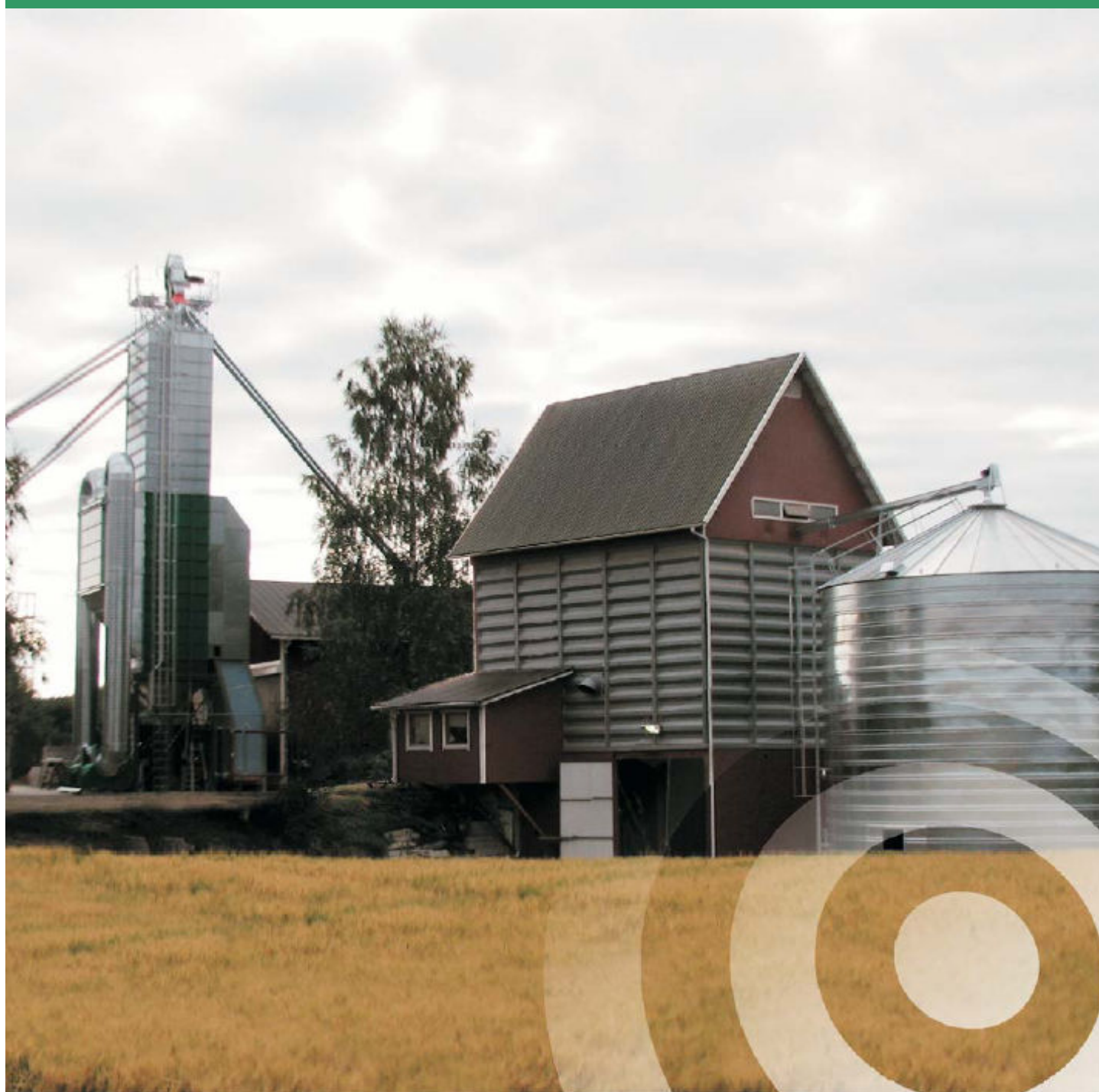


# Guide för spannmålstorkning med inhemskt bränsle

(förkortad version)





© Metsäkeskukset

Redaktör: Esa Koskiniemi, Kehittyvä metsäenergia-hanke  
Redaktionsteam: Hannu Ala-Talkkari, Veljekset Ala-Talkkari Oy  
Jussi Esala, SeAmk  
Petri Heikkilä, Biofire Oy  
Matti Huvinen, Koja Oy  
Markku Koivisto, Mepu Oy  
Kari Kuronen, Brugg-Pema Oy  
Petri Piipari, Säättö tuli Oy  
Jarmo Rintamaa, Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitos  
Juhani Törmä, SeAmk  
Juha Viirimäki, Kehittyvä metsäenergia-hanke

Pärmbild: Esa Koskiniemi, bildbehandling Jorma Anttoora

ISBN: 978-951-98723-3-9 (häftad, obs finsk upplaga)  
978-951-98723-4-6 (pdf, finsk upplaga)

Svensk översättning: Bioenergi Kusten, Kustens skogscentral

## Innehåll

<b>Förord</b> , Esa Koskiniemi	4
<b>Spannmålstorkning i teorin</b> , Jussi Esala	5
<b>Bränslealternativ</b> , Juha Viirimäki	8
<b>Inhemsk alternativ för spannmålstorkning</b> ,	
1 Luftugnar, Markku Koivisto	10
2 Radiatorlösningar, Hannu Ala-Talkkari	12
<b>Lönsamhet</b> , Esa Koskiniemi	14

## Förord

Vid varmluftstorkning av spannmål används allmänt lätt brännolja. Prisstegringen på olja och de stora prisfluktuationerna har fått odlarna att fundera på alternativa bränslen för spannmålstorkningen.

Under de senaste åren har fördomsfria odlare fungerat som vägvisare genom att visa att det är möjligt att torka spannmål även med inhemska bränslen. För tillfället uppskattar man att det finns ca 100 fungerande enheter i Finland.

Under de kommande åren kommer man att i allt högre utsträckning utnyttja inhemska bränslen. Denna guide ger grundläggande vägledning för odlare, tillverkare av anläggningar och rådgivare. Guiden omfattar radiator- och varmluftsbaserade alternativ till spannmålstorkning. Guiden är skriven av aktörer i branschen.



## Spannmålstorkning i teorin

Spannmål kan endast förvaras torkat till en fukthalt på mindre än 14 % eller med hjälp av olika konserverings- eller nedkylningsmetoder. I Finland är varmluftstorkning den vanligaste konserveringsmetoden och samtidigt också den metod som är lämpligast för de flesta gårdar, eftersom torkning som utförts på rätt sätt inte innebär begränsningar i senare användning av säden.

### För att frigöra och förånga vattnet behövs energi

Spannmålstorkning är ett fysikaliskt skeende där vatten frigörs och med hjälp av värmeenergi förångas från kornets yta och från själva kornet. Energin kommer endera enbart från värmen i utomhusluften (kallluftstorkar) eller som tilläggsvärme från torkugnar (varmluftstorkar). För att få ett kilo vatten att avdunsta krävs ca 2 500 kJ energi (=förångningsenergi). Eftersom ett kilo olja innehåller ca 43 MJ energi, räcker det till för att förånga ca 17 kilo vatten, räcker å andra sidan 58 g olja till för att förånga ett kilo vatten.

Torkningsanläggningen har som uppgift att på ett lämpligt sätt sammanföra torkluften med den spannmål som ska torkas.

Det vatten som finns i kornet vid tröskningen kan grovt indelas i tre klasser utgående från bindningskraften och bindningssättet:

- Kemiskt bundet vatten så kallat kristallvatten som inte behöver, och inte heller kan avlägsnas ur kornet. Bindningarna mellan vattnet och kornmaterialet är så starka att det krävs hög temperatur och en stor mängd energi för att bryta dem. (Energimängden kan vara till och med 2–3 gånger så stor som avdunstningsenergin).
- Fysikaliskt-kemiskt bundet vatten, det vill säga vatten som är osmotiskt bundet i kornmaterialet.

(kolloidalt expansionsvatten).

Vatten som är bundet så här avdunstar till största delen under torkningsprocessen. Utom avdunstningsenergin behövs ca 1 800 kJ/kg för att frigöra vattnet ur kornmaterialet. Totalenergin är ca 4,3 MJ/kg vatten eller 100 g olja per kilo vatten.

- Fysikaliskt-mekaniskt bundet vatten som alltid avdunstar i sin helhet vid torkning av spannmål. I det här fallet finns vattenmolekylerna på kornets yta eller i de stora kapillärerna vilket gör att det vid torkningen endast behövs förångningsenergi. Om kapillärerna är mindre, krävs förutom avdunstningsenergin också separationsenergi 0–800 kJ per kilo vatten (0–20 g olja per kilo vatten).

### Torkens energiförbrukning

I verkligheten drar torken alltid mer energi än vad ovanstående låter förstå.

Förbränningen i ugnen är inte fullständig och verkningsgraden för olja är som bäst drygt 90 % och för flis drygt 80 %.

Torkugnens mantel, värmeöverföringsrörets yta, torkens varmluftshölje och torkcellens utsida är alltid flera tiotals grader varmare än uteluften, varvid den energi som bränslet ger går till spillo genom att den värmer upp uteluften. Inte heller all energi som bildas i torkens torkcell kan utnyttjas, eftersom framförallt i torkningens slutskede en del av den uppvärmda luften strömmar genom torken utan att delta i torkningsprocessen. Sammantaget går det till torkning av spannmål åt 4,5–7 MJ energi per kilo



vatten, beroende på spannmålens fuktighetsgrad, på typen av tork samt på torkens skick. Mängden motsvarar 100–160 g olja (eller 1–2 liter torr flis) per avdunstat kilo vatten.

Den vattenmängd som ska bort kan beräknas med hjälp av följande formel:

$$\frac{\text{URSPRUNGLIG FUKT \% - SLUTLIG FUKT \%}}{100 - \text{URSPRUNGLIG FUKT \%}} \times \text{TORR SPANNMÅL KG}$$

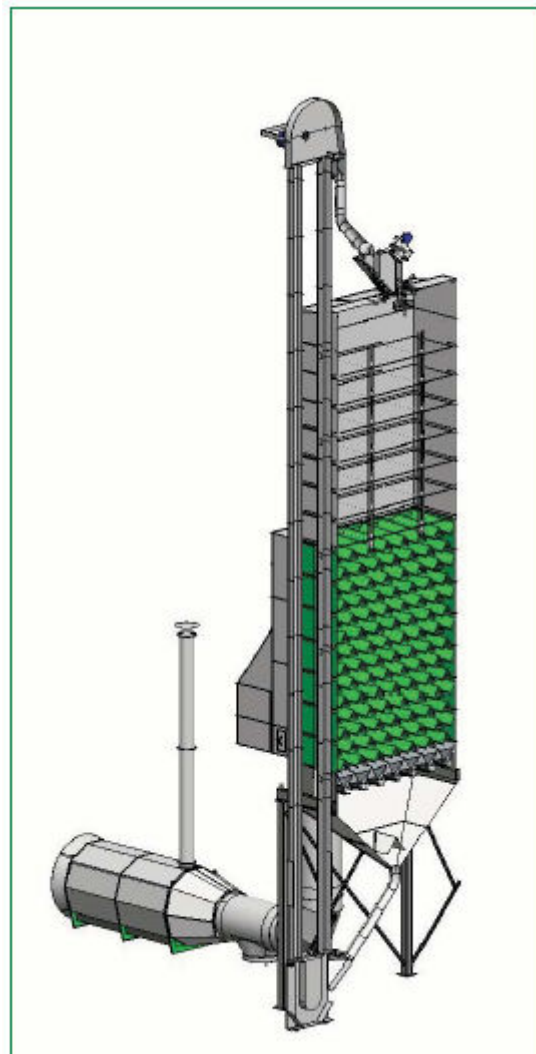
Till exempel då man torkar 10 000 kg spannmål som från början innehåller 23 % fukt, till en slutlig fukthalt på 14 % måste 1 168 kg vatten avdunstatas. Om torken använder 120 g olja per kilo vatten, går det till denna mängd åt ca 170 liter olja (ca 1,7 m<sup>3</sup> flis av god kvalitet). För att få ett riktigt slutresultat krävs alltså att man vet den exakta spannmålmängden och har ovannämnda uppgifter om fuktigheten. Det lönar sig att försäkra sig om att den nytröskade sädens fuktighet är riktigt uppmätt innan man drar några slutsatser. Om man har tillgång till en mätare för oljeförbrukningen kan man uppskatta torkens energiförbrukning genom att jämföra den förbrukade oljemängden med mängden avdunstat vatten. Ju närmare svaret ligger 100 g olja per kilo vatten, desto energieffektivare är torkningen. Då utgångsfuktigheten är hög är det lättare att uppnå denna gräns. Om bränslet utgörs av flis blir en sådan här beräkning av energieffektiviteten svårare. För att få tillförlitliga resultat måste man väga flisen och mäta fuktigheten mycket noga.

Bild 5. En modern tork försedd med vacuumugn, sedd i riktning från kallluftshöljet. Ovanpå ställningen finns tre torkceller och lagringsfickor.

## Torkens konstruktion och funktionsprincip

På bild 5 ser vi den traditionella satstorkens uppbyggnad och funktion. På ställningen finns en matningsanordning vars hastighet kan regleras. Denna skakar ner säden via bottenkonen till elevatoren.

Med tanke på energihushållningen och för att uppnå en jämn torkning, bör sädens cirkulationshastighet vara ca ett varv i timmen.



I torkugnen bränner man olja eller flis. Den energi som frigörs höjer temperaturen på luften från fläkten i önskad mån, vanligen ca 60°C. Luften förs genom en kanal till torkens varmluftshölje där den fördelas under torkcellernas varmluftsbalkar som öppnar sig som bild 6 visar. Under varmluftsbalkarna tränger torkluften genom den säd som strömmar neråt i cellen till kallluftsbalkarna på övre och undre sidan, och därifrån vidare till kallluftshöljet (kylningsfickan?) på torkens motsatta sida och vidare till avloppsröret.

Då den varma luften och den fuktiga spannmålen möts går det åt energi för att frigöra och förångna vattnet i säden. Den avgående luftens temperatur är 25–35 °C och den relativa fuktigheten nära hundra procent ända till sädens fuktighet ligger klart under 20 %. Då säden torkar ytterligare börjar den avgående luftens temperatur stiga och den relativa fuktigheten sjunka. Torkens automatik följer med någondera av förändringarna och är reglerad att i rätt ögonblick stänga värmeproduktionen i torkugnen. Därefter inleds nedkylningsfasen.

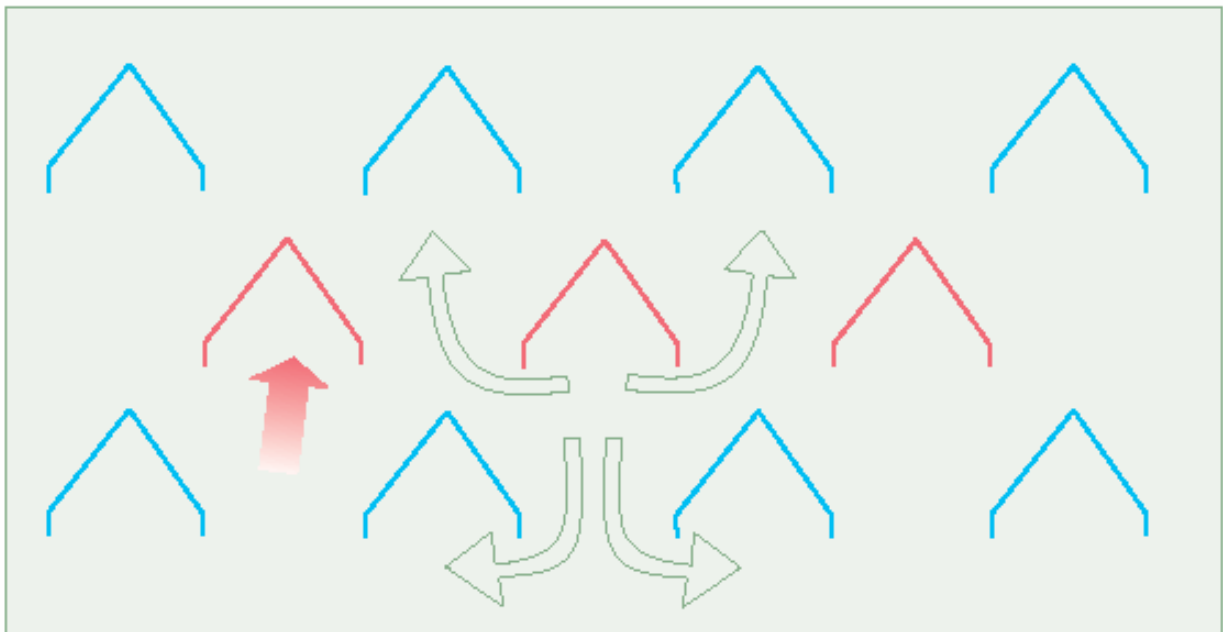


Bild 6. Luftcirkulationen i varmlufttorkens torkcell. Varmluften rör sig från varmluftshöljet upp under varmluftsbalkarna och därifrån vidare mot cellens motsatta ända samtidigt som den tränger genom spannmålsagret under kallluftsbalkarna som finns både på nedre och övre sidan.

## Bränslealternativ

Stokeranläggningen används för att mata in och förbränna bränslet både i en luftugn och i ett vattenbaserat system. Bränslet förs nästan utan undantag till brännaren med hjälp av en skruvtransportör (eller transportskruv). Skruvarnas diameter varierar beroende på modell från 100 mm till 200 mm. Detta kräver att bränslet håller en viss bitstorlek och en jämn kvalitet.

### Flera bränslealternativ och kombinationer av olika bränslen

En stoker gör det möjligt att använda ett brett urval av bränslen. Av träbaserade bränslen kan man välja mellan flis, träbriketter och träpellets. Torv kan brännas i form av bittorv eller torvpellets. Av åkerenergi kan man utnyttja spannmål och ryps samt avfallet från den förrensning som sker i samband med spannmålstorkning.

Andelen förrensningssavfall som uppstår under torkningen kan uppgå till nästan hälften av torkens bränslebehov. Med hjälp av utvecklad anläggningsteknik kan man utan problem använda olika bränslekombinationer. Energiinnehållet i olika bränslen framgår av tabellen.

### Många kubik betyder maskinell hantering

Inhemska bränslen har en anspråkslösare energitäthet än olja. Under torkningen måste man hantera stora mängder bränsle, vilket förutsätter stora bränslelager, en tillräckligt stor inmatningssilo och maskinell hantering av bränslet.

#### INFO

En 100 kW:s panna som körs med full effekt förbrukar ca 3,5–5 m<sup>3</sup> flis per dygn.

Egenskap	Flis av slanor	Träbriketter	Träpellets	Torvpellets	Bit-torv	Havre	Avfall från förrensningen	Lätt brännolja
Fukt, %	25-35	8-10	8-10	8-15	25-40	14	20	
Skrymdensitet, kg/lös m <sup>3</sup>	250-320	600-650	600-650	750	350-400	520-590	300-350	
Energitäthet, kWh/lös m <sup>3</sup>	700-900	2900-3400	2900-3900	3300	1400	2200-2500	1500	10 000 kWh/ m <sup>3</sup>
Andel aska i Torrsubst. %	0,5-2	0,5	0,5	1,1-4,0	4-6	5-7	5-7	
Bränslepriset, cent/kWh, moms 0 %	1,5-2	2	3,5	2,8	1,2	2,9	0	6,5

Medelpriser 2008-2009



Ett torrt bränsle av god kvalitet möjliggör en störningsfri förbränning och pannans utlovade märkeffekt. Ett torrt bränsle har också ett högre värmevärde, varför åtgången är mindre.

#### FAKTA

#### Omvandlingstabell för energitätheten

1 kWh = 3,6 MJ

1 000 kWh = 1 MWh

T.ex. är lättolja's energiinnehåll är 10 MWh/m<sup>3</sup> eller 10 000 kWh/ m<sup>3</sup>

Bild 7. Enligt volymjämförelsen motsvarar 12 m<sup>3</sup> flis till sitt energiinnehåll 1000 liter eldningsolja

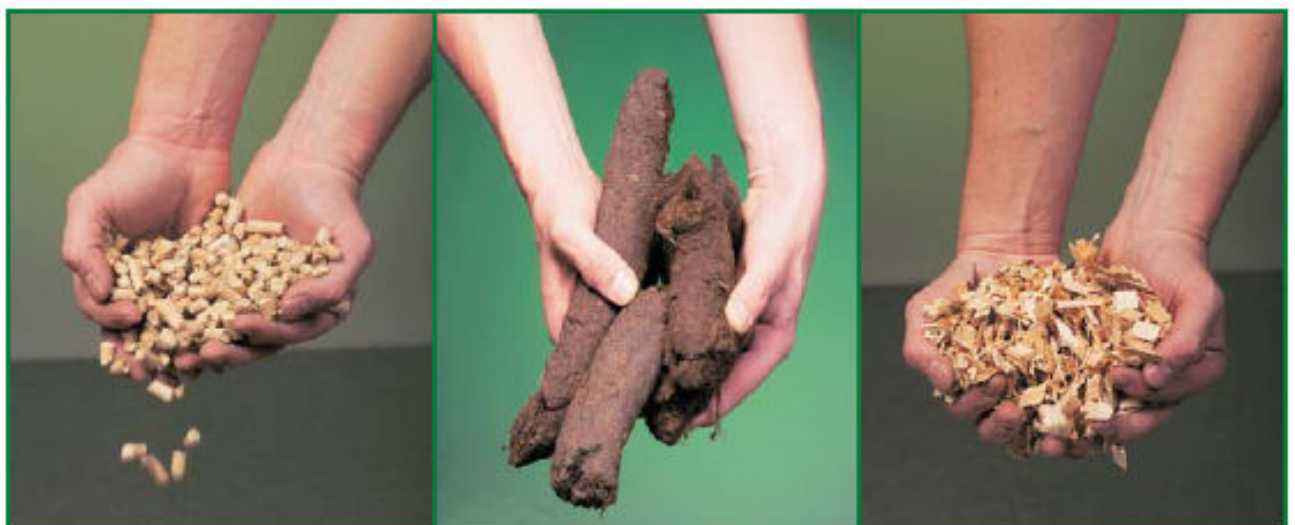
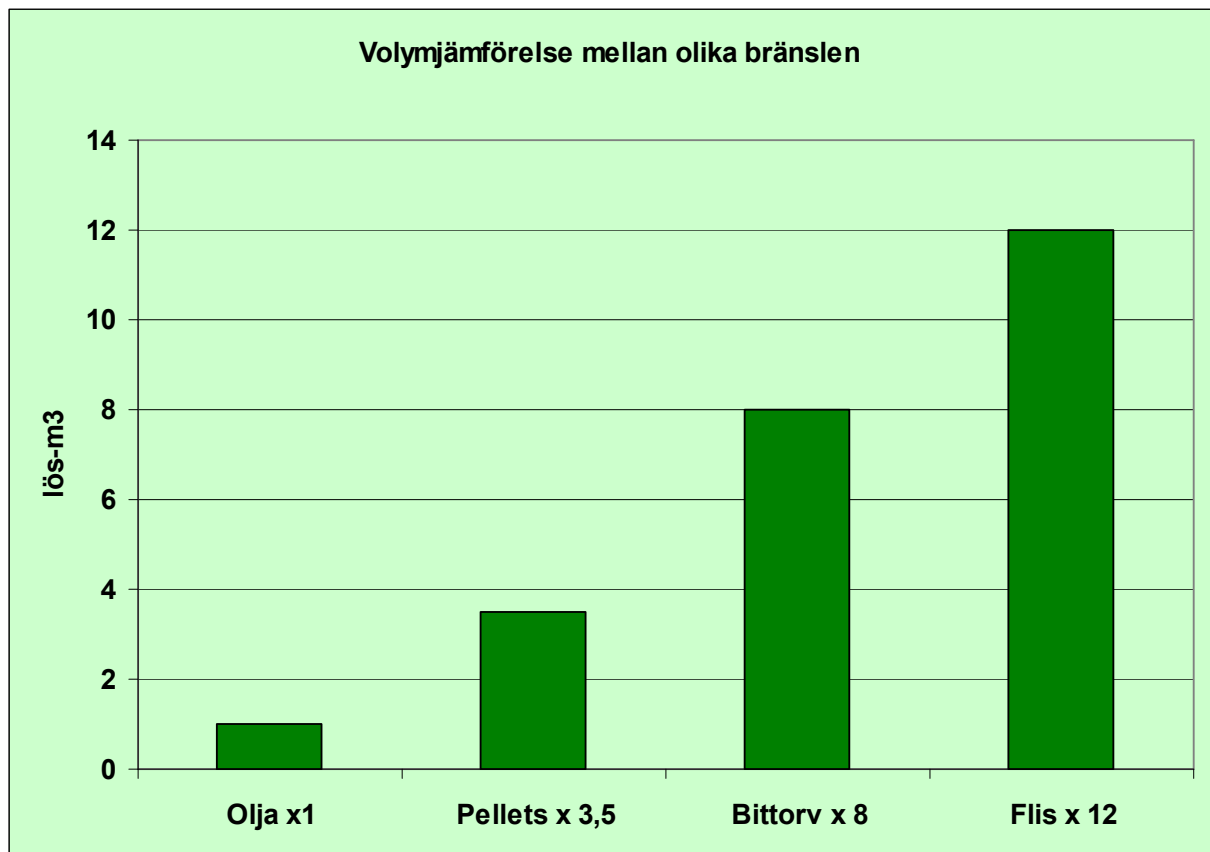


Bild 8. Pellets, bittorv och flis.

## Inhemsk alternativ för spannmålstorkning

### 1. Luftugnar

En ugn för bibränslen utvecklades i mitten av 1990-talet speciellt för användning i torkar, växthus och industrier. Ugnen genererar direkt, beroende på modell, 300–500 kW varmluft då luftmängden är 24 500–29 800 m<sup>3</sup>/h. Vid behov, till exempel i industri- eller växthusanvändning, kan luftmängden minskas med hjälp av en frekvensomvandlare som finns som tilläggsutrustning.



Bild 9. Torkugnskombination, ett samarbete mellan Säättöuli Oy och Mepu Oy

Det finns olika tekniska lösningar både fasta anläggningar och anläggningar i container, vilket ger bättre möjligheter att använda ugnen också till annan uppvärmning efter torkningsperioden, till exempel för att värma upp växthus eller byggarbetsplatser.

En spannmålstork med biopanna fungerar på samma sätt som en oljeuppvärmd tork. Nedkylningstiden för en flisugn är ca ½ h längre än för en oljeugn på grund av glödvärmen på rosten. Nedkylningen kan

av samma orsak påbörjas tidigare i motsvarande mån.

Bytet i torken kan ske när bibrännaren är i drift, brännaren behöver alltså inte stängas av. På kommande är en nyhet, ett så kallat dubbeltorksystem där medan det ena skåpet torkar, kyls det andra ned med hjälp av en särskild fläkt. I det här systemet är brinntiden för bibrännaren lång.

Byggnadstekniskt gäller att ett pannrum för fast bränsle måste vara större än för olja, eftersom en biopanna är större. Dessutom behövs ett inmatningssystem för bränslet. Biopannans konvektor är 1,5 gång större jämfört med en motsvarande oljepanna. Dessutom är eldstaden större än i en oljepanna eftersom som lågan i en biopanna kräver mer utrymme.

Biopannan är alltid försedd med en rökgasfläkt som styrs med hjälp av en undertrycksdetektor och en frekvensomvandlare. Undertrycket i eldstaden förbättrar förbränningen och fungerar samtidigt som en brandsäkerhetsfaktor eftersom undertrycket gör att elden inte kan nå bränsletanken.

I en biopanna behövs också ett utrymme för askan och det är att rekommendera att man har en maskinell anläggning för att skaffa bort den. Vid förbränning uppstår aska, i synnerhet om man använder förrensingsavfall som bränsle.

### Faktorer att beakta:

Automatiken i en bibrännare av den här typen är annorlunda än i en traditionell bibrännare som används för centralvärme.

Torkningsautomatiken innehåller behövliga mätningssuppgifter för torktemperaturerna. Med hjälp av automatiken får du vid behov uppgifter till din mobiltelefon om hur torkningen framskrider.

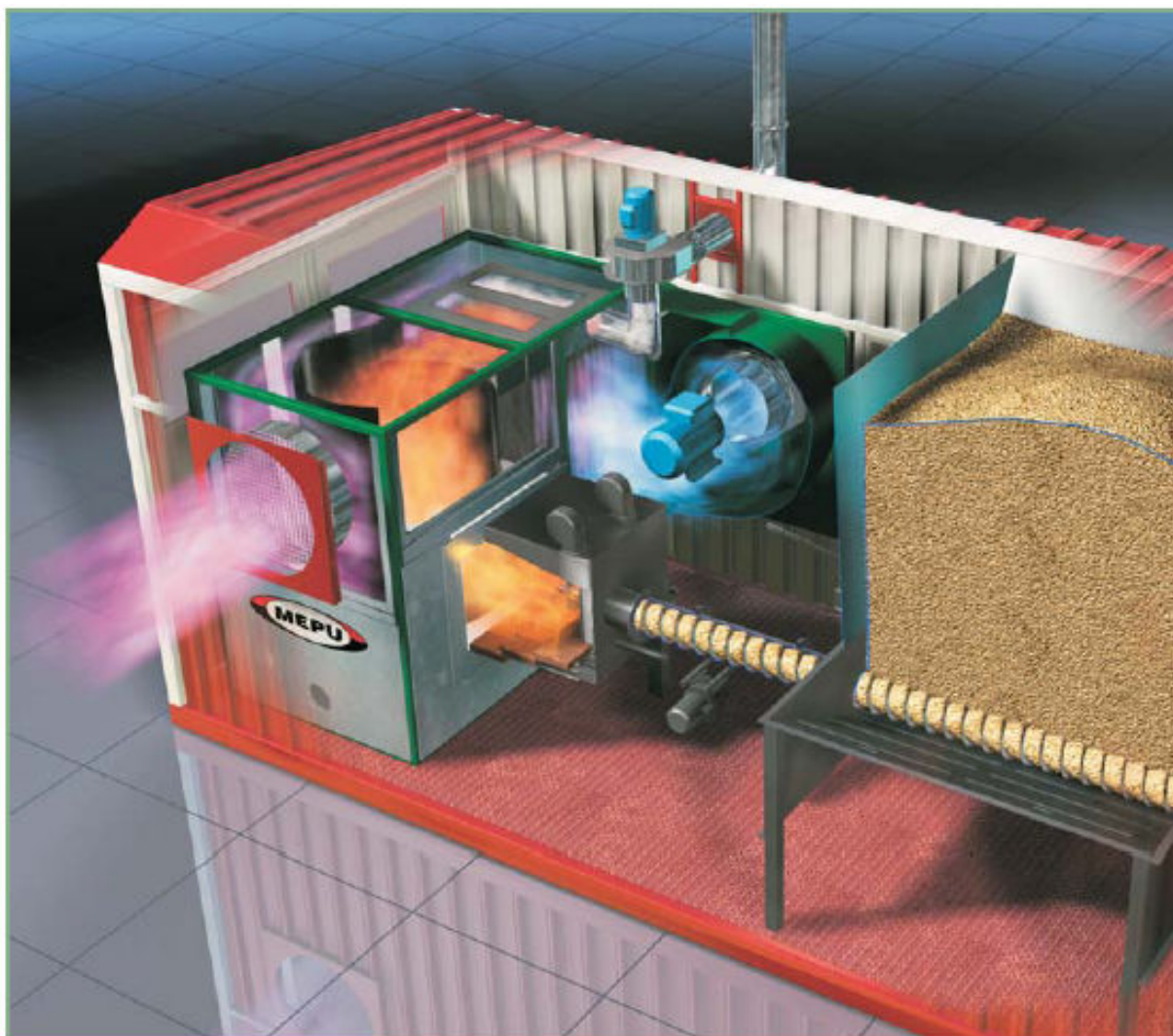


Bild 10. En flyttbar luftugnscontainer i genomskäring.

### Luftugnar för spannmålstorkning 2009, jämförelse

- Finland 15 st
- Estland 1 st
- Lettland 14 st
- Sverige 1 st
- Ryssland 1 st

## 2. Radiatorlösningar

### Allmänt

Uppvärmning av torkluften med radiator har numera blivit en betydande torkningsmetod. Att höja kanaltemperaturerna är dagens trend. Radiatorsystem med vätske-cirkulation kan ge kanaltemperaturer på 65–85 °C. Här inverkar oftast gränsen för den maximala användartemperaturen i varmluftspannorna, 110°C. Då håller man pannans användartemperatur mellan 90 och 100°C. Vilken temperatur som kan användas beror också på gränsvärdena för pannans termostat. Uppvärmning av torkluften med hjälp av radiator kan uppdelas i två huvudgrupper.

1. Värmeproduktion med hjälp av enbart radiator.
2. Värmeproduktion delvis med hjälp av radiator.

Det är ytterst viktigt att också beakta vilka fasta bränslen man använder. För att uppnå en maximal torktemperatur är det en förutsättning att man använder bränslen av bästa kvalitet.

### Radiatorer

#### Värmeproduktion med hjälp av enbart radiator

Att producera värme med hjälp av radiator med vätske-cirkulation innebär att pannans stokerbrännarsystem måste dimensioneras så att det är så effektivt som möjligt. Tillverkaren av ugnen och maskineriet anger hur stor effekt som kan användas i torken.

De som säljer eller tillverkar radiatorer kan beräkna hur stor radiatorn bör vara för det aktuella användningsstället. Kunder som själva dimensionerar radiatorn bör beakta bland annat att temperaturskillnaden mellan ingående vatten och returvattnet kan vara ca 20–30 °C.

#### Viktigt att beakta:

1. Mellan radiatorn och sugöppningen måste det finnas en inloppsträtt så att det inte bildas onödiga luftvirvlar i insugningsluften. Virvlarna minskar luftmängden.
2. Det måste vara enkelt att lösgöra radiatorn från inloppsträtten med tanke på servicen.
3. Det är att rekommendera att man framför radiatorn sätter upp ett nät som är lätt att rengöra. På så sätt undviker man att batteriet blir smutsigt.
4. I inloppsträtten kan man göra en sidolucka som kan öppnas under nedkylningsfasen.

#### Värmeproduktion endast delvis med radiator

Om man vill producera värme till torken delvis med fast bränsle via radiator och delvis med olja måste radiatorn dimensioneras i enlighet med pannans effekt. När man väljer radiator är det viktigt att se till att det luftmotstånd som radiatorn ger upphov till inte är för stort så att tillräckligt mycket torkluft kan passera genom den.

En del radiatorleverantörer tillhandahåller radiatorer med olika konstruktion beroende på om man med hjälp av den vill producera torkluftsvärmen helt eller delvis.

#### Att välja panna och stoker

Då man väljer effekten för ett övergripande värmesystem beaktar man naturligtvis alla uppvärmningsobjekt. Om man vill producera värme också för torken, är valet liknande i båda ovannämnda fall.

1. Om den yta som ska värmas upp är stor är det naturligt att välja en stor panna och då får man en hög effekt i torken med fast bränsle. (Till dessa valmöjligheter återkommer vi senare med exempel.)
2. Om åretruntbehovet av värme är anmärkningsvärt mycket mindre än torkugnens effekt, är lösningen följande: Välj en storleksklass på pannan som är något större än



åretruntbehovet skulle kräva, till exempel 10–30 % större, och

anslut en varmvattenackumulator till systemet.

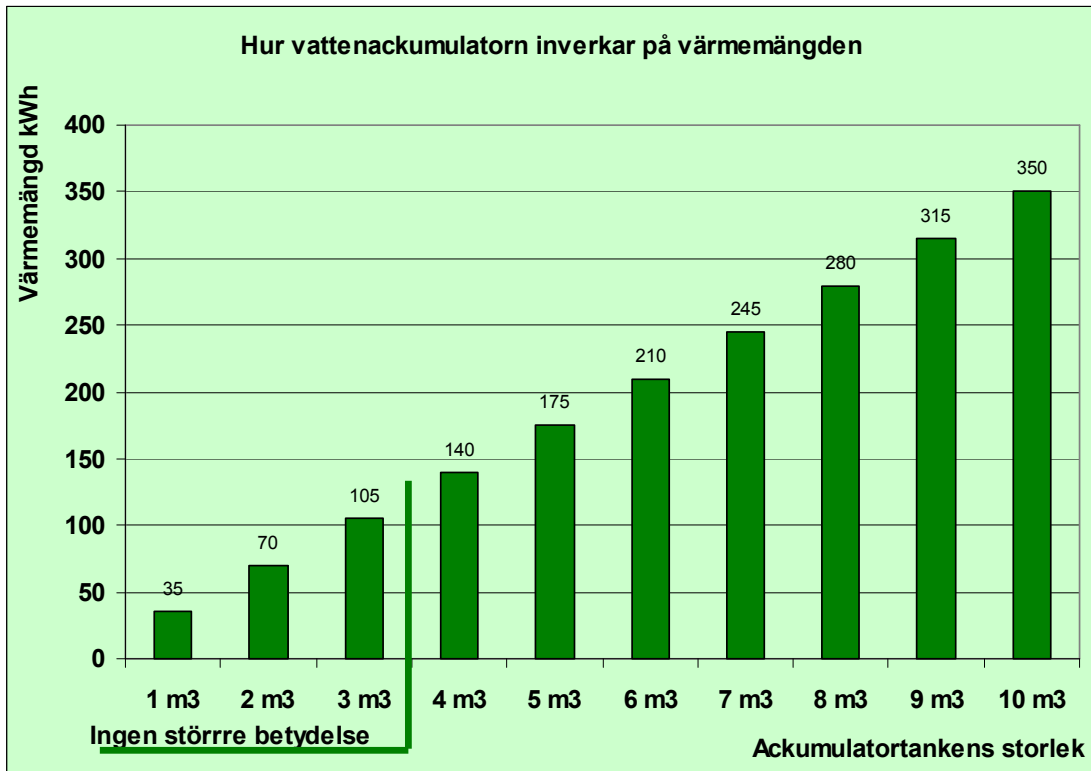


Bild 11. Kapaciteten hos ackumulatorns värmemängd (temperaturskillnaden är 30°C)



Bild 12. Radiatorn placeras framför fläktens sugöppning.



## Lönsamhet

Lönsamheten i att torka spannmålen med inhemsk energi måste övervägas särskilt för varje gård. Förutom oljepriset, inverkar åtminstone följande faktorer på lönsamheten.

### Anläggningar med radiator:

- torkens energibehov (kW) i förhållande till effekten hos den fastbränslepanna som är i användning
- avståndet mellan värmecentralen och torken (kanallängden)
- torkens användningstid/energiförbrukning
- investeringskostnaderna
- möjlighet till eventuell flyttning av värmecentralen

### Anläggningar med luftugn:

- ugnens effekt (kW) dimensioneras alltid i enlighet med torkens krav på effekt
- torkens användningstid/energiförbrukning
- investeringskostnader
- möjlighet till eventuell flyttning av värmecentralen

I regel är det mycket lönsamt att producera tilläggsvärme med radiator på sådana gårdar där värmecentralen för fast bränsle ger en effekt som är nästan lika stor som spannmålstorkens behov. Så här förhåller det sig i allmänhet på stora husdjursgårdar där produktionsbyggnaderna på vintern kräver nästan lika stor uppvärmningseffekt som spannmålstorken på hösten. Behovet av effekt inträffar vid olika årstider, och mången gång kan all värme som torken kräver fås från gårdens fastbränslepanna.

### Exempel 1. Broilergård (60 000 fåglar)

Utgångsläge:

- broilerhallar uppvärmda med olja (2 st. 120 kW:s oljepannor, 40 000 liter olja per år)
- spannmålstork (240 hl, ugn 300 kW, oljeförbrukning 15 000 liter per år)

Gården övergår till att värma upp broilerhallen med inhemsk energi och beslutar att bygga en värmecentral med 300 kilowatts effekt. Också övergång till spannmålstorkning med inhemsk energi verkar lönsamt.

#### Utgångsläge

Torkmaskineriets storlek hl	240
Behov av uppvärmningseffekt kW	300
Fast bränsle Effekt kW	300
Torktimmar per år	400
Behovet av uppvärmningsenergi MWh/a	120
Motsvarar lättolja l/a	15000
<b>Investeringskostnader</b>	
Nytt oljeeldningssystem	0
Uppvärmningssystem för fast bränsle	0
Kanalkostnader	5000
Radiator	4000
Rörarbeten och automatik	12000
Sammanlagt	21000
<b>Lönsamhet</b>	
Energi producerad med fast bränsle MWh/a	120
Energi producerad med olja MWh/a	0
Fast pris €/MWh	15
Oljans pris cent/l	65
Kostnader för flis	2250
Kostnader för olja	0

Jämförelse	Olja 100%	Flis 100%
Bränslekostnader €/a	9750	2250
Kapitalkostnader €/år	0	2720
Kostnader sammanlagt	9750	4970
Självkostnadspris per timme	24	12

I jämförelsen har service- el- och övervakningskostnaderna beräknats lika stora. Avskrivningstid 10 år, ränta 5 %

## Exempel 2.

### Utgångsläge

- egnahemshus + gårdsverkstad(40 kW:s oljepanna, 4 500 liter per år)
- spannmålstork (120 hl, ugn 150 kW, oljeförbrukning 3 000 liter per år)

Gårdens gamla oljepanna behöver förnyas. Boningshusets och gårdsverkstadens sammanlagda behov är ca 40 kW. Om spannmålstorken räknas med, kan storleksklassen ökas till maximalt 60–80 kilowatt. Trots detta är lönsamheten i samma storleksklass jämfört med olja.

#### Utgångsläge

Torkmaskineriets storlek hl	120
Behov av uppvärmningseffekt kW	150
Fast bränsle Effekt kW	60
Torktimmar per år	200
Behovet av uppvärmningsenergi MWh/a	30
Motsvarar lättolja l/a	3750

#### Investeringskostnader

Nytt oljeeldningssystem	0
Uppvärmningssystem för fast bränsle	0
Kanalkostnader	3000
Radiator	1500
Rörarbeten och automatik	5000
Sammanlagt	9500

#### Lönsamhet

Energi producerad med fast bränsle MWh/a	12
Energi producerad med olja MWh/a	18
Fast pris €/MWh	15
Oljans pris cent/l	65
Kostnader för flis	225
Kostnader för olja	1463

I ingendera beräkningen har investeringskostnaderna för en fastbränslepanna beaktats, utan endast tilläggskostnaderna för övergång till spannmålstorkning har tagits med. Priserna är medeltal och varierar stort mellan olika projekt.

#### Att observera

Lönsamheten förbättras då storleken på enheten växer under förutsättning att minst hälften av värmeenergin kan produceras med inhemsk energi.

Jämförelse	Olja 100%	Flis 100%
Bränslekostnader €/a	2438	1688
Kapitalkostnader €/år	0	1230
Kostnader sammanlagt	2438	2918
Självkostnadspris per timme	12	15

#### INFO

Lönsamheten kan förbättras med hjälp av en varmvattenackumulator.

