessa områden har man ett inlandsklimat som är ganska så varmt och torrt på sommarhalvåret vilket leder till lägre vattenhalter vid skörd, Man har en medelvattenhalt som är tio % lägre än i Sverige vid skörd (Uhrig & Maier). Detta medger en billigare torkning som dessutom kan genomföras i ett svep utan att man behöver torka majsen två gånger. Eftersom man ofta har lägre vattenhalter torkar man på många gårdar direkt i lagringssilos med tillsatsvärme och omrörningssystem i silosen, detta system kallas torksilo i Sverige

(Thorell pers. medd. 2006).

### *ENERGIÅTGÅNG*

Enligt mitt försök gick det åt 789 liter olja för att torka ned en sats som vägde 19420 kg då den var färdigtorkad. Detta ger följande beräkning:  
 $19420 \cdot 0,87 = 16895$  kg TS.  $16895 / 0,71 = 23797$  kg nytröskad majs med vh. på 29 %.  
 $23796 - 19420 = 4376$  kg borttorkat vatten.  $789 / 4376 = \mathbf{0,18}$  liter olja förbrukad per kilo borttorkat vatten.

Elenergin som gick åt under majsskörden 2005 var 2523 kWh. Dessa dividerades sedan med antalet kilo vatten som torkats bort vid årets majsskörd (24028 kg). Detta gav en elförbrukning på **0,105 kWh/kg** borttorkat vatten.

## RÅD

Man kan på olika vis försöka reducera kostnaderna och öka kapaciteten för majstorkning, jag redovisar här ett par förslag från Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs i Kanada OMAFRA.

Det är viktigt att välja sorter med tidigare mognad för att kunna tröska till lägre vattenhalter på hösten. Detta leder dock till en lägre skörd så det är ingen vanlig metod då en högre skörd betalar en hög torkningskostnad. (OMAFRA 2005)

En annan metod är att välja att bara torka med majs till en bit under 18 % men detta kräver att man kan lufta sitt lager väl och att man förbrukar majs inom några månader. Detta sätt att hantera majs sparar bränsle vid torkningen men passar kanske främst djurbönder, på den öppna marknaden ska majs inte innehålla mer än 14 % vatten (Lantmännens krav, Sverige). (OMAFRA 2005)

Det är viktigt att tröska en ren vara utan kross och växtrester, smuts kostar också att torka. Dessutom får man jämnare luftflöden i torken om man har en ren vara. (OMAFRA 2005)

Man bör även undvika övertorkning. Det kostar mycket bränsle eftersom majs är svårtorkat vid låga vattenhalter bland annat pga. den stora kärnstorleken och det hårda stärkelsen i ytan på kärnan. Övertorkning försämrar även kvaliteten på varan, kärnorna spricker lättare och går sönder. En annan nackdel med övertorkning är att det vatten som torkas bort i onödan är vatten som man annars skulle ha fått betalt för på avräkningen. Man bör härav se till att ha en vattenhaltsmätare som fungerar bra då man ställer in torken. (OMAFRA 2005)

Man kan även utnyttja så kallad dryeration. Detta innebär att man torkar majs, låter den vara i minst fyra timmar och sedan kyler den. Detta gör att majskärnorna ligger varma och svettas i några timmar efter torkningen, man kyler sedan majs och ytfukten försvinner. Man vinner på detta sätt någon procent gratis vid torkningen och man ökar kapaciteten vid torkningen för man kyler den vid ett senare tillfälle. Problem kan uppstå med kondens i kylningssilosens tak och väggar (speciellt vid kall väderlek) så majs bör ej ligga kvar och långtidslagras i samma silos. (OMAFRA 2005)

Ytterligare en metod är att återvinna värmen i den varma men våta utluften på torken och överföra denna energi till torkens inluft. Denna metod kan spara upp till 30 % av energiåtgången men en sådan värmeväxlare blir stor och dyr att tillverka. (OMAFRA 2005)

Om din majs ska användas till foder kan höga torktemperaturer utnyttjas i torken. Upp till 120 grader på ingående luft i torken går bra. Det är effektivare att torka med höga torktemperaturer än med låga. (OMAFRA 2005)

## DISKUSSION

Det mest intressanta med denna undersökning tycker jag är resultatet av de intervjuer jag gjort och min undersökning. De ger en intressant bild av hur man bör gå till väga om man ska torka majs. Många bönder är intresserade av att odla kärnmajs men tänker nog inte på att torkningen drar med sig stora kostnader och en hel del arbete... Min tanke med arbetet var från början att kunna ta fram en perfekt torkskala vid olika vattenhalter men det slutade med att jag antog en medelvattenhalt och utgick från denna vid beräkningen av kostnaden för torkning. Vidare så har lantmännen inte ännu någon riktig torkavgiftsskala för majstorkning så dom utgår ifrån skalan för baljväxter alternativt den för spannmål. Man kan anta att dom i framtiden tar fram en riktig avgiftsskala men till dess är det lite svårt att jämföra mitt försöksresultat med deras avgift för torkning av majs.

Om man i framtiden gör försök på majstorkning vore det intressant om man började en höst med låga vattenhalter att tröska och torka med hög vattenhalt samtidigt som man uppmätte bränsleförbrukningen. Sedan kunde man göra mätningar på majstorkning med vattenhalter ända ner till kanske 30 % vattenhalt ett gynnsamt år. Detta kunde sedan ligga till grund till Lantmännens torktaxor eller för en lantbrukare som torkar åt andra odlare. Men eftersom tröskmajs är en liten gröda i Sverige kommer nog ingen att vilja göra ett sådant försök, möjligtvis kan lantmännen själva föra loggbok i sin egen tork i Alstad om man införskaffade sig en bra mätutrustning som kunde mäta bränsleförbrukningen kontinuerligt. Eventuellt kan det finnas information i Frankrike men detta har inte varit något alternativ för mig eftersom mina kunskaper i franska är obefintliga.

Slutsatsen av mitt arbete är följande: Man bör torka majs med höga torkluftstemperaturer för att vara energieffektiv. Man bör även ha skonsamma transportsystem i sin anläggning för att undvika att de sköra majs kärnorna krossas. Problem kan uppstå med varmgång i våta partier av majs så man bör ej skörda mer majs per dag än vad man hinner torka. För att få ut allt vatten ur kärnorna behöver man torka majsen i två omgångar. Slutligen kan man under ett normalår räkna med en torkningskostnad (endast energi) på cirka 250 kr per färdigtorkat ton.

## REFERENSER

### SKRIFTLIGA

Ackerman R. (2005) Rechnen lohnt sich. MAIS, NO 3. 80-81

Böckelman M. (2006) Der trockner als "BLACK BOX". MAIS 1. 14-17

Hugger H. (2005) Trocknung-der kostenfaktor im maisanbau. MAIS NO 3. 76-79

Schnellhammer R. (2006) Körnermais: Der Vorsprung schmilzt, aber nicht ganz.  
Top Agrar NO 2. 30-32

### HEMSIDOR

Kenneth J. Hellevang. (2006)

<http://www.smallgrains.org/TECHFILE/Storage2.htm> (mars 2006)

Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs OMAFRA. (mars 2006)

<http://www.ontariocorn.org/CornConnection/main.html> (april 2006)

Harold A. Cloud, extension agricultural engineer and R. Vance Morey, associate professor.<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems>

Winfried Gramatte, Sven Häuser & Friedrich Niethammer. <http://www.dlg-test.de/200302/2003022223.pdf> (april 2006)

### MUNTLIGA

Torell, Hans, utsädesavdelningen, Svenska Lantmännen, feb 2002

## Intervjufrågor

### *Frågor*

1 Namn, Gård

2 Hur länge har du odlat kärnmajs, hur många ton torkas per år, åt vem.

3 Hantering: satstork, ton/sats, antal torkningar, fickor eller löst.

4 Tork: typ, bränsle, energiförbrukning, lufttemperatur in, ut.

5 Problem som uppstår, elevatorer, hängning, varmgång,

Datum