

Alternativ till spannmålstorkning med fossil energi

**Vilka möjligheter finns att minska beroendet av fossil energi i
spannmålshanteringen?**

Simon Jonasson

Lars Neuman



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden

Innehåll

	Sida
Sammanfattning	4
Inledning	5
Konservering och lagring av spannmål, en översikt	6
Alternativ med lagring av fuktig spannmål	7
Ensilering, vattenhalt över 25 procent	7
Syrabehandling, vattenhalt 15 - 25 procent	8
Lufttät lagring, vattenhalter upp till 20 - 22 procent	10
Hybridmetod	11
Torkning och kylning	12
Bakgrund - mikrobiologin bestämmer reglerna	12
Kylning	12
Torkning	14
Torkningssystem	14
Energieffektivisering i torkning	16
Konvertering till eldning med biobränsle	18
Översikt förnybara bränslen, biobränslen	19
Översikt av kombinationer panna + bränsle.	29
Vad kan man investera vid en konvertering?	34
Hur kan jag använda min gamla oljepanna?	38
Hur kan man utnyttja solenergi i spannmålstorken?	40
Viktigt att tänka på	42
Referenser	43

Sammanfattning

Användning av ca 30 000 m³ olja per år för att torka spannmål medför ett utsläpp med ca 80 000 ton CO₂ per år. Att minska utsläppen är ett viktigt skäl för lantbruket att frigöra sig från behovet av fossila bränslen. Ett annat viktigt skäl är att kostnaderna för fossil olja kommer att öka, säkerligen även för naturgasen. Dessutom bör i första hand de fossila energikällor, som idag används till uppvärmning, ersättas med förnybara. Där finns idag tekniken. Omställningen till förnybara drivmedel inom transport, anläggning, jord och skog sker långsammare.

Torkning av spannmål till lagringssäker vattenhalt är den mest flexibla metoden på så sätt att den inte begränsar hur spannmålen sedan kan användas. Spannmål, som konserveras med någon av de alternativa metoderna enbart, ger ingen handelsvara. I huvudsak begränsas då användningen till foder på gården där spannmålen skördas. Till de alternativa metoderna räknas här ensilering, syra-behandling och lufttät lagring och mellanformer av dem.

Energieffektivisering, åtgärder för att öka torkens verkningsgrad och att minska energiförluster, bidrar i viss mån till att minska fossilberoendet. Även vid omställning till biobränslen bör man ha en åtgärdsplan, så att användningen av bioenergi görs så effektiv som möjligt. Många sådana åtgärder kräver inga kostnader, bara bättre rutiner. Det behandlas mer ingående i del 4 i Handbok i energieffektivisering, spannmålskonservering, spannmålstorkning. Se Referenser i slutet av rapporten.

Att torka med värme från eldningsolja innebär en jämförelsevis låg investering i panna i kombination med ett dyrt bränsle. De billigaste förnybara bränslena kräver istället stora investeringar i panna och utrustning för bränslehantering. I sådana fall bör man ha mer användning för värmeanläggningen än bara för torkning. I ett avsnitt behandlas olika planeringssituationer. Det ges även en översikt över mer eller mindre tänkbara bränslen: ved, flis, pellets spannmål, halm, RME (FAME), rapsolja och bioolja samt biogas. Ett bränsles prisskillnad gentemot den fossila oljan, räknat i kr per kWh, är bestämmande för hur mycket man kan investera i konvertering till det bränslet. Exempel på sådana beräkningar av investeringsutrymme presenteras.

Man har länge varit hänvisad till tekniken med vattenburen värme, om man ville värma torken med fastbränslen såsom flis och pellets. Då används pannan oftast för annan uppvärmning vid sidan av torken. På senare tid har det även utvecklats varmluftspannor med lite högre effekt och som eldas med flis och pellets. De kan vara aktuella när det bara är spannmålstorken som ska konverteras till biobränsle.

Några möjligheter finns att byta bränsle till en befintlig varmluftspanna. Man har till exempel börjat få en del erfarenheter av att byta oljebrännare mot pelletsbrännare och stokermatade förugnar. Det kan vara en tillfällig lösning att ändra en befintlig panna. Troligen fungerar det bättre när brännare och panna är sammanbyggda till en enhet och därmed anpassade till varandra.

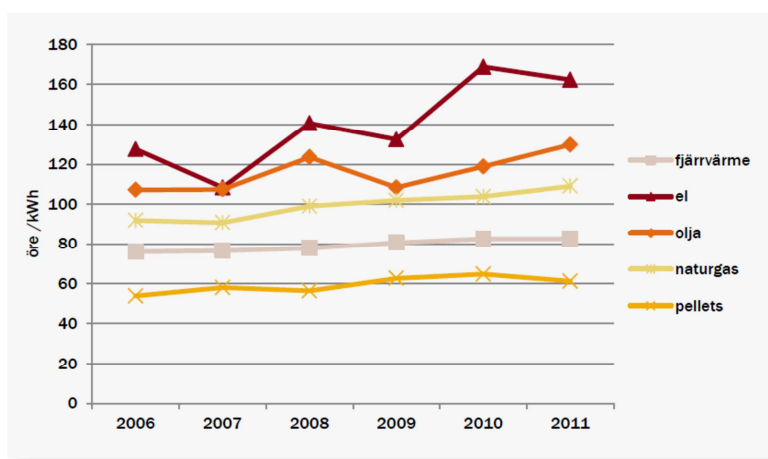
Utsikterna att ersätta den fossila energin till torkning verkar mycket goda.

Inledning

Statistiken visar att en stor del av svenska lantbrukets energianvändning utgörs av fossil olja till uppvärmning och då framför allt i spannmålstorkar. Syftet med denna studie är att sammansätta hur spannmålskonserveringen kan göras oberoende av fossila bränslen.

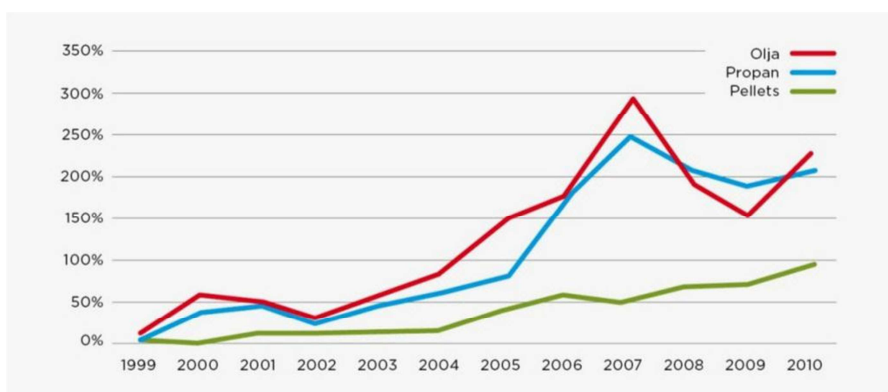
För att torka spannmål använder det svenska lantbruket i medeltal 0,3 TWh/år. Omräknat till volym eldningsolja blir det 30 000 m³ per år. Elförbrukning för att driva fläktar, transportörer och pannor vid torkningen har beräknats till i medeltal 0,13 TWh/år eller 130 000 MWh/år (IVA 2014).

Att minska fossilberoendet är ett nationellt åtagande och lantbruket ska göra sin del i det. Det är först och främst en fråga om påverkan på klimatet, men det är också en fråga om lantbrukarens ekonomi på sikt. Tillgången på fossil olja kommer att minska och så småningom kanske upphöra helt. Minskande tillgång brukar med marknadens mekanismer driva på prisutvecklingen. Figur 2 visar de senaste årens prisutveckling för bl.a. olja.



Figur 1. Realprisutveckling för några bränslen (Abrahamsson m.fl. 2012)

I figur 2 är det ett annat sätt att visa historisk prisutveckling hos de fossila bränslena olja och propan (gasol) i jämförelse med det förädlade trädbränslet pellets.



Figur 2. Jämförelse av prisutveckling i procent för olja, gasol och pellets 1999 - 2010. (Energikon-toret Östra Götaland, 2014.)

Det görs många prognoser om kommande prisutveckling. Många faktorer påverkar. Uppvärmning konkurrerar med drivmedel. De fossila energikällor, som används till uppvärmning, bör ersättas med

förnybara i första hand. Där finns idag tekniken. Omställningen till förnybara drivmedel inom transport, anläggning, jord och skog sker långsammare av flera skäl.

Ett förhållande som väntas påverka prisbilden är ökad efterfrågan på lågsvavlig olja, olja som vi använder i våra traktorer och pannor. Sjöfartens konkurrens om den ökar genom nya gränsvärden för svavel i bränslet. Redan 2015 är gränsvärdet reducerat till 0,1 procent för trafik i området Engelska Kanalen - Nordsjön - Östersjön. Nya globala gränsvärden tillkommer senare. (Sjöfartsverket, 2009.)

Lantbrukarens kostnad för eldningsolja, liksom för dieselolja, påverkas också av politiska beslut. För 2013 och 2014 får man efter ansökan en återbetalning med 70 procent av såväl energiskatt som koldioxidskatt.

Tabell 1. Skatter på eldningsolja och återbetalning för år 2013 och 2014.

	Skatt	Återbetalning		Faktisk skatt
	kr/l	%	kr/l	kr/l
Energiskatt	0,82	70	0,57	0,25
Koldioxidskatt	3,09	70	2,16	0,93
Summa	3,91		2,73	1,18

I januari 2015 minskas skatteåterbetalningen, den blir då 40 procent av koldioxidskatten. Det betyder i praktiken en kostnadsökning för oljan med ca 92 öre/l eller 920 kr/m³.

Det finns alltså många goda skäl för lantbruket att frigöra sig från fossilberoendet. I fråga om spannmålskonservering finns flera alternativ. Rapporten vill belysa alternativen och hur de kan passa i gårdens förutsättningar och planeringssituation.

Konservering och lagring av spannmål, en översikt

Det går att konservera och lagra spannmål på olika sätt, så att kvaliteten bevaras fram till förbrukning. All konservering går ut på att förhindra att spannmålen möglar och ruttnar eller angrips av skadeinsekter. Genom att sänka vattenhalten, sänka temperaturen eller ta bort syret är några sätt att förstöra livsvillkoren för skadeorganismer. Dessa kan dessutom dödas på kemisk väg. Detta bildar grunden för de olika konserverings- och lagringsmetoderna, som sammanställs i tabell 2.

Tabell 2. Översikt metoder för konservering och lagring av spannmål.

Metod	Princip att hämma mikroorganismer	Vanlig vattenhalt för lagring ⁽¹⁾	Kommentar
Torkning	Låg vattenhalt	ca 13 - 16 %	Luftning (kylning) kan krävas under lagring
Alternativa metoder, alternativ till torkning			
Kylning	Låg temperatur	upp till 17 %	Artificiellt kyld luft. Ofta i kombination med torkning till <17 %.
Ensilering	Lågt pH-värde	över 25 - 30 %	Minsta vattenhalt för ensileringsprocessen
Syrabehandling	Kemisk avdödning	upp till 15 - 25 %	Endast propionsyra
Lufttät lagring	Fritt från syre	17 - 22 %	Även i kombination med syrabehandling

⁽¹⁾ Vattenhaltsgränserna beror på biologiska faktorer och praktisk användning utifrån faktorer som rör kvalitet, hantering, utfodring, ekonomi m.m.

Alternativ med lagring av fuktig spannmål

År 2005 konserverades 13,5 % av den svenska spannmålen med alternativa metoder till varmluftstorkning (JTI 2007).

Gemensamt för ensilering, syrabehandling och lufttät lagring är att spannmålen inte torkas utan den lagras fuktig, i varierande grad. Metoderna är framför allt intressanta för gårdar med egen djurproduktion, eftersom den behandlade spannmålen uteslutande används till djurfoder.

Spannmålens vattenhalt och möjligheten att hantera den fuktiga spannmålen i foderberedning och utfodring är en viktig förutsättning för valet mellan olika metoder. En annan skillnad mellan metoder är kraven på lagringsutrymme och dess beskaffenhet

Ensilering, vattenhalt över 25 procent

Ensilering innebär att spannmålen skyddas i en sur miljö skapad genom en naturlig, syrabildande process. Bakterier omvandlar kolhydrater till främst mjölksyra. För att ensileringsprocessen överhuvudtaget ska komma i gång måste vattenhalten vara över 25 procent. Rekommendationen är att spannmålen tröskas vid en vattenhalt på över 30 procent.

Man måste då beakta de problem som tröskning vid höga vattenhalter medför. Den övre vattenhaltsgårdsgränsen bestäms av tröskans förmåga att klara fuktig spannmål.

Vid ensilering ska syrorna som ska bevara spannmålen produceras av mjölksyrabakterier. Mängden naturliga bakterier i grödan kan dock vara för liten för att ge en tillräckligt snabb ensileringsprocess och sänkning av pH-värdet. Därför brukar man rekommendera tillsatsmedel som påskyndar pH-sänkningen, då i form av propionsyra. Varianter är startkulturer av mjölksyrabakterier eller melass, som ger snabb näring till bakterierna.

Spannmålen lagras hel eller krossad. Ensilering av hel spannmål kan ske i tornsilo, säck eller slang.

Krossning i en spannmålskross i samband med inläggningen är gynnsam för ensileringen och då försvinner momentet med sönderdelning i den senare foderberedningen. Lagringen vid krossensilering kan ske i tornsilo, plansilo, säck eller slang. Liksom vid vallensilering bör det vara så lufttätt som möjligt, eftersom luft gynnar mögel.

Ju torrare materialet är, desto högre krav ställs på silons täthet. Lägre vattenhalt ger ett mindre syrskydd och dessutom snabbare inträngning av luft. Säck och slang går att få tätare än torn och kan därigenom klara något lägre vattenhalter. (www.svenskmjolk.se)

Krossensilerad spannmål har kort hållbarhet. När silon har öppnats ska det dagliga uttaget vara så stort att uttagingen går fortare in i lagret än luftens påverkan, särskilt när utomhustemperaturen är hög. Av det skälet är en bred plansilo mindre lämplig.

Krossensilerad spannmål passar i första hand till nötkreatur, men den kan även användas till svin om blötutfodring tillämpas. Ensilering av spannmål är ett alternativ till de traditionella lagringsmetoderna, speciellt i Norrland med kort växtsäsong och dåliga skördeförhållanden under höstarna (Granö 1990).

Fördelar med ensilering i jämförelse med torkning

- Mindre väderberoende vid skörd och inläggning
- Tidigare skördestart - ger bredare skördefönster och underlättar efterföljande jordbearbetning
- Bra sätt att ta hand om gröna kärnor och blandgrödor som ärter och spannmål
- Ett smakligt foder för djuren
- Mindre problem med dammigt foder
- Lågt investeringsbehov (ensilering i slang)
- Mycket lägre utsläpp

Nackdelar med ensilering

- Metoden kräver stor noggrannhet vid krossinställning, syratillsats, packning och täckning.
- Höga krav på lufttätthet
- Risk för feljäsning och mögel
- Krav på uttagshastighet
- Endast djurfoder, ej handelsvara
- Ställer särskilda krav på utrustning för utfodring. Kan passa bra i mixande system



Figur 3. Vid krossensilering används en maskin som både krossar spannmålen och fyller en slang.

Syrabehandling, vattenhalt 15 - 25 procent

Syrabehandling innebär en tillsats av propionsyra till hel, tröskad spannmål. Kärnan skyddas genom att syran tar död på eller hämmar mikroorganismerna på kärnans yta.

Behandlingen sker genom att syran tillsätts i en spannmålsskruv som blandar och transporterar spannmålen. Syran doseras med en justerbar pump. Dosering i förhållande till vattenhalt är mycket viktig. Vid vattenhalten 15 procent krävs 6 liter per ton och sedan ökas doseringen med ökande vattenhalt till exempelvis 10 liter per ton vid 25 procent.

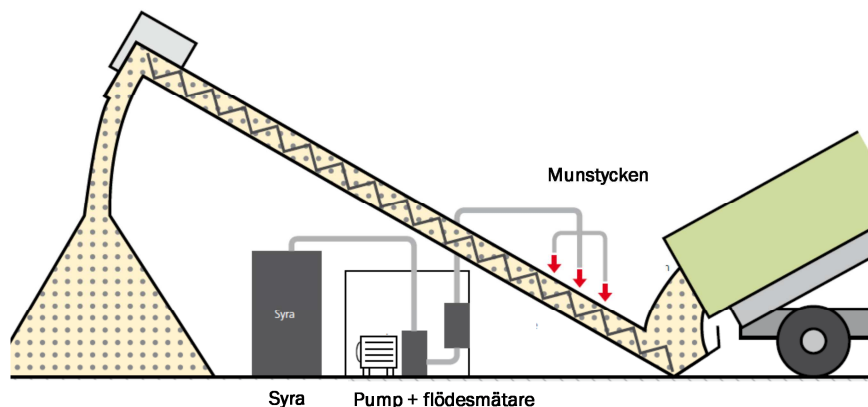
Man ska alltså vara noga med att ofta kontrollera skruvens kapacitet och spannmålets vattenhalt för att dosera syran rätt. Det är också viktigt att skruven blandar spannmålen väl. Det är möjligt att syra-behandla spannmål med upp till 25 - 30 procent vattenhalt. Sedan försämras spannmålets flödesegenskaper så mycket att en jämn inblandning försvåras. Kostnaderna för syra blir höga. Då kan ensilering vara ett bättre alternativ.

Metoden kan bara användas till foderspannmål, därför att syran dödar kärnans groddanlag och orsakar störningar i bakningsprocessen. Den syra som skall användas är propionsyra och den är effektiv mot mögelsvampar. Att använda myrsyra är inte tillåtet.

En fördel med metoden är låga krav på lagringsutrymme, eftersom lagringen inte behöver vara lufttät. Ofta väljer man att använda något av de befintliga utrymmen som finns på gården.

Nybehandlad spannmål är korrosiv och därför ska järndetaljer i lagret skyddas. Lagring ska inte ske direkt på betonggolv, eftersom syra och kalk reagerar med varandra. Golvet och spannmålen skyddas med målning eller med en plastfolie.

Ärter och åkerbönor kan också syrabehandlas, men dosen ska delas upp i två behandlingar.



Figur 4. Utrustning för syrabehandling (Perstorp AB).

Fördelar med syrabehandling i jämförelse med torkning

- Mindre väderberoende vid skörd och inläggning.
- Tidigare skördestart.
- Spannmålen dammar inte.
- Fodret blir smakligare.
- Spannmålen är lagringsdugliga direkt efter behandlingen.
- Det är ett billigt system, ställer låga krav på lagringsutrymme.
- Mycket lägre utsläpp av växthusgaser.

Nackdelar med syrabehandling

- Endast foderspannmål.
- Syran är otrevlig och farlig att handskas med, kräver personlig skyddsutrustning. Den lagrade spannmålen är ofarliga i det avseendet.
- Syran är frätande på utrustning.
- Lagring av behandlad spannmål har på grund av syrans nedbrytning varit begränsad till ett år, men syrans hållbarhet har förlängts genom att producenterna tillsatt glycerolföreningar.
- Vid hög vattenhalt och kyla fryser spannmålen och utrustning kan krångla.
- Stor noggrannhet vid kalibrering av syrainblandning.
- Hög syrakostnad vid vattenhalter över 25 - 30%.

Kommentar om syrans egenskaper: På marknaden finns nu även en propionsyreprodukt med tillsatser (propionsyreglycerolestrar) som gör den mindre frätande och mindre otrevlig att handskas med. All propionsyra tillverkas av fossil eten, en produkt med fossilt ursprung. Utsläppen är lägre med syrabehandling, men visst fossilberoendet är alltså kvar. Propionsyran ger dock omsättbar energi för nötboskap, gris och fjäderfä. Fodervärdet brukar anges till ca 17 MJ/kg.

Lufttät lagring, vattenhalter upp till 20 - 22 procent

I lufttät lagring skyddas spannmålen av att syret i lagret ersätts av koldioxid. Då hämmas tillväxten av mögel, som för sin tillväxt är beroende av syre. Insekter klarar heller inte den syrefria miljön. Det är genom andning, respiration, i spannmålskärnan och i mikroorganismer på kärnans yta, som syre förbrukas och koldioxid bildas. Därvid upphör andningen, men om nytt syre läcker in startar andningen igen och pågår tills syret förbrukats. All sådan andning ger en förlust av torrsubstans och av energi. Praktisk vattenhaltsintervall är 17 – 22 procent. Torrare spannmål än 17 - 18 procent har för låg andningsintensitet och fuktigare än 20 - 22 procent kan medföra problem i uttagning och i den vidare hanteringen.

Vid större läckage kan också mögel börja växa till. I en tornsilo, som är en vanlig lagringsform, skyddas spannmålen delvis av att koldioxiden är tyngre än luft. Koldioxid lägger sig därför som ett lock över spannmålen. Det är inte ovanligt att man förstärker detta lock genom att tillsätta koldioxid, exempelvis i form av kolsyreis. Det minskar nackdelarna av att silon har ett gasutbyte med omgivningen på grund av variationer i temperatur och tryck. Dessutom måste ju uttagen spannmålsvolym ersättas med motsvarande luftvolym.

Den lufttätt lagrade spannmålen används uteslutande till djurfoder. Kvaliteten står sig bra under vintern, men på våren med stigande temperaturer kan man få problem. Helst bör lagret vara förbrukat i april. Överskott kan tas ut och torkas eller syrabehandlas.

Lufttät lagring sker vanligen i silor av plåt eller silor av mjuk plastad väv. De mjuka silorna har den fördelen att omgivningens temperatur- och tryckväxlingar inte ger något gasutbyte. På senare år har man lagt in mer och mer volymer i plastslang med en slangläggare eller tubläggare. Sådan lagring kan även tjäna som temporär mellanlagring i avvaktan på torkning. Inläggningen och placeringen måste skötas noggrant liksom tillsynen så att det inte uppstår hål i plasten.

Fördelar med lufttät lagring i jämförelse med torkning

- Mindre väderberoende vid skörd och inläggning, bredare skördefönster.
- Tidigare skördestart.
- Ett smakligt foder för djuren.
- Mindre problem med dammig foder.
- Lågt investeringsbehov (inläggning i slang).
- Mycket lägre utsläpp.

Nackdelar med lufttät lagring

- Endast foderspannmål.
- Höga krav på att lagret skall vara lufttätt.
- Tätheten måste ständigt övervakas - gäller särskilt vid slanglagring.
- Risk för mögel vid luftläckage.
- Risker för försämring av kvaliteten vid uttagning, särskilt om den går långsamt.



Figur 5. Spannmålen kan lagras lufttätt i plåtsilo, i mjuk silo i stativ inomhus eller i slang.

”Hybridmetod”: syrabehandlad spannmål i slang, vattenhalter upp till 20 - 22 procent

Metoden innebär inläggning i slang av hel spannmål och där den lufttäta lagringen kombineras med viss syrabehandling. Behandlingen förbättrar säkerheten och minskar risken för mögel. Man kan anta att den övre vattenhaltsgränsen är 20 - 22 procent, men den beror också på efterföljande hantering. Konsekvenserna av luftläckage och av för små dagliga uttag kan förmodligen minskas genom att propionsyran har en direkt effekt på mögelsvampar.

Hög mottagningskapacitet med alternativa metoder

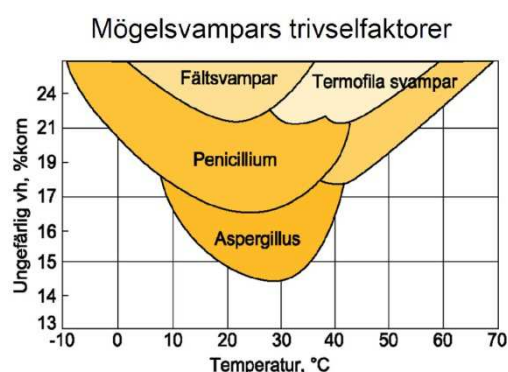
De uppräknade metoderna med fuktig spannmål medger i regel en hög mottagningskapacitet, högre än den man har vid spannmålstorkning. Inte minst gäller det vid lagring i slang. Det kan ha stor betydelse för utnyttjande av skördetröskan. Möjligheten att utnyttja bra tröskväder blir bättre.

Torkning och kylning

Bakgrund - mikrobiologin bestämmer reglerna.

Torkning och kylning bygger på att man begränsar vattenhalt och temperatur före inlagring. Fukt och värme gynnar mögeltillväxten och i figur 6 ser man sambanden. För att få en marginal till riskområdet bruka man minst torka spannmålen till 14 procent. Tiden är ytterligare en faktor. Med tiden kan andning i spannmålen, även om den är begränsad, öka fukt och värme, så att risken för mögel ökar. Därför behövs en marginal vid inlagring. Vid lagring längre än till nästkommande sommar rekommenderas nedtorkning till 13 - 13,5 procent för att säkra lagringsstabiliteten (Jonsson 2006).

En rekommendation från Lantmännen Västodling är att torka till 13 procent, 1 procentenhet under den vattenhalt som anges för leverans. Man vill på detta sätt minska risken för återuppfuktning.



Figur 6. Mögeltillväxtens beroende av vattenhalt och temperatur. Ungefärlig bild av vid vilka vattenhalter och temperaturer hos spannmålen som olika mögelsvampar kan växa till. (Källa: Lundin och Jonsson, 2005)

Diagrammet visar tydligt att man ökar säkerhetsmarginalen genom att lufta och kyla spannmål efter torkning liksom under lagringen. Luftningen sker då med uteluft.

Kylning

Kylning som konserveringsmetod innebär att temperaturen sänks till "kylskåpstemperatur". Artificiellt kyld luft blåses genom spannmålen och för det fordras ett kylaggregat.

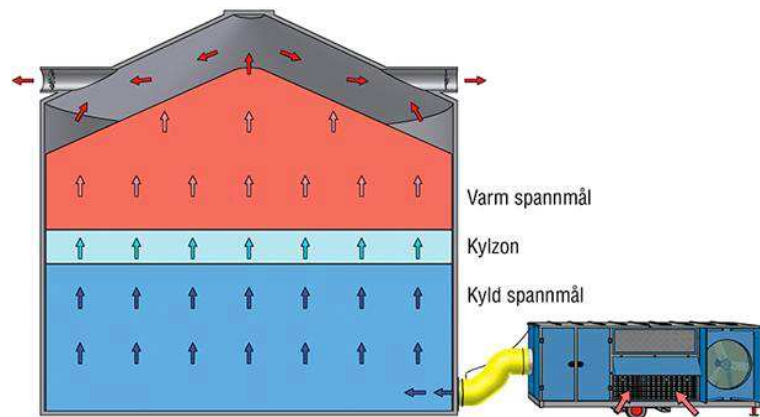
Det är dock i ett begränsat vattenhaltsområde som man kan använda metoden och det framgår av diagrammet i figur 6. Generellt rekommenderas inte kylagring vid vattenhalter över 17 procent för lagring i ca 6 - 10 månader. Om vattenhalterna är högre, krävs efterkylning och då med kortare intervaller desto högre vattenhalten är.

Metoden kräver alltså investering i ett kylaggregat. Det är framför allt större anläggningar som använder sig av denna lagringsform och då ofta som ett komplement till torkning. Därför förekommer den sällan på gårdsanläggningar som hanterar mindre än 5000 ton per år.

Spannmål har låg värmeledningsförmåga och det innebär att ett nedkyld spannmålsparti håller sin temperatur ganska väl, även om det transporteras en sträcka med lastbil till nytt lager (Lundin, 2013).

Den stora fördelen med kylning som metod är en energibesparing. I ett räkneexempel från JTI visar man att om spannmålen långtidslagras under kyla vid 16,5 procents vattenhalt i stället för vid 14 procent så kan man spara in 40 kWh/ton på torkningen. 16,5 procent är den initiala vattenhalt som Lantmännen eftersträvar för den spannmål som ska kylas (Lundin 2013).

Om kylningen sker med s.k. grön el så minimeras klimatpåverkan med denna metod. Dock kanske den måste kombineras med en föregående torkning, så att kylningen kan börjas vid 16 - 17 procents vattenhalt.



Figur 7. Artificiellt kyld luft från ett kylaggregat blåses igenom spannmålen. Det utbildas då en kylzon eller kylfront som rör sig genom spannmålspartiet. Detta är analogt med hur en torkfront rör sig genom ett spannmålsparti vid torkning, se figur 9. (Källa: Tornum)

Fördelar med kylning i jämförelse med torkning

- Energisnål metod.
- Medger hög mottagningskapacitet, men kylkapaciteten sätter ändå en gräns.

Nackdelar med kylning

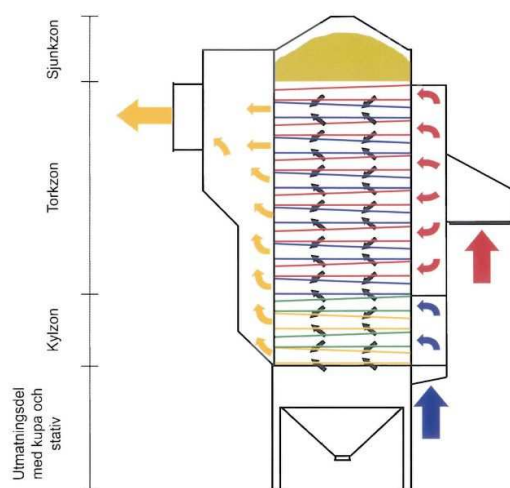
- Stor investering i kylaggregat.
- Hantering i flera steg om kylningen ska föregås av torkning.
- Lagringstid efter uttagning är begränsad, beror av vattenhalt.

Torkning

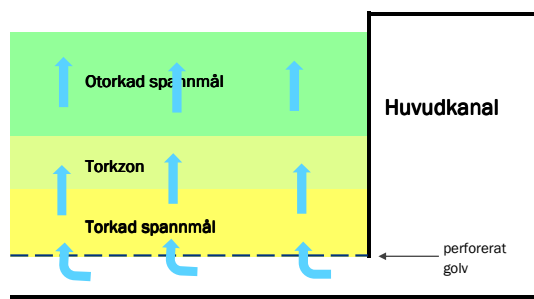
Genom torkning avlägsnas vatten, vattenhalten sänks till en nivå där mögeltillväxt undviks. Se figur 6. Ju högre vattenhalten är och ju högre temperaturen är, desto kortare tid har man på sig för nedtorkning.

Torkningssystem

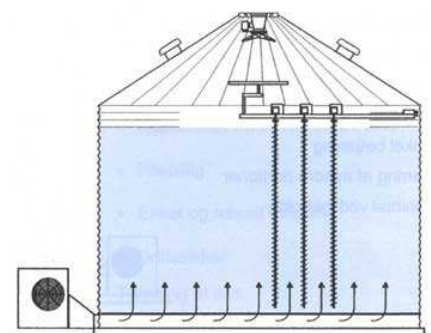
Vi skiljer mellan varmluftstorkning och kallluftstorkning. Varmluftstorkning är en snabb torkning, där ett mindre parti är under torkning. Kallluftstorkning är långsam torkning av ett större parti och där man ofta ökar kapaciteten och minskar riskerna genom tillsatsvärme. Ett mellanting är silotorkning med omrörning. Det finns många aspekter på val av torkningssystem, men de behandlas inte här, eftersom det ligger utanför syftet med denna sammanställning.



Figur 8. Princip för varmluftstork, i detta fall kontinuerlig tork av balktyp. Spannmålen rör sig nedåt under snabb torkning.



Figur 9. Princip för kallluftstork. Med uteluft, ofta svagt uppvärmd, torkas stillaliggande spannmål långsamt. Skiktjockleken begränsas ofta till 1 m.



Figur 10. Silotorken är ett mellanting mellan kallluftstork och varmluftstork. Ett stort parti med stor lagringshöjd torkas långsamt. Omrörning krävs för att toppskiktet inte ska ligga otorkat för länge. Uppvärmning av torkluften rekommenderas starkt men inte till varmluftstorkens nivåer.

Varmluftstorkning

I en uppskattning gjord 2006 torkades 80-90 procent av den svenska spannmålen med varmluft (Jonsson, 2006). Det innebär att torkluften värmts till oftast mellan 40 °C och 70 °C, ibland mer om omständigheterna medger. Torkningen sker i en balktork (vanligast) eller schakttork med kort väg för torkluften och man får en snabb nedtorkning. De flesta varmluftstorkar har en oljeeldad varmlufts-panna. Tillförlitlig statistik saknas, men en rimlig bedömning är att mer än 80 procent av torkarna värms med olja. En ökande andel torkar värms med bibränsle. Varmluftstorkning är en säker metod men energikrävande. Vid nedtorkning till 14 procents vattenhalt används 1,4 - 1,7 kWh per kg bort-torkat vatten. För nedtorkning från ex. 18 till 14 procents vattenhalt ska ca 50 kg vatten avlägsnas per ton torkad spannmål. Det behövs då i detta fall 70 - 80 kWh eller ca 9 l eldningsolja per ton.

Kalluftstorkning

Några procent av Sveriges spannmål torkas med kallluft, ouppvärmad eller svagt uppvärmd (5 - 7 °C). Torkarna kännetecknas av stillaliggande spannmål och långsam torkning. På många gårdar sker det i körbara plantorkar, byggda som s.k. östgötatorkar. Kalluftstorkningen använder bara ungefär hälften av den energi per ton som varmluftstorken behöver. Det är till stor del elenergi till fläktar. Fläktarnas egenskaper gör att lagringshöjden måste begränsas. Tillsatsvärmen kan komma från olika källor. Även med låga bränslekostnader ska temperaturökningen begränsas till 5 - 7 °C. Större uppvärmning medför nämligen risk för kondens och därmed mögelskador i toppskiktet, när omrörning saknas.

Det är alltid torkens egen fläkt som svarar för luftgenomströmningen i en kalluftstork, alltså inte värmekällans fläkt. Tillsatsvärmen ska anslutas med ett s.k. dragavbrott, vilket då förhindrar att torkens fläkt suger luft genom värmekällan (LBK, 2013). Detta är inget krav i det fall när man använder en elektrisk värmekälla.



Figur 11. Körbar kalluftstork, typ Östgötatork
En perforerad plåt är fästad på stående reglar.



Figur 12. Huvudkanalen. De stående reglarna
går in i i kanalen. Fläkt i ändan av kanalen.

Silotorkning med omrörning

Silotorkning med omrörning är ett mellanting mellan varmlufts- och kalluftstorkning. Långsam torkning vid stora lagringshöjder kräver omrörning, så att de översta skikten inte ligger för länge, otorkade och genomströmmade av fuktig luft underifrån. Energianvändningen i silotorkar är i nivå med varmluftstorkar men med en större andel elenergi till fläktarna och mindre andel energi i uppvärm-

ningen. I jämförelse med varmluftstorkar kan man räkna med behov av lägre värmeeffekt för silotor-
kar, vilket kan underlätta planeringen.

Silotorkens egen fläkt svarar för luftgenomströmningen i torken och tillsatsvärmens ansluts med ett
dragavbrott.

Energieffektivisering i torkning

Man kan peka på en rad möjliga åtgärder för att minska torkarnas energianvändning. En energieffek-
tivisering är mest angelägen i de oljeeldade torkarna med tanke på högre bränslekostnader och kli-
matutsläpp. Oavsett uppvärmningssätt finns dock skäl att se över energieffektivisering i alla slag av
torkar och även i samband med omställning till biobränsle.



Figur 13. En oisolerad varmluftskanal ger onödiga förluster. Att isolera denna 30 m långa kanal från pannan till kallluftstorken skulle vara en viktig åtgärd för energieffektivisering.

Några viktiga åtgärder

- **Kontroll av torkstyrning och vattenhaltsmätare förhindrar overtorkning och undertorkning.**
- **Tillsyn så att driftstermostaten på pannan gör rätt jobb.**
- **Underhåll och tillsyn av pannan.**
- **Isolering av varmluftskanalen.**
- **Förrensning för bättre luftflöde och mindre mängd att torka.**
- **Foderspannmål för gårdens egen användning torkas bara till 16 procents vattenhalt och lagras sedan med återkommande luftning.**

De tre första åtgärderna medför inga investeringar. De hör till vad som brukar kallas första nivåns åtgärder som handlar om rutiner, skötsel, inställning och kontroll. Med en ganska liten insats kan man spara in mycket energi. Åtgärder på nästa nivå eller i nästa steg handlar om att lägga till utrustning eller att byta till effektivare. Detta är alltså åtgärder som medför kostnader men som kan betalas med sänkta energikostnader. Se vidare om sparåtgärder i Handbok i energieffektivisering (Neuman 2013, www.lrf.se/Energi/Spara-energi).

- **Högre temperatur på torkluften vid torkning av foderspannmål**

En höjning av temperaturen, om det är möjligt, medför lägre energianvändning per ton spannmål och det ger högre torkningskapacitet. Spannmålets användning sätter temperaturgränsen. För utsäde och maltkorn bör inte torkluftstemperaturen överstiga 60 °C. För brödsäd är rekommendationen något olika beroende på torkens konstruktion och på ingående vattenhalt. Högsta rekommenderade torkluftstemperatur är 65 °C, om man har en kontinuerlig balktork eller cirkulationstork och ingående vattenhalt är 20 procent.

Foderspannmål (inte ärter och åkerböna som torkas vid 35 - 45 °C) kan torkas vid högre temperaturer utan att skadas och det bör utnyttjas. Foderegenskaperna påverkas dock, när kärnans temperatur kommer upp i 105 °C. Då kan aminosyran lysin skadas och även stärkelsen. Idisslare verkar ha mindre nackdel av det än enkelmagade djur. Enligt JTI kan torkluftstemperaturen i foderspannmål vara upp till ca 100 °C, innan näringsförluster uppstår (Jonsson, 2006).

Normalt ska pannans säkerhetssystem begränsa torklufttemperaturen till 85 °C, men högre temperaturer är möjliga beroende på torkens placering.

Tabell 3. Tillåtna varmluftstemperaturer vid typtestning av varmluftspannor enligt Lantbrukets Brandskyddskommitté. (LBK, 2013)

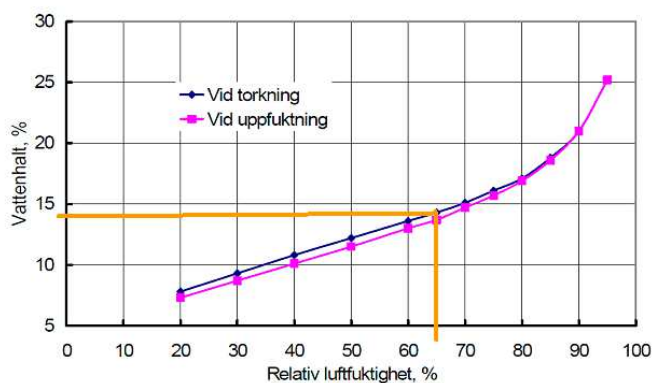
Panna för :	Temperatur, °C	
	medel	max
torkning i brännbar byggnad	85	100
torkning i obrännbar byggnad	120	140
torkning avskilt från byggnad	150	170

Tabellen är hämtad ur Brandskyddspärmen från Lantbrukets Brandskyddskommitté, flik 4. Medeltemperatur innebär ett medeltal av 10 mätpunkter i en sektion av varmluftskanalen. Maxtemperatur är tillåtna högsta värde i någon av de 10 mätpunkterna. (LBK, 2013)

- **Värmeåtervinning**

En annan sparåtgärd är värme återvinning, men den är mest aktuell på nya torkar, konstruerade för värmeåtervinning. Att införa värmeåtervinning på äldre torkar kan vara tekniskt komplicerat och trånga utrymmen kring torken kan hindra den rördragning som behövs.

Hög verkningsgrad på torken har samband med flera faktorer. En viktig faktor är att luften som lämnar torken är så väl mättad med fukt, har så hög relativ fuktighet, som möjligt. När våtluften lämnar spannmål som kommit ner i t.ex. 14 procents vattenhalt kan luften inte vara mättad till mer än 65 procent. Den håller högst 65 procent relativ luftfuktighet. Det innebär att luften har kapacitet att ta upp mer vatten men då bara från spannmål med högre vattenhalt än 14 procent. Luften för också med sig värme som inte kunnat utnyttjas för torkning. Förklaringen finns i sambandet mellan spannmålets vattenhalt och luftens relativa fuktighet. Det kallas med en särskild term att spannmålen är hygroskopisk. Sambandet kan visas med en jämviktskurva som i figur 14.



Figur 14. Jämviktskurva för vete. Sambandet mellan luftfuktighet och vattenhalt vid jämvikt för vete vid 25 °C. Exempel: 14 procents vattenhalt i vete står i jämvikt med luft av 65 procents relativ fuktighet. (Efter JTI)

När spannmålen rör sig nedåt i en kontinuerlig tork och vattenhalten minskar, så avtar också våtluftens relativa fuktighet och därmed också dess avkylning. Den torrare luften från nedre delen av torken kan då exempelvis ledas till toppen där den tar upp fukt från otorkad spannmål. Luften från kylzonen kan gå samma väg. Det finns liknande system för dubbla satstorkar.

Det kan ligga nära till hands att leda den omättade luften in i pannan. Detta är inte tillåtet!

Del 4 i Handbok i energieffektivisering, spannmålskonservering, spannmålstorkning, behandlar effektivisering mer ingående. Se Referenser i slutet av rapporten

Konvertering till eldning med biobränsle

En panna för eldningsolja är en relativt sett låg investering, men bränslet tenderar att bli allt dyrare. Den tendensen skyndar på utvecklingen av olika alternativ, samtidigt som ökat klimatmedvetande gör att man vill avstå från fossila bränslen. I början av den utvecklingen, ända in på 2000-talet, bestod alternativen nästan enbart av fastbränslepannor med vattenburen värme. Sådana lösningar har då medfört stora investeringar men i gengäld lägre kostnader för bränsle, i första hand flis och halm.

Förenklat och kortfattat kan man beskriva situationen så här:

Bränsle	investering	arbetsinsats eldning	bränslekostnader
Eldningsolja	låg	liten	höga
Fastbränsle	hög	ökad	låga

I en rent ekonomisk jämförelse är det skillnaden i bränslekostnader som ska betala merinvesteringen i fastbränsle samt den ökade arbetsinsatsen. Utöver det har det naturligtvis funnits andra aspekter som behov av tillsyn, temperaturreglering, bränslehantering, utrymmesbehov för bränslelager m.m. Idag betonar vi även klimatpåverkan starkt, naturligtvis till fördel för biobränslen.

Den stora investeringen i en fastbränsleanläggning kan sällan motiveras med bara torkens behov. Annan uppvärmning som bostäder, djurstallar m.m. bör vara med och dela på investeringen.



Figur 15. En fliseldad panncentral levererar värme via en kulvert till spannmålstork (i bakgrunden) och ett kycklingstall.



Figur 16. I varmvattenbatteriet växlas värme över till torkluften i torken.

Det finns också förnybara bränslen som klarar torkens behov och som inte kräver så stora investeringar. Den befintliga oljepannan kan användas med RME efter viss modifiering eller med mer tjockflytande oljor som rapsolja och andra biooljor om man byter till annan typ av brännare.

På senare tid har det även kommit fastbränsleeldade varmluftspannor och lantbrukaren har fler alternativ att välja på. Valet som man gör består av en kombination av panna och bränsle. I det följande ges en översikt av bränslen och därefter en översikt av kombinationer panna + bränsle.

Översikt förnybara bränslen, biobränslen

De viktigaste egenskaperna hos bränslet är värmevärde, pris och lagringsvolym, som särskilt kommenteras här nedan. Utöver det kan följande parametrar ha betydelse:

- Fukthalt. Påverkar energiinnehåll, lagringssäkerhet bl.a.
- Hanterbarhet med t.ex. pumpar och skruvar
- Hållbarhet. Är bränslet stabilt eller bryts det ner biologiskt? Hur ska det lagras?
- Lagring och brandsäkerhet
- Arbetsmiljörisker, t.ex med mögel och med dammexplosioner
- Askhantering
- Klimatpåverkan. Biobränslen i sig ingår i biologiska kretsloppet, men produktionen av dem kan medföra påverkan, då oftast räknad som koldioxidekvivalenter.
- Utsläpp som påverkar miljön: stoft, oförbrända kolväten m.m.
- Tillgång och leveranssäkerhet. Egenproducerat eller inköpt

Tabell 4. Möjliga och lämpliga biobränslen som ersättning till fossila bränslen.

Fasta bränslen	Flytande bränslen	Gasformiga bränslen
Ved	RME (biodiesel)	Biogas
Flis	Rapsolja	
Pellets	Biolja	
Spannmål		
Halm		

Det finns ytterligare flytande bränslen som har utvecklats eller är på väg att utvecklas som drivmedel, t.ex. etanol, metanol och DME (dimetyleter). Av olika skäl är de, i alla fall inte i dagsläget, intressanta för uppvärmning. Ett skäl är att energikällor av hög kvalitet, och som är lämpliga som drivmedel, inte bör användas för uppvärmning. Ett annat skäl är brandrisker vid lagring som kan innebära högre kostnader. Hydrerade vegetabiliska oljor (HVO), såsom ex. tallolja, är också tänkbare. Det krävs att det finns bra system för att lagra, hantera och distribuera de relativt små volymer av bränslen som är aktuella för gårdstorkarna. Av det skälet begränsas denna studie till bränslena i tabell 4.

Ved

Eldning med helved och kluven ved är inte något som man bygger framtida spannmålstorkning på. Ett viktigt skäl är svårigheten att ordna med kontinuerlig eldning och då återstår satsvis eldning. Det finns mindre satseldade varmluftspannor för ved, som används i växthusbranschen. Det är tänkbart använda sådana i den mindre skalans torkning, som tillsatsvärme till kallluftstorkar. I storbalspannorna kan man vid behov också elda ved. Många lantbrukare väljer ved framför halmbalar under torkningssäsongen för att spara tid. Man laddar pannan med mera energi varje gång och det går att rationalisera genom att lägga veden på en speciell vagn, som skjuts in i pannan.

Energiinnehåll, värmevärde.

Torrsubstansen i trä, d.v.s. trä med 0 procents fukthalt, har ett värmevärde på ca 5,3 MWh/ton. Med ökande fukthalt minskar det värmevärde som kan utnyttjas, eftersom mer och mer vatten ska torkas bort. Ett kg "normaltorr" ved ger 4,2 kWh. Skillnader i värmevärde per kubikmeter ved beror främst på skillnader i vedens densitet och i viss mån på innehåll av lignin. Tabell 5 ger några riktvärden.

Tabell 5. Värmevärde i ved från några trädslag, riktvärden (Liss, 2005)

Trädslag	kWh/m ³ f 15 - 20 % fukt	kWh/m ³ t fastvolym 65 %	kWh/m ³ t fastvolym 50 %
Gran	2100 - 2400	1450	1100
Tall	2000 - 2450	1450	1100
Björk	2800 - 2900	1850	1400
Ek	3600 - 3700	2400	1800
Asp	2100 - 2200	1400	1100
Sälg	2500 - 2600	1650	1300

m³f är kubikmeter fastmått

m³t är kubikmeter travat mått. 65 % fastvolym är normalt i travad ved med 60 cm längder och.

50 % fastvolym kan vara riktvärde för stjälpt mått eller travar med krokiga stammar och grenar.

Volym. Utifrån tabellen ovan kan man beräkna att energin i 1 m³ fossil olja motsvaras av ca 7 m³ travad granved vid 65 procent fastvolym. Med hänsyn till den lägre verkningsgraden vid vedeldning kommer det att behövas minst 8 m³t för att ersätta 1 m³ fossil olja.

Prisläge. Priset eller kostnaden för veden varierar.

Flis

Flis är ett väl beprövat bränsle för uppvärmning, men flis är inte ett enhetligt material. Flisens kvalitet beror mycket på ursprungsmaterialet och hur den har flisats och lagrats. I kvaliteten räknar vi då in värmevärde, fukthalt, flisstorlek, hur homogen flisen är samt att den inte innehåller mögel. Baserat på uppvärmningen på inköpt flis är det viktigt att ställa rätt kvalitetskrav. Flisens egenskaper har betydelse för val av utrustning, men skillnader i teknik tas inte upp i denna studie.

För gårdsanläggningar bör man satsa på torr flis. Ett skäl är att man minskar risken för mögel vid lagring. Ett annat skäl är att torr flis har ett bättre värmevärde, det går ju åt energi för att torka flisen i pannan.

Skrubar, omrörare, slussmatare och pannor fungerar bäst om flisen har ganska enhetlig storlek och inte innehåller längre stickor och pinnar. Driftssäkerheten kan vara särskilt viktig under torkningssäsongen och kanske allra mest i de varmluftspannor som är fliseldade. Att lägga upp stamved till torkning och sedan använda flishugg med såll är ett gott tips som ges av många lantbrukare med fliseldning.

Flis är ett ganska billigt bränsle, men hantering av flisen kräver mer av utrustningen, eftersom flisen inte "rinner" och den rasar inte av sig själv. Dessutom krävs stora lagervolymer. I jämförelse med ett förädlad trädbränsle som bränslepellets, med helt andra egenskaper fast dyrare, blir fliseldning intressantare vid större volymer.

Energiinnehåll, värmevärde. Träflis med 30 procent fukthalt innehåller ca 950 kWh per m³s (kubikmeter stjälp mått). För att ersätta 1 m³ eldningsolja går det då åt ca 10 - 11 m³s. Räkna i praktiken med ytterligare någon kubikmeter, eftersom fliseldningen har sämre verkningsgrad än oljeeldning.

Träflis med 50 procent fukthalt innehåller ca 850 kWh per m³s (kubikmeter stjälp mått). För att ersätta 1 m³ eldningsolja går det då åt ca 11- 12 m³s. Räkna i praktiken med ytterligare någon kubikmeter, eftersom fliseldningen har sämre verkningsgrad än oljeeldning.

Energiinnehållet beror också av vilka träslag som har flisats och det kan vara något att ta hänsyn till

Volym. Volymvikten kan variera mellan 250 och 350 kg/m³. Flisning av 1 m³ fpb ved (kubikmeter fastmått på bark) ger ungefär 2,5 m³s flis (kubikmeter stjälp mått). Man brukar räkna med att travad ved innehåller ungefär 65 procent fastved. Då kan man räkna fram att flisning av 1 m³ av en vedtrave ger ca 1,6 m³s flis.

Prisläge. I prisjämförelser är det mest relevant att ange pris per kWh, inte pris per m³s. Vid inköp är priset kring 22- 25 öre/kWh (eller omkring 180 - 210 kr/m³s). Exempel från en gård som framställt flis av egen, förtorkad, stamved: 18 - 20 öre/kWh eller 150 - 170 kr/m³s.

Vid flisning av egen ved från gallringar och röjning vid åkerkanter är det inte alla lantbrukare som värderar sin egen arbetstid eller låter kostnaderna belasta bränslet. Det leder då till att man räknar med lägre kostnader för flisen.

Övrigt. Ju torrare flisen är, desto bättre är det. Värmevärdet blir bättre och arbetsmiljöriskerna minskar. En bra och beprövad strategi är att lagra träbränslet i travar som får torka över en sommar innan flisning. Askhalten är ca 1,5 viktsprocent - 1 ton flis ger 15 kg aska.



Figur 17. Torr flis av bra kvalitet



Figur 18. Torkning av stamved för flisning

Pellets

Bränslepellets är ett s.k. förädlad träbränsle. Stegen i förädlingen är malning - torkning - pressning. Malningen kan föregås av förtorkning och flisning om råvaran är energived och liknande. I begynnelsen användes uteslutande sågspån, som då var en billig restprodukt från sågverken. Med ökande produktion har mer och mer av råvaran kommit direkt från skogen och den brukar förtorkas i travar, innan den först flisas och sedan mals. Det tillverkas även pellets från halm och från rörfen, men i mindre omfattning. Halmpellets har fått ett annat användningsområde också, som strö i hästboxar.

En vanlig diameter på bränslepellets är idag 8 mm, men både 10 och 6 mm förekommer.

Pelletsen har fördelen att den är torr (ofta 8 - 10 procents vattenhalt), den är homogen, den rinner och transporteras lätt med skruvar och andra transportörer. Det ställer då lägre krav på utrustning för lagring, hantering och eldning än vad flisen gör. Pelletsen blir därför ett bra och lättskött alternativ i mindre värmeanläggningar, där investeringen i flisanläggning blir för dyr.

Energiinnehåll, värmevärde. Energiinnehållet är oftast 4,7 - 4,9 kWh/kg. Innehållsdeklarationen skiljer sig något mellan tillverkarna, men bara marginellt. Askhalten är oftast mindre än 0,5 procent av vikten om pelletsen är av bra kvalitet. För trä, räknat som torrsustans, räknar man med ett värmevärde på 5,3 MWh/ton.

Volym. Pellets har en volymvikt på ca 650 - 680 kg/m³. Då lagrar man ca 3200 kWh per kubikmeter. För att lagra pellets motsvarande 1 m³ eldningsolja krävs drygt 3 m³.

Prisläge. Priset för pellets i lösvara (bulk) är i området 2500 - 2 600 kr/ton eller 40 - 45 öre/kWh, fraktfritt. Det är alltså ungefär dubbelt mot flisens energipris. Under de senaste tre åren har pelletspriserna legat ganska stabilt.

Övrigt. Man bör använda pellets med bra kvalitet, svensk standardkvalitet. Pellets av sämre kvalitet kan ge mer aska. Med bra pellets-kvalitet riskerar man inte att pelletsen faller sönder och försämrar förbränningen. Pelletsen får inte utsättas för fukt, eftersom den då lätt faller sönder.



Figur 19. Pellets tillverkad av träråvara.

Spannmål

Att elda spannmål är nästan lika bekvämt som att elda pellets - om man bortser från en större askvolym. Bränslet är så att säga färdigpelletterat och kan hanteras med skruvar m.m., som redan finns på gården. Diskussionen om att "eldas livsmedel" har nästan upphört, eftersom åkermarken också kan användas till odling av andra bränslen och industriråvaror, som inte går att äta.

Eldning kan ske i speciellt anpassade spannmålspannor. Med fördel väljer man en eldningsutrustning som kan hantera flera bränslen som flis, spannmål och pellets. En s.k. multistoker är då en av lösningarna.

Energiinnehåll, värmevärde. Värmevärdet hos torkad spannmål är ca 4,2 kWh/kg, 4,2 MWh/ton. Askhalten är ca 2 viktsprocent, men askan är luftig och voluminös. Med hänsyn till lägre verkningsgrad vid spannmålseldning än i oljeeldning kan man räkna med att 3 ton spannmål ersätter 1 m³ fossil olja.

Volym. Havre, som är vanligast som energispannmål, har en volymvikt som varierar mellan 400 och 600 kg/m³. Man kan räkna med ett snitt på 500 kg/m³ för bränslehavre.

Prisläge. Havre är det spannmål som vanligen har det lägsta marknadspriset av spannmålsslagen. Havre är därför intressantast som bränsle. Priset kan dock variera mycket. Gårdens egna skörde- eller lagringsskadade spannmål har förmodligen inget alternativpris alls. För övrigt sätter marknaden priserna. Om man som exempel ger energispannmålen ett pris på 1,00 kr/kg så blir energipriset 24 öre/kWh. Kalkylen i tabell 7 har exempel med två prislägen för spannmål.

Övrigt. Lätt att hantera med standardutrustning på gården. Eldning är ett bra alternativ för skadad spannmål som av någon anledning inte kan säljas. Ger sura förbränningsprodukter, risk för korrosionsskador, vilket man måste ta hänsyn till.

Askhalt över 2 viktsprocent - 1 ton spannmål ger mer än 20 kg aska. Askan efter spannmål ger en stor volym, den tar 10 gånger så stor plats som askan efter samma kvantitet träpellets. Askan har låg smälttemperatur, vilket medför risk för sintring. Automatisk askutmatning är nödvändig.



Figur 20. Eldning med havre ger stor volym aska att tas om hand.

Halm

Halmen har ofta setts som en restprodukt och kostnaderna för halmen har då egentligen bara varit bärnings- och lagringskostnader. När halmeldningen började introduceras på 1980-talet sås det att man utan problem för mullhalten på sikt kunde bärga i medeltal 2 ton/ha halm per år. Idag tenderar lantbrukare att vara mer rädda om de mullbildande substanserna och intresset för att elda halm verkar ha minskat. Förbättrade halmhackar och -spridare kan också bidra till att man hellre brukar ner halmen. Variationen i väder medför också ibland svårigheter att bärga halm med tillräckligt låg vattenhalt, såväl för försäljning som för den egna arbetsmiljön. Därför kan det vara osäkert att bygga gårdens värmeförsörjning på halm.

Halm eldas antingen kontinuerligt, där balar sönderdelas i en rivare, eller satsvis i storbalspannor. Den satsvisa eldningen i en storbalspanna är en mycket enkel teknik, men den kräver i stort sett alltid en komplettering med en stor ackumulatortank. Den satsvisa eldningen mot en tank medger att pannan kan gå högt belastad, vilket i sig minskar utsläppen, men antändning och uppeldning medför större utsläpp.

Energiinnehåll, värmevärde. Torr halm innehåller ungefär 4000 kWh/ton. Vid en densitet av 150 kg/m³ i en fyrkantsbal lagrar man 600 kWh per m³ bal. Värmevärdet beror delvis på askhalten, alltså halten obrännbara beståndsdelar. En uppgift om halmens askhalt är 7 procent på viktbasis.

Energiinnehållet är satt utan hänsyn till pannans verkningsgrad. Om oljepannan har 85 procents och halmpannan har 65 procents verkningsgrad behövs det ca 3,25 ton halm för att ersätta 1 m³ eldningsolja.

Volym. Halm lagras mest i stora balar - rundbalar eller fyrkantsbalar. Den rundbalspressade halmen kan ha en volymvikt i balen som varierar mellan 100 och 140 kg/m³. Variationen beror på pressteknik och körteknik. Fyrkantspressarna pressar hårdare och man når vanligen volymvikter på 130 - 160 kg/m³. Upp till 200 kg/m³ är det möjligt att nå med vissa pressmodeller. Fyrkantsbalarna kräver betydligt mindre lagringsvolym än rundbalarna tack vare sin form och högre densitet.

Vid ex. en volymvikt på 150 kg/m³ behövs det 16 - 17 m³ halm för att motsvara värmevärdet i 1 m³ fossil olja, men eftersom halmpannan har lägre verkningsgrad får man räkna med 20 - 22 m³ halm för varje m³ fossil olja.

Prisläge. Pris bestäms av tillgång och efterfrågan och varierar med bärningsvärdet från år till år. Marknaden för halm utgörs främst av djurgårdar utan egen spannmålsodling och i viss mån de värmeverk som eldar med halm. För den egna gården kan priset bestämmas av kostnader för bärning och lagring eller alternativvärdet vid försäljning. Tabell 7 har exempel med två prislägen för halm.

Övrigt. En nackdel är stor volym av aska. Vissa år kan det vara svårt att bärga tillräckligt med halm av bra kvalitet. Halm har en hög askhalt, ca 7 viktsprocent.



Figur 21. Halmpanna för stora balar.



Figur 22. Halmlager. Halm är ett skrymmande bränsle.

RME, även kallad biodiesel

RME är en form av FAME, ett samlingsnamn för oljemetylestrar. FAME är en akronym för Fatty Acid Methyl Ester. Viktigast i detta sammanhang är RME, som står för rapsmetylester. FAME av andra ursprung än rapsolja kan också vara tänkbara att användas på samma sätt som RME för uppvärmning. Under nordiska förhållanden har RME bättre egenskaper än andra FAME-produkter.

Vid användning som drivmedel går RME ofta under namnet biodiesel. Det är en användning som ställer högre kvalitetskrav, minst kraven i en europeisk standard, EN14214.

RME tillverkas av rapsolja och metanol under inverkan av en katalysator. Processen ger glycerol som en biprodukt. RME har en bättre rengörande effekt än vanlig fossil olja och fungerar som ett mildt lösningsmedel. Avlagringar från fossila oljan kommer att lösas upp av RME och det kan ge driftsstörningar. Det kräver särskild rengöring av tank och ledningar innan man fyller på och använder RME. Bränslefiltren bör bytas oftare. Vissa material i tätningar och slangar kan angripas och bör bytas ut. Tillverkare av RME, t.ex. Preem, har anvisningar för detta.

Kraven på cisternen minskar, det är inget krav på besiktning som för den fossila oljan. RME är en helt annan produkt än rapsolja. Den är nästan lika lättflytande som den fossila oljan och den kan användas i samma brännare efter injustering av bränsletryck och oljemängd. Energiinnehållet är nämligen 7 procent lägre än eldningsoljans, räknat i kWh/l.

Energiinnehåll, värmevärde. Ca 9 300 kWh/m³, d.v.s. något lägre än fossila oljans (ca 9 900 kWh/m³).

Volym. För att ersätta 1m³ eldningsolja åtgår ca 1075 liter RME, vid oförändrad verkningsgrad.

Prisläge. 8,50 - 9,00 kr/l plus transportkostnad. (Juni 2014, bulkleverans fritt gården. Källa: Energifabriken AB.) Prismässigt har RME svårt för närvarande (2014) att konkurrera med fossil olja beroende på gällande regler för skatteåterbetalning. 1 januari 2015 minskar återföringen av koldioxidskatt på eldningsolja med över 900 kr/m³.

Övrigt. RME är känsligt för vatten, värme och solljus, då det är en biologiskt nedbrytbar produkt. Det rekommenderas att RME som biodiesel inte lagras längre än 12 månader. RME borde i första hand användas som drivmedel i traktorerna, men då bör den särskilda kvalitetsnormen uppfyllas. På RME som bränsle i en panna ställs inte samma krav.

Rapsolja

På gårdsnivå finns möjligheten att producera egen rapsolja i en rapspress. Som biprodukt får man rapskaka som har ett värde som fodermedel och vars pris betyder mycket för pressningens ekonomi. Rapsoljan har flera användningsområden och uppvärmning får då konkurrera med bl.a. livsmedel, djurfoder, drivmedel och RME-tillverkning.

Rapsoljan, liksom RME, fungerar som ett bättre lösningsmedel än fossil olja. Rapsoljan angriper också vissa material i tätningar och ledningar, varför dessa behöver bytas. Se om RME ovan för extra åtgärder. Om man pressar rapsolja för eget bruk som bränsle finns det risk för att skräp och föroreningar följer med i oljan. Därför ska man låta oljan stå så länge att skräpet sedimenterar och att den renare oljan kan tas tillvara. Extra filtrering är att rekommendera.

För att elda med rapsolja behöver man en särskild brännare - se nedan under Bioolja.

Energiinnehåll, värmevärde. 9500 - 9600 kWh/m³.

Volym. Skillnaden mellan rapsolja och fossilolja i värmevärde och densitet är inte stora. Ungefär samma lagringsvolym behövs.

Prisläge. Det är svårt att hitta ett marknadspris på rapsolja för lantbrukskunden. För egenproducerad rapsolja sätts priset av produktions- och lagringskostnaderna på gården samt värdet på biprodukten rapskaka. Bedömningen är att primär rapsolja inte är något större alternativ till bioolja.

Övrigt. Det bör alltså ligga närmare till hands att använda bränslesortimentet bioolja, som delvis består av restprodukter. Tekniken är lite mer komplicerad och man ska se till att ha ett bra serviceavtal för alloljebrännaren. Överlagring av rapsolja mellan torkningssäsongerna bör undvikas. Rapsolja som biologisk produkt ställer särskilda krav på lagring.



Figur 23. Rapsfält vid Vättern.



Figur 24. Pressar för pressning av olja på gårdsnivå.

Bioolja

Bioolja som energikälla är ingen enhetlig produkt. Viktiga kvaliteter såsom värmevärde och temperaturregenskaper kan skifta beroende på oljans ursprung. Biooljan består till stor del av rest- och biprodukter från den vegetabiliska oljeindustrin och från skogsindustrin (tallolja). Det kan också finnas använd frityrolja från restauranger och livsmedelsindustri. Även primära vegetabiliska oljor såsom rapsolja kan ingå. Den bör vara helt fri från den omdiskuterade palmoljan.

Språkbruket växlar och i annonser och produktblad kan man se att även RME kallas bioolja, men RME är en omvandlad, förestrad, produkt och alltså ingen olja. Det kan vara förvirrande. Begreppet bioolja borde vara förbehållet vegetabiliska oljor och så används begreppet här.

Biooljan, liksom RME, fungerar som ett bättre lösningsmedel än fossil olja. Den angriper också vissa material i tätningar och ledningar, varför dessa behöver bytas. Se om RME ovan för extra åtgärder.

Biooljan stelnar när den kommer under en viss temperatur. I produktfakta anger smältpunkt den temperatur, där oljan övergår från flytande till fast form och inte längre kan pumpas. Smältpunkten beror på den aktuella oljans sammansättning. Förutom energivärde och askhalt är alltså smältpunkten viktig att ta reda på. Om inte smältpunkten är tillräckligt låg måste biooljan lagras i varmt utrymme eller med någon typ av uppvärmning. En tillverkare anger för en av sina biooljeprodukter att den kan användas ner till 12 °C utan att värmas. Det bör då kunna fungera under en normal skördesäsong. En annan leverantör anger smältpunkten + 20 grader för användning, vilket ger en säkerhetsmarginal.

Bioolja fungerar inte i den gamla oljebrännaren, utan man måste investera i en särskild brännare, kallad alloljebrännare eller biooljebrännare. Biooljan pumpas med en extern pump via en förvärmare till brännaren. Oljan värms med en liten elpatron till oljans flampunkt. I vissa brännare tillsätts även tryckluft, så att mer syre tillförs. Brännaren är så flexibel att den kan användas till olika oljor, även den fossila oljan. Pannan kan behöva modifieras något för att biooljans längre flamma ska få plats i brännkammaren. Att flaman är längre beror på att bioolja har längre antändningstid. Detta kan ofta ordnas på så vis att aggregatet monteras på en distans i pannans brännaröppning.

Energiinnehåll, värmevärde. Eftersom oljan är en mix av diverse oljor och restprodukter kan värmevärdet variera. Det ligger i allmänhet runt intervallet 9 000- 9 500 kWh/m³, d.v.s. något lägre än fossila oljans (ca 9 900 kWh/m³).

Volym. Densiteten kan också variera beroende på blandningen men ligger oftast runt 900 kg/m³. Det behövs alltså något större lagringsvolym för bioolja än fossil eldningsolja med samma mängd energi.

Prisläge. Priset varierar beroende på bland annat leverantör, volymer och transportavstånd och därför är det svårt att ange annat än ett ungefärligt prisläge. Vid bulkleverans och helt lastbilslass rör sig priset kring 6000 - 6500 kr/m³. Vid förbrukning om några kubikmeter per år kan några leverantörer erbjuda leverans i en s.k. IBC-container om 1 m³. Då får man räkna med högre pris, kanske 7500 - 8000 kr/m³. Kalkylen i tabell 7 har exempel med två prisnivåer för bioolja.

Övrigt. Tekniken är lite mer komplicerad än för fossiloljan och därför bör man se till att ha ett bra serviceavtal för brännaren. Överlagring av bioolja mellan torkningssäsongerna bör undvikas. Bioolja som biologisk produkt ställer särskilda krav på lagring.

Biogas

Biogas skulle vara ett utmärkt bränsle till torkning, men det är ändå ett tveksamt alternativ till fossiloljan. Orsaken är svårighet och kostnad för att lagra biogas fram till torkningssäsongens behov. 1m^3 ren metan vid normalt tryck, det som benämns normalkubikmeter Nm^3 , ger ca 10 kWh, d.v.s. ungefär som en liter eldningsolja. Biogas direkt från röt-kammaren, som kanske inte håller mer än 60 procent metan, ger bara 6 kWh. För att ersätta 1 eldningsolja behövs då alltså cirka 1700 l biogas. Metanhalten kan variera. Resten är mest koldioxid, som inte kan förbrännas ytterligare, den är ju en slutprodukt vid fullständig förbränning av organiska substanser. Det hindrar dock inte att det kan finnas situationer där biogas står för en del av värmen till torken, om man har en gaspanna på gården med tillförsel direkt från biogasanläggningen.

Energiinnehåll, värmevärde. 6,5 kWh per Nm^3 vid innehåll av 65 procent metan. (Nm^3 = normalkubikmeter, 1m^3 vid normalt tryck, normal temperatur). Vid ett innehåll av 55 procent metan är energiinnehållet motsvarande lägre, 5,5 kWh per Nm^3 .

Volym. På gårdsnivå är det knappast aktuellt att komprimera eller uppgradera biogasen för användning i uppvärmning. Lagring utan komprimering kräver stora volymer.

För att ersätta 1m^3 eldningsolja åtgår ca 1500Nm^3 biogas med metanhalten 65 procent. Om metanhalten är 55 procent går det åt ca 1800Nm^3 biogas för 1m^3 eldningsolja.

Prisläge. Det finns inget egentligt marknadspris på sådan biogas, rågas, som inte uppgraderats med avseende på metanhalten. På gården får i varje enskilt fall energipriset för biogasen sättas efter gasens alternativa användning.

Hållbarhetsbesked för flytande biobränslen

Om man väljer att köpa bioolja eller FAME (t.ex. RME) för att värma spannmålstorken ska man kontrollera att leverantören kan uppvisa ett hållbarhetsbesked för produkten ifråga. Energimyndigheten utfärdar hållbarhetsbesked för flytande biobränslen och utifrån särskilda kriterier som rör miljö och klimat. Det har alltså inte med bränslets lagringsstabilitet att göra. Ett hållbarhetsbesked är nödvändigt för att man ska slippa den energi- och koldioxidbeskattning som belastar fossila bränslen. På Energimyndighetens webbsidor hittar man en aktuell förteckning över leverantörer och produkter med hållbarhetsbesked.

Översikt av kombinationer panna + bränsle.

Den lösning som man väljer vid konvertering består av en kombination av panna och bränsle. Varje gård har sina förutsättningar, sina specifika behov och frågor om pann typer och bränslen. Tabell

6 nedan ger en översikt över olika planeringssituationer och normalt förekommande förnybara bränslen som kan passa. Ett X markerar tänkbara alternativ. Några av dem är extra intressanta, men tabellen ger inte uttryck för det. Biogas skulle vara ett utmärkt bränsle, men det har markerats som tveksamt alternativ, med (X). Orsaken är svårighet och kostnad för att lagra biogas fram till torknings-säsongens behov.

Tabell 6. Översikt över olika planeringssituationer inför övergång till förnybara bränslen.

Planerings-situation: Vad ska värmas?	Effekt bestäms av	Varmluft eller vattenburet	Typ av panna	Förnybara bränslen								
				fasta						flytande	gas	
				flis	pellets	spannmål	halm, kont.	halm, sats	ved, sats	RME	rapsoolja, bioolja	biogas
Planerings-situation 1. Enbart <u>tork</u>	Torkens behov	VARMLUFT	Kontin. eldad varmluftspanna	X	X	X	X			X	X	(X)
			Satseldad panna (tillsatsvärme)						X			
		VATTENBUREN VÄRME	Satseldad panna (ev. med ack.tank)					X	X			
			Kontin. eldad panna	X	X	X	X			X	X	(X)
Planerings-situation 2. <u>Tork + byggnader</u> från gemensam panncentral	Torkens behov	VATTENBUREN VÄRME	Satseldad panna + ack.tank					X	X			
			Kontin. eldad panna (tveksamt köra med dellast)	X	X	X	X			X	X	(X)
			2 Kontin. eldade pannor 1 panna för byggnaders behov, 1 panna kompletterar i torkning	X	X	X	X			X	X	(X)
	Övriga byggnaders samtidiga behov. Förvärmning till befintlig oljepanna	VATTENBUREN VÄRME	Satseldad panna (ev. med ack.tank)					X	X			
			Kontin. eldad panna	X	X	X	X			X	X	(X)



möjligt / lämpligt alternativ



tveksamt alternativ



inget alternativ, olämpligt alternativ

Planeringssituation 1. Enbart torken ska värmas, torkens effektbehov dimensionerar pannan.

Enklast på flera sätt är om det bara är en tork som ska värmas. Valet mellan varmluftspanna och vattenburet för spannmålstorken ter sig numera ganska enkelt. På bara några år har det kommit flera typer av biobränsleeldade varmluftspannor och med dem slipper man nackdelarna med vattenburna system. Det är t.ex. investering i värmeväxlare/varmvattenbatteri, cirkulationspump och ledningar. Sönderfrysning av värmeväxlaren ska förebyggas med fyllning av glykolblandning, tömning av syste-

met eller vintercirkulation med något uppvärmt vatten. Många har erfarenhet av att försumma sådana åtgärder. Det är möjligt, men inte troligt, att välja ett vattenburet system enbart för att värma en spannmålstork.

Varmluftspannor för fasta biobränslen har funnits i flera år men det är först på de senare åren som de utvecklats i de storlekar som krävs för spannmålstorkar. Pannan kan ha en egen fläkt som klarar att blåsa torkluften genom torken. Alternativet är att torken har en egen fläkt och pannan via ett så kallat dragavbrott förser torken med varmluft.

Varmluftspannorna har något olika tekniker

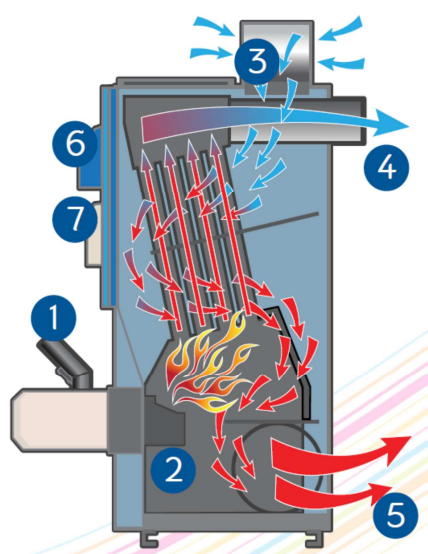
1. Vedeldade varmluftspannor, d.v.s. de är satseldade och fordrar därför en del arbete med påfyllning och tillsyn. Sådana pannor används bland annat i växthus, men effekterna är inte så höga. Det är tänkbart att använda dem som tillsatsvärme i kalluftstorkar, om man kan acceptera det arbete som de medför.

2. Fliseldade varmluftspannor, som i princip är uppbyggda som sina vattenburna motsvarigheter, men där värmen från förbränningen växlas över till luft istället för vatten. (Akron, Antti, Tornum)

För att utnyttja bränslet bäst, bör flispannan vara kopplad till en kontinuerlig tork eller dubbel sats-tork. Enkel satstork är ett sämre alternativ.

3. Varmluftspannor som är uppbyggda som sina oljeeldade motsvarigheter, men där oljebrännaren ersatts av en pelletsbrännare eller en stokermatad förugn, så kallad multistoker. Även befintliga oljepannor kan möjligen konverteras med rätt förutsättningar.

a) pelletsbrännaren har sin förbränning inne i pannan. Bild GG visar principen. Vid automatisk tändning fungerar detta nästan som med en oljebrännare, men här måste askan tas om hand. Vid manuell uraskning ska det finnas tillräckligt med askutrymme för att det inte ska behöva göras så ofta. Automatisk uraskning är en annan lösning.



Figur 25.

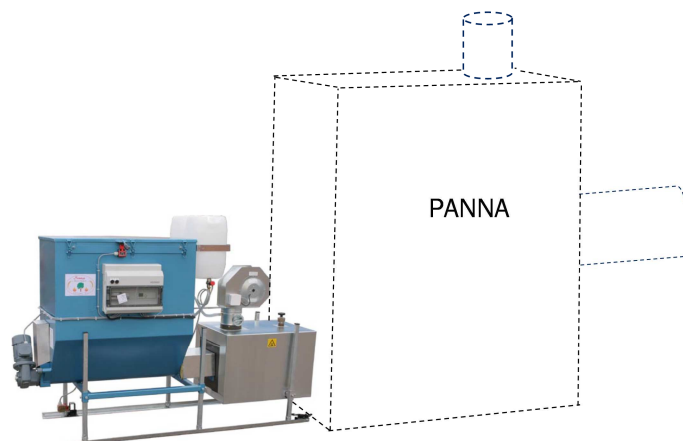
Den pelletseldade varmluftspannan i princip. Bilden föreställer en 50 kW panna, men principen kan gälla för större pannor.

1. Inmatning av pellets
2. Pelletsbrännare
3. Inkommande kalluft
4. Rökgasrör
5. Utgående varmluft
6. Kontrollpanel
7. Styrning pelletsbrännare

(Källa: Baxi)

b) oljebrännaren ersätts med en stokermatad förugn, multistoker. "Multi" kommer av att det är möjligt att elda olika bränslen, i första hand avses flis, pellets eller spannmål. Behållarens utformning är viktig för bränslets egenskaper, det krävs en omrörare för att det ska fungera med flis.

Bilden nedan föreställer en multistoker som består av behållare, matarutrustning med säkerhetsanordningar och en förugn. Förbränningen sker huvudsakligen i förugnen som skickar en vedgaslåga in i panna, där värmeöverföringen sker till varmluften.



Figur 26. Multistokern består av behållare, matarutrustning med säkerhetsanordningar och en förugn. Påfyllningsskruv för bränsle fram till bränslebehållaren saknas på denna bild. (Källa: Sonnys Maskiner)

Att utrusta pannan med en sådan multistoker kan ge större flexibilitet i val av bränsle än om man utrustar pannan med en specialiserad pelletsbrännare. Det beror på matningsutrustningen vilka bränslen den kan hantera, om den är avsedd för flis eller bara för pellets. En nackdel med förugn som i figur 26 kan vara större värmeförluster till omgivningen.

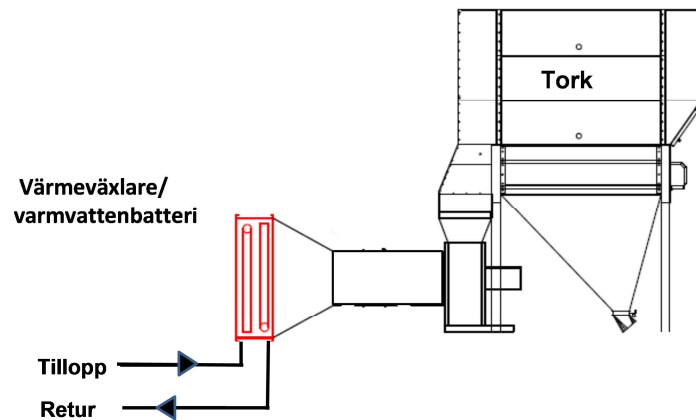
varmluftspanna kan också eldas med andra flytande bränslen än eldningsolja, varav RME och biooljor är tänkbara förnybara bränslen. RME är lättflytande som den fossila oljan och därför kan befintlig oljebrännare användas med viss anpassning. Eldning med rapsolja och andra biooljor kräver en särskild brännare som är anpassad för högre viskositet i bränslet.

Planeringssituation 2. Torken och andra byggnader ska värmas från en värmecentral

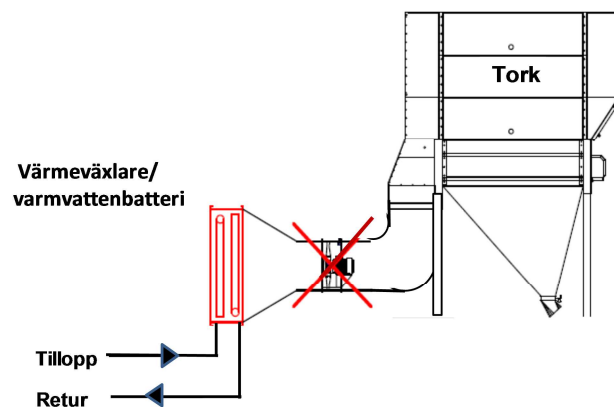
En fastbränsleeldad värmecentral förutsätter ett vattenburet system. Centralen förser tork och andra byggnader med värme genom ett kulvertsystem. Överföring av värme till torkluften sker i en värmeväxlare, som även brukar benämnas varmvattenbatteri. Denna plus en fläkt ersätter alltså den gamla pannan. Se figur 27.

Det är ingen bra lösning att ha den gamla pannan kvar för att svara för luftflödet och utan att använda brännaren. Om man behåller den får man sänkt torkkapacitet för att pannfläkten matas med uppvärmd luft, vilket förklaras nedan. En annan situation är det när man bara förvärmer luften och använder den gamla pannan för att höja temperaturen till slutnivå.

Om pannan har en axialfläkt får motorn troligen temperaturproblem, då den ju sitter i luftflödet. Den får inte tillräcklig kylning och kan komma att skadas.



Figur 27. Den gamla pannan ersätts av varmvattenbatteri plus en fläkt, som bör vara en radialfläkt om den placeras efter batteriet. Denna fläkt bör vara frekvensstyrd. (Källa: Tornum)



Figur 28. Man ska inte placera en axialfläkt i en varm luftström som på bilden. Motorn får då inte tillräcklig kylning. En axialfläkt ska placeras framför batteriet. (Källa: Tornum)

Om man bygger en värmecentral, som ska förse både spannmålstork och andra byggnader med värme, så uppstår en viktig fråga om dimensionering. Man har i princip två valmöjligheter:

1. Maxeffekten bestäms av torkens behov/behov under torkningssäsongen.
2. Maxeffekten bestäms av behovet efter avslutad torkning, det vill säga de andra byggnadernas behov.

Ofta är torkningen avslutad innan uppvärmningssäsongen börjar, men det kan tänkas att t.ex. något djurstall behöver värme samtidigt med torken. I så fall får det stallets effektbehov adderas till torkens i valmöjlighet 1.

Till en del kan valet bero på vilket bränsle man har tillgång till. En rad faktorer spelar in, man har flera saker att ta ställning till. En faktor är värmecentralens placering vilket påverkar kulvertdragning, kulvertdimensionering och kulvertkostnader. Placeringen har också betydelse för val av bränsle, hur bränsle lagras, hanteras och transporteras till pannan. Störningar för omgivningen från buller, transporter och rök har också betydelse.

Valmöjlighet 1. Maxeffekten bestäms av torkens behov

Detta kan ofta innebära att en hög effekt används av torken under en kort torkningssäsong på 3 - 4 veckor och att effektbehovet för övrig uppvärmning är mycket lägre. Detta kan lösas på flera sätt.

Satseldad panna. Ett alternativ är en panna för stora balar, d.v.s. en satseldad panna. Där kan man även använda ved i passande längder. Idealet är när vinterns effektbehov är i nivå med torkens behov, så att pannan inte behöver gå så mycket delbelastad. De allra flesta pannor fungerar sämre och har lägre verkningsgrad vid dellast, som fallet ofta blir efter avslutad torkning. Den satseldade pannan bör alltid ha en ackumulatortank, för att man ska kunna elda pannan högt belastad och lagra värme mellan eldningarna.

En nackdel med satseldad panna är en låg verkningsgrad vid upp- och nereldning och då sker samtidigt större utsläpp. Under antändning och uppeldning kan man få problem med störande röknedslag.

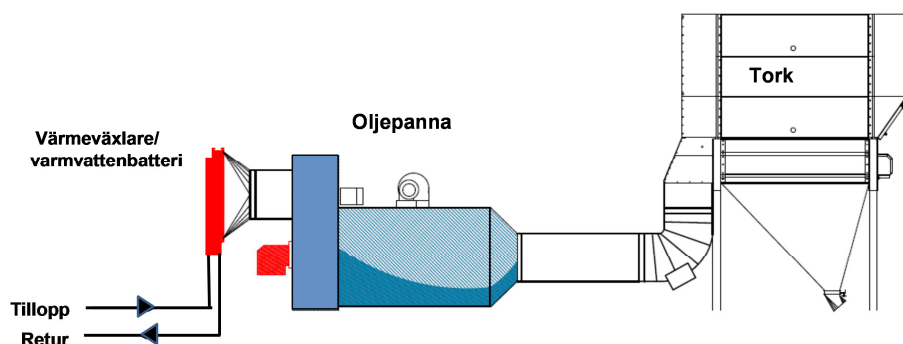
För djurgårdar kan det vara en fördel att man har möjlighet att elda kadaver i pannan, under förutsättning att man har tillstånd för det.

Kontinuerligt eldad panna. Pannan kan vara avsedd för och eldas med exempelvis flis, spannmål, riven halm. Förädlade bränslen som pellets, eller briketter, är mindre aktuella på grund av priset. Inget utesluter egentligen de flytande bränslena RME och bioolja. Idealet är när vinterns effektbehov är i nivå med torkens behov, så att pannan inte behöver gå så mycket delbelastad. Annars bör denna lösning undvikas.

Två pannor, med kontinuerlig eldning. Ett sätt att lösa problem, som uppstår med olika effektbehov under och efter torkningssäsong, är att sätta in två pannor. Effekterna väljs då så att den ena kompletterar den andra, exempelvis så att en panna svarar för behovet efter torkningssäsong. Den andra pannan körs som komplettering under torkningssäsong. Som i fallet med en panna är bränslena i första hand fastbränslen: flis, spannmål, riven halm.

Valmöjlighet 2. Maxeffekten bestäms inte av torkens behov utan av övriga byggnaders behov.

I detta fall använder man så mycket värme som det går från värmecentralen och med ett varmvattenbatteri förvärmer man då ingående luften till torkens panna. Tillgänglig effekt får bestämma hur mycket luften kan förvärmas. Man behåller då alltså den gamla pannan för att höja temperaturen på den förvärmade luften till önskad torklufttemperatur. Det är vanligt att den gamla oljepannan även i fortsättningen eldas med fossil olja. Det är dock inget som hindrar att den eldas med RME i den befintliga brännaren. RME ligger närmast till hands om man vill ha torkningen helt fossilfri.



Figur 29. Luften till den gamla oljepannan förvärms med varmvattenbatteri. Oljepannan höjer till slutlig torktemperatur. (Källa: Tornum)

I uppställningen i figur 29 används oljepannans fläkt för att blåsa torkluften genom torken. Här måste man dock tyvärr räkna med sänkt torkkapacitet vid samma driftstemperatur som tidigare. Förklaringen är att den förvärmade luften får lägre densitet än den kallare uteluften. En fläkt är en "volymtransportör". Även om luftflödet räknat i m³ per timme är oförändrat, så har alltså massflödet räknat i kg luft per timme minskat genom förvärmningen. Det är knutet till luftmassan i kg och inte luftvolymen i m³ hur mycket fukt som luft med en viss temperaturhöjning kan ta upp.

Luftens densitet vid 15 °C är ca 1,22 kg/m³ och vid exempelvis 40 °C är densiteten ca 1,10 kg/m³, alltså en minskning med 10 procent. Därför kommer en förvärmning med 25 °C att sänka torkens kapacitet med ca 10 procent, även om torkluftens temperatur är oförändrad. I tillägg till det kan varmvattenbatteriet ge ett luftmotstånd som minskar luftflödet. Går det att höja torktemperaturen, så kan man åtminstone i viss mån kompensera för det kapacitetstapp, som orsakas av förvärmningen. Man kan också undersöka om fläktens varvtal kan höjas, t.ex. genom frekvensstyrning.

I ett fall bör man inte märka sådan kapacitetsminskning utan snarare tvärtom. Det är när pannan tidigare varit underdimensionerad, så otillräcklig att torkens avverkning satts ner av kyligt väder, som t.ex. nattetid.

Pannan i värmecentralen kan antingen vara en satsvis eller kontinuerligt eldad panna. Dessa har behandlats ovan.

Vad kan man investera vid en konvertering och bränslebyte?

I valet mellan lösningar är lönsamheten av största betydelse. En generell ekonomisk jämförelse låter sig inte göras och den skulle vidare vara svår att överföra på den enskilda gården. Förutsättningarna är ju så skiftande och därför har lönsamheten och andra faktorer olika tyngd i valet av bränsle och system på varje enskild gård. Istället beräknas här ett investeringsutrymme, baserat på en jämförelse mellan fossila oljan och förnybara bränslen ifråga om bränslekostnad och verkningsgrad. Tabell 7 visar exempel på sådan beräkning.

Kommentarer till tabellens värden.

Pris. Några bränslen har en tydlig prisnivå, bestämd av marknaden. Andra bränslens priser är inte lika bestämda. Det gäller exempelvis halm och spannmål, vars priser påverkas av årsmånsvariationer. Därför har tabellen två exempel på prisnivåer, som är tänkta att fånga in variationen. Priset motsvarar kostnader fram till bränslelagret, inklusive eventuellt eget arbete samt maskinkostnader för att fram bränslet till lagret. Volym och transportavstånd kan också påverka priset. Här ingår inte lagringskostnader för bränsle utan istället får ett nytt bränslelager ingå i den investering som beräknas enligt nedan.

Tabellens pris på 9 500 kr/m³ för Eo1 har valts med tanke på förändrad skatteåterbetalning från januari 2015. Priset är alltså efter skatteåterbetalning.

Värmevärde. Effektiva värmevärden bygger på tabellvärden och leverantörers uppgifter.

Verkningsgrad för respektive bränsle är ett antaget medelvärde för den typen av eldning. Normalt ska en årsmedelverkningsgrad användas. Eldning under torkningssäsong innebär hög belastning på

pannan och det medför då en relativt hög verkningsgrad, bättre än årsmedelverkningsgraden. Tester visar att verkningsgraden kan skilja en hel del mellan olika pannor. Verkningsgraderna i tabell 7 bör ses som exempel.

I vattenburna system uppstår förluster i värmeöverföringen, förluster som ökar med ökad temperatur och med ökad längd på kulvertledningen. Förlusterna reducerar alltså totalverkningsgraden.

Justerat värmevärde. Genom att effektiva värmevärdet multipliceras med verkningsgraden i procent fås den energi efter förluster som panna eller varmvattenbatteri kan avge till torkluften.

Justerad kostnad är priset per kWh för den energi som återstår till värme i torkluften efter förluster.

Investeringsutrymme. Skillnaden mellan fossila oljans pris och ett bränsles pris ger en skillnad i årlig energikostnad för det bränslet. Skillnaden i kostnad kan då betala årskostnaden för en viss storlek på investering vid ett bränslebyte. I tabellens beräkningar antas det att årskostnaden för värdeminskning, ränta och underhåll är 14 procent av investeringen. Tabellen visar hur mycket man då kan investera för att ersätta fossiloljan, när bränslebytet går jämnt upp ekonomiskt. Krävs en lägre investering ger bränslebytet även en vinst.

I tabellen beräknas investeringsutrymme för att under dessa förutsättningar ersätta 1 m³ fossil eldningsolja. Som exempel visas också ett investeringsutrymme och bränslekostnader per år.

Tabellen ger också exempel på att ersätta en årsförbrukning av 10 m³ eldningsolja. Det motsvarar ungefär behovet för att torka 1000 ton per år med en skördevattenhalt på 18 - 19 procent.

Tabell 7. Beräkning av investeringsutrymme för att ersätta fossil olja med några förnybara bränslen. Fossil eldningsolja har här ett pris på 9 500 kr/m³ efter skatteåterbetalning.

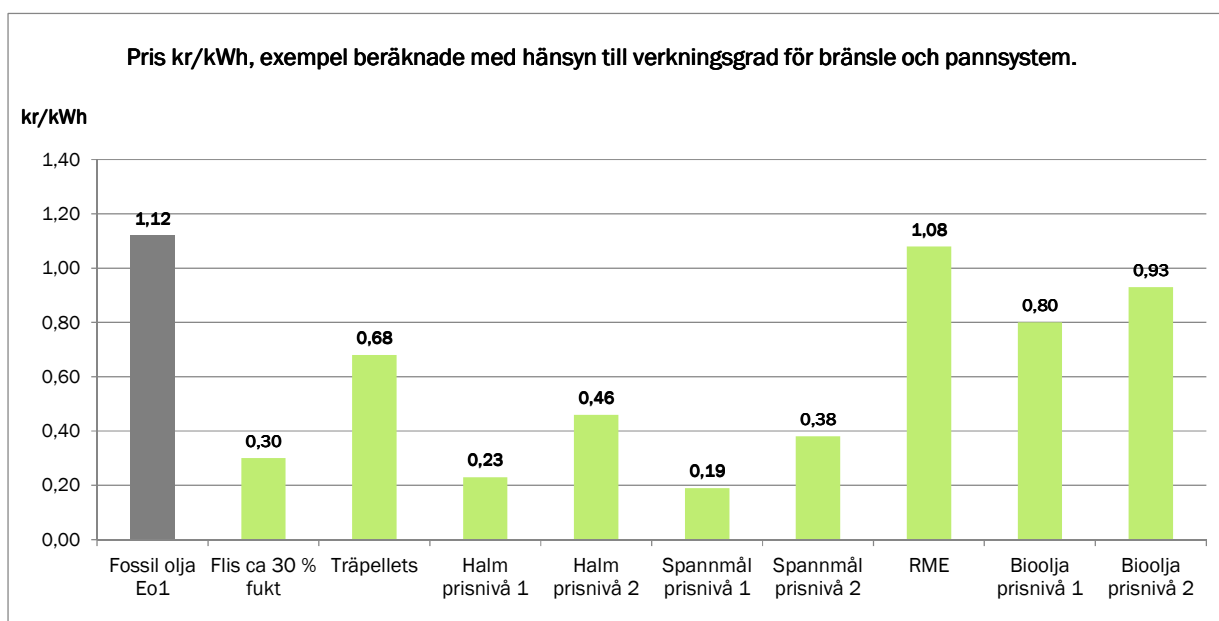
Bränsle	Enhet	Pris	Värmevärde	Verkningsgrad	Justerat värmevärde	Justerad kostnad	Inv.utrymme för att ersätta 1 m ³ Eo1	Exempel : ersätta 10 m ³ Eo1 per år		
		kr/enhet	kWh/enhet	procent	kWh/enhet (med hänsyn till verkn.grad)	kr/kWh		Invest-utrymme	Bränsle-kostnad	Bränsle-behov
							kr	kr	kr/år	enheter/år
Fossil olja Eo1	m ³	9 500	10 000	85	8 500	1,12			95 000	10
Flis ca 30 % fukt	m ³ s	200	950	70	665	0,30	49 600	496 000	12 800	128
Träpellets	ton	2 600	4 800	80	3 840	0,68	26 700	267 000	28 800	22,1
Halm prisnivå 1	ton	600	4 000	65	2 600	0,23	53 800	538 000	9 800	32,7
Halm prisnivå 2	ton	1 200	4 000	65	2 600	0,46	39 800	398 000	19 600	32,7
Spannmål prisnivå 1	ton	600	4 200	75	3 150	0,19	56 300	563 000	8 100	27,0
Spannmål prisnivå 2	ton	1 200	4 200	75	3 150	0,38	44 700	447 000	16 200	27,0
RME	m ³	8 500	9 300	85	7 905	1,08	2 600	26 000	45 700	10,8
Bioolja prisnivå 1	m ³	6 500	9 500	85	8 075	0,80	19 000	190 000	34 200	10,5
Bioolja prisnivå 2	m ³	7 500	9 500	85	8 075	0,93	11 500	115 000	39 500	10,5

I en sådan situation att oljebrännaren eller hela oljepannan är förbrukad och ändå måste bytas ut, blir investeringsutrymmet högre. Det ökar med beloppet för ersättningsinvesteringen.

Arbetsinsats, förändring. I tabellen ovan har inte hänsyn tagits till förändringar i arbetsbehov. Ett bränslebyte kommer i många fall att öka arbetsbehovet. Viss tid kan behöva läggas på övervakning,

uraskning, tillsyn av eldning och bränsletillförsel. Arbetsbehovet skiljer sig mellan de olika bränslena och därför påverkas ekonomin olika mycket. Om man antar till exempel att det behövs en ökad arbetsinsats med en halvtimme per dag under 20 dagar och den tiden värderas till 250 kr/tim, så medför det en ökad årskostnad på 2500 kr. Den ökade årskostnaden minskar då investeringsutrymmet med $2500/0,14 = 17\,850$ kr.

Dyrare eldningsolja, förändring? I tabell 7 baseras kalkylen på ett pris av 9 500 kr/m³ för den fossila oljan, efter skatteåterbetalning. Om eldningsoljan stiger ytterligare med 1 000 kr/m³ och övriga bränslepriser blir oförändrade, så ökar investeringsutrymmet med $1000/0,14 = \text{ca } 7\,000$ kr för varje årligt förbrukad m³ eldningsolja som ska ersättas.



Figur 30. Stapeldiagrammet visar energikostnad enligt tabell 7 ovan, "justerad kostnad". I detta diagram står kWh för den energi som efter förluster är tillgänglig för att värma torkluften.

Några reflektioner om investeringsutrymmet

Hur man ser på investeringsutrymmet och vilka slutsatser man kan dra från tabellen ovan beror på planeringssituationen och vilka uppvärmningsbehov som finns utöver torkens.

Flis är ett billigt bränsle, men det är ett bränsle som kräver ganska stora investeringar i en effekt som används under kort tid. Investeringen i panncentral och kulvertsystem behöver därför delas av fler uppvärmningsbehov än torkens. Bäst är om det finns ett lika högt effektbehov som torkens även efter torkningssäsong. Den fliseldade varmluftspannan kan vara intressant.

Halm. Ungefär detsamma gäller halmeldning. En satseldad halmpanna bör kompletteras med ackumulatortank. Tillgången på bra halm varierar mellan åren och därmed även priset för halmen.

Pellets. I allmänhet är det inte så intressant att kombinera pelletseldning och vattenburen värme. Det är intressantare med en pelletseldad varmluftspanna i någon form, antingen en färdig varmluftspanna eller en ombyggnad av den befintliga oljepannan. På sikt bör man nog satsa på en varmluftspanna som är byggd och anpassad för pelletseldning.

Spannmål som bränsle ger ett stort investeringsutrymme. Man bör dock välja en eldningsutrustning som klarar även pellets och flis, inte bara spannmål. Det ger ökad flexibilitet och ökad säkerhet.

RME har ett så högt marknadspris att det är mindre intressant för spannmålstorkning. Investeringsutrymmet är därför litet men det kan nog täcka de mindre åtgärder som behövs för att anpassa den gamla oljebrännaren. Detta bör man nog se som en kortsiktig lösning i väntan på en mer genomgripande förändring.

Bioolja ger inte så stort investeringsutrymme, men det kan vara fullt tillräckligt för att byta till en biooljebrännare. Det gäller särskilt om den befintliga brännaren är sliten och ändå ska bytas. Det finns en flexibilitet i att en biooljebrännare (allroundbrännare) även klarar fossil olja och RME.

Containerlösning. Panna med utrustning monteras i en flyttbar container

Torken används bara några veckor på hösten och då är det en klar fördel om pannan därefter kan användas för annan uppvärmning. Att dela panninvesteringen på flera behov ger bättre ekonomi. Ett sätt är då att bygga in panna med utrustning i en container. Efter torkningssäsongen kan den flyttas och hyras ut till något annat företag.



Figur 31. Containern på bilden innehåller en pelletseldad varmluftspanna och den har här placerats intill gårdens gamla pannrum. Man behöver i stort sett bara docka intill en varmluftskanal och koppla in strömmen. Pellets fylls på vid luckan på containerns tak. Containerlösning fungerar för såväl luft- som vattenburen värme.

Hur kan jag använda min gamla oljepanna?

Om man vill behålla sin gamla oljepanna och byta från den fossila oljan till förnybart bränsle ges några alternativ. Tänkbara bränslen är i första hand RME, bioolja (inkl. rapsolja), pellets, flis och även spannmål. Investeringens storlek, bränslekostnad, skötselbehov är faktorer att ta hänsyn till samt givetvis förutsättningar på den enskilda gården. Man bör nog utgå från att oljepannan är byggd och anpassad för den fossila oljan och att byte av bränslen till en sådan panna bör ses som en lösning på kort sikt.

RME - befintlig oljebrännare anpassas

Det går bra att använda RME i befintliga oljebrännare utan större kostnader. Gårdar som har testat, t.ex. gårdar i det östgötska projektet Fossilfritt lantbruk, har då fått justera bland annat bränsletryck och oljemängd.

Bioolja - befintlig oljebrännare ersätts med en särskild brännare

Befintliga oljebrännare byts ut mot en biooljebrännare, även kallad alloljebrännare. Konstruktionen har anpassats för oljor med andra egenskaper än fossil olja, men vid behov kan även fossil olja liksom FAME/RME användas i en sådan brännare. Det medför viss flexibilitet.

Pellets - befintlig oljebrännare ersätts med pelletsbrännare

På en befintlig varmluftspanna finns möjlighet att ersätta oljebrännaren med en pelletsbrännare. Men det är inte bara att byta brännare. Styrning och säkerhetsanordningar kan behöva modifieras. Ett strömavbrott kan få allvarigare följder vid pelletseldning, eftersom pelletsen ska brinna ut. En oljebrännare stannar däremot tvärt och slutar att värma. Pelletshärden fortsätter att avge värme och det kan eventuellt leda till överhettning och brand. För att den ska brinna ut utan skador så måste rökgasfläkten fortsätta ett tag och därför förses fläkten med batteribackup. Rökgasfläkten bör vara varvtalsstyrd, genom frekvensomriktning, och varvtalet styrs då av undertrycket i brännkammaren. Det ska också finnas en förregling så att inte brännaren kan startas om inte rökgasfläkten är igång.

Det bör vara en separat driftstermostat till pelletsbrännaren. Vid konvertering kan man gärna behålla den gamla oljebrännaren och ha som reserv. Bytet tar inte lång tid. Bytet förbereds så att man med en enkel omställare växlar mellan pelletsbrännarens styrning och pelletsbrännarens styrning.

En stor skillnad mot oljeeldning är att det bildas aska vid pelletseldning och den ska tas om hand. Det är möjligt att sätta in automatisk uraskning i befintliga pannor. Det blir en extra investering som ökar bekvämligheten men som inte sparar så mycket arbete. Användningstiden är ju inte många veckor och det är acceptabelt för de flesta att ta ut askan med några dagars intervall. Pannan blir lättare att öppna för uraskning om brännaren är monterad på en vagn. Man bör använda pellets med bra kvalitet, svensk standardkvalitet, eftersom det händer att viss importerad pellets av sämre kvalitet ger mer aska. Med bra pellets kvalitet riskerar man inte att pelletsen faller sönder och försämrar förbränningen. Pelletsen får inte utsättas för fukt.

Priset för konverteringen beror på effekt och i viss mån omständigheterna på plats. Ett exempel på offert från ett företag i branschen hamnar på ca 150 000 kr exkl. moms för en panna på ca 350 kW. Då ingår all styrning och alla skydd, bränslematning med en mindre pelletsficka, som man kan bygga på samt montage, igångkörning och intrimning. Det tillkommer reskostnader för montör samt elin-

stallation. Slutkostnaden blir i området 160 000 - 170 000 kr. Utöver det behövs viss hantlangning och det kan också krävas en del ombyggnad i pannhuset, vilken oftast utförs av gårdens personal.



Figur 32



Figur 33

Figur 32. Oljebrännaren har bytts ut mot en pelletsbrännare i befintlig varmluftspanna. Montering av pelletsbrännaren på en liten vagn underlättar uraskningen. Här återstår att montera en skruv som ska mata brännaren via intaget på brännarens ovansida.

Figur 33 Till en ny varmluftspanna har kopplats en stokermatad förugn som i detta fall eldas med pellets. Matning med flis finns som alternativ.

Pellets, flis eller spannmål - befintlig oljebrännare ersätts med stokermatad förugn

På marknaden finns en typ av varmluftspanna med stokermatad förugn, ofta kallad multistoker. Bränslematningen anpassas efter det önskade bränslet som kan vara flis, pellets eller spannmål. Gaserna från förugnen slutförbränns inne i varmluftspannan, vilket då påminner om en oljebrännare. Askan från förbränningen hamnar i pannan och uraskningen kan ordnas automatiskt men sker oftast manuellt.

En tillverkare av multistoker har även ersatt oljebrännaren med stokermatad förugn på några befintliga pannor men då med pellets som bränsle. Liksom med pelletsbrännare krävs anpassning av styrning, av rökgasfläkt och av säkerhetsanordningar. Erfarenheterna av sådan konvertering är än så länge begränsade, särskilt vad gäller flis som bränsle.

Försäkringsbolag och annan expertis bör kontaktas före ett byte

Det är ganska nytt att bara byta oljebrännare mot pelletsbrännare och det kan behövas lite mer erfarenheter av tekniken och vilka krav som måste ställas på pannan. En mycket viktig fråga är om pannan kan ge samma effekt, lika mycket värme, som tidigare med oljan. En annan viktig fråga är brandsäkerhet. Lantbrukets Brandskyddskommitté har behandlat frågan om att byta till pelletsbrännare men har inga särskilda rekommendationer i den nyligen gjorda revisionen av LBK-pärmen. Det måste vara klokt att kontakta sotare och försäkringsbolag före ett brännarbyte

Hur kan man utnyttja solenergi i spannmålstorken?

En intressant fråga är om torken kan utnyttja solenergin och i så fall hur. Under augusti - september ger solinstrålningen en medelenergimängd på 3 - 4 kWh/dygn på 1 m² i gynnsamt läge och gynnsam taklutning. Hur mycket av instrålad energi som kan utnyttjas beror på solfångarens konstruktion och verkningsgrad. En solfångare för vatten är normalt inte av den dimensionen att den kan ge något större energitillskott. Den är knappast aktuell i samband med spannmålstorkning.

Tänkbara fall, som behandlas nedan är:

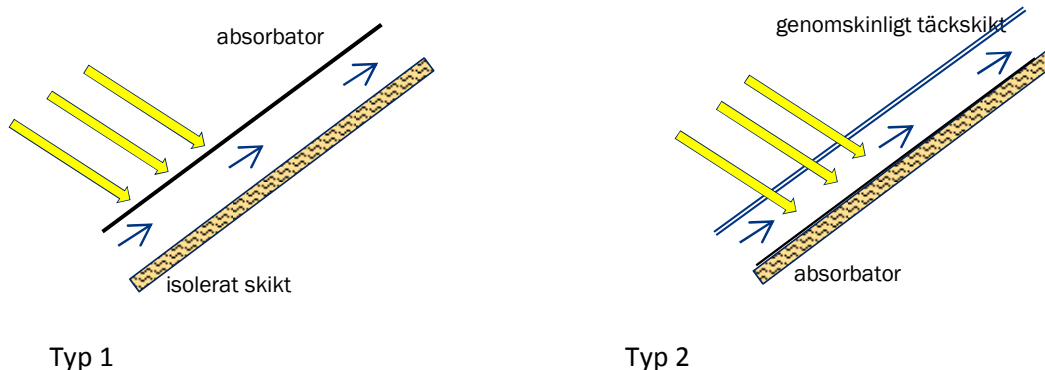
1. Luftsolfångare för tillsatsvärme till kallluftstork.
2. Luftsolfångare för förvärmning till varmluftstork.
3. Solpaneler, produktion av elenergi till torken.

1. Luftsolfångare för tillsatsvärme till kallluftstork.

Allmänt rekommenderas tillsatsvärme till kallluftstorkar, men temperaturhöjningen bör begränsas till 5 - 7 °C. En möjlig värmekälla är då en luftsolfångare, men den har nackdelen att den ger bäst effekt i soligt och varmt väder. När behovet är störst, nattetid och i mulet och kallt väder, får man ingen hjälp av solfångaren. Den vanligaste typen av solfångare, där luften strömmar mellan en genomskinlig plast och en mörk skiva, s.k. absorbator, beräknas man kunna utvinna i medeltal 2 kWh/m²,dygn.

1 kWh kan ge 1000 m³ en temperaturhöjning på 3 °C. Nyttan av solfångaren kan belysas med ett exempel. Som exempel antas då att solfångaren har en area på 200 m² och kallluftstorkens fläkt har ett luftflöde på 18 000 m³/tim. Solfångaren kan här ge ett tillskott av 350 - 400 kWh/dygn i medeltal, men det sker dagtid och vi sätter tiden till 12 tim/dygn. Under den tiden höjer solfångaren lufttemperaturen ca 5 °C. Man har alltså god nytta av solfångaren men endast under en del av dygnet. Det ska då jämföras med andra värmekällor, som kan utnyttjas hela dygnet och tillföra mer energi och därmed även påskynda torkningen.

Luftsolfångaren ger bäst lönsamhet om den kan integreras i byggnaden vid ett nybygge eller vid en nödvändig omläggning av ett tak eller en södervägg. Användningen av solfångaren efter torkningssäsong är oftast begränsad, vilket då begränsar lönsamheten.

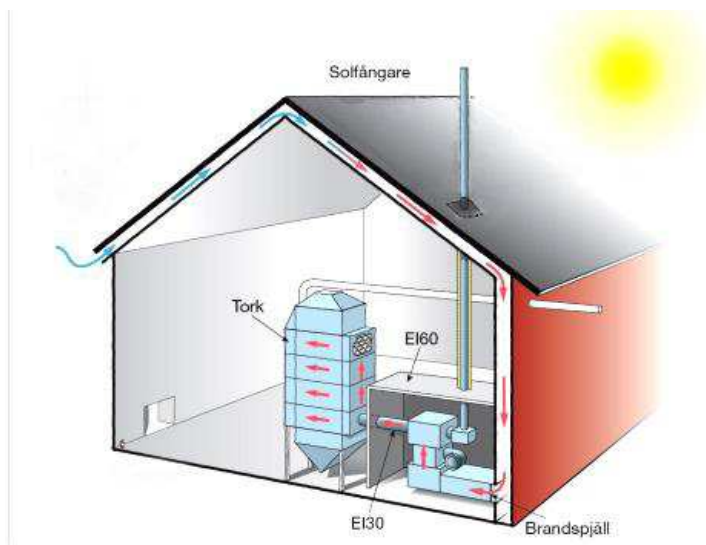


Figur 34. Principbild för 2 typer av luftsolfångare. I typ 1 är det en mörk takplåt som värms av solen och som värmer luftströmmen under. För att minska förlusterna bör det bakre siktet vara isolerat.

Typ 2 har vad man kallar täckt absorbatör. Solstrålningen passerar ett genomskinligt täcksikt, oftast plast, och värmer absorbatören som har viss isolering till skydd för värmeförluster neråt. Typ 2 är effektivare än typ 1 beroende på att takplåten i typ 1 förlorar värme uppåt, såväl genom strålning som ledning och konvektion.

2. Luftsolfångare för förvärmning till varmluftstork. varmluftspanna / värmeväxlare.

Man kan säga att solfångaren har mindre betydelse för kvalitet och torkkapacitet i varmluftstork än den har för kallluftstorken.



Figur 35. Principbild för förvärmning av luft till varmluftstork (LBK 2013).

I exemplet ovan med kallluftstorken kan 200 m² solfångare ge en temperaturhöjning dagtid på ca 5 °C, när luftflödet är 18 000 m³/tim. Detta motsvarar ungefär luftflödet i en varmluftspanna med 300 kW effekt. Temperaturhöjningen i en varmluftspanna kan variera från 40 till 75 °C och tillskottet från solfångaren blir därför en relativt liten del. Energimässigt kan solfångaren svara för 6 - 10 procent av torkens energitillförsel. Sådan förvärmning blir mindre intressant, ju billigare bränsle man använder.

Liksom vid kallluftstorken gäller att luftsolfångaren ger bäst lönsamhet om den kan integreras i byggnaden vid ett nybygge eller vid en nödvändig omläggning av ett tak eller en södervägg. Användningen av solfångaren efter torkningssäsong är oftast begränsad, vilket då begränsar lönsamheten.

3. Solpaneler, produktion av elenergi till torken.

Installation av solpaneler för elproduktion i lantbruket kan motiveras med många saker. Stort effektbehov dagtid är ett starkt motiv. Ett exempel är vid spannmålstorkning, där försörjningen av elenergi till torken kan komma från solel. El till spannmålstorkningen är givetvis inte enda motivet för en solcellsanläggning men ändå ett av många. En varmluftstork använder el till panna, transportörer och fläktar. I en kallluftstork svarar el för största delen av energibehovet, drift av fläktar.

I solpanelerna alstras likström. Den leds till en inverter, en apparat som omformar likström till växelström med rätt spänning och rätt frekvens. Inmatning sker på gårdens nät och solen används där-

med i första hand av gårdens apparater och motorer, vilket ger bäst lönsamhet. Eventuellt överskott säljs och levereras ut på elnätet.



Figur 36. På gården St. Tyttorp i Östergötland finns en solelsanläggning med en sammanlagd märkeffekt (max) på 30 kW. Gårdens östgötatorkar (kalluftstorkar) har fyra fläktar med en sammanlagd märkeffekt på 44 kW. Soliga dagar sommaren 2014 har torkarna fått nästan all elförsörjning från solpanelerna, fastän de fyra fläktarna gått samtidigt, men inte maxbelastade. Till vänster om logporten och under takfoten ser man de tre invertrarna.

VIKTIGT ATT TÄNKA PÅ

- Bra att välja en panna som klarar flera olika bränslen.
- Använd bränslen av hög kvalitet - det ökar driftssäkerheten.
- Energieffektivisera torken före konvertering.
- Följ rekommendationerna från Lantbrukets Brandskyddskommitté, LBK. Gäller t.ex. förändring av pannan, placering och byggnad av pannrum och bränslefförråd, skorstenshöjd, säkerhetsutrustning.
- Kolla alltid upp med försäkringsbolag och sotare vad som gäller för de planerade ändringarna.

Referenser

Abrahamsson, K. m.fl. 2012. Uppvärmning i Sverige 2012. Rapport EI R2012:09, Energimarknadsinspektionen.

Energikontoret Östra Götaland. 2014. Fossilfritt lantbruk nu! Handbok i minskat fossilberoende med östgötamodellen.

Granö, U. P. 1990. Våtlagring och hantering av fuktig spannmål. Röbbäcksdalen meddelar, nr 7. SLU Info/Växter, Röbbäcksdalen.

Gustafsson, G. 2008. System för användning av solenergi i lantbrukets driftsbyggnader. opubl. projektsammanställning. SLU/ Lantbrukets Byggnadsteknik.

Gustafsson, G. Ekström, N. 1980. Solfångare för torkning. Aktuellt från lantbruksuniversitetet nr 282. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Helmersson, N. 2013. Byt ut fossiloljan till torken. Arvensis 4/2013. HIR Malmöhus m.fl. HS.

IVA. 2014. Energieffektivisering av skogs- och jordbruk. Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050. Ett arbete inom IVAs projekt Ett energieffektivt samhälle. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien.

Jonsson, N. m.fl. 2003 Syrabehandling av spannmål. Svensk Mjölks serie Kvalitetssäkrad mjölkproduktion.

Jonsson, N. 2006. Uppdatering av gårdens spannmålstork, uppdragsrapport för SLA. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Lantmännen växtodling, 2007. Informationsaffisch Lantmännen Säker Spannmål.

LBK, Lantbrukets Brandskyddskommitté. 2013. Uppvärmning och torkning. Flik 4 i Brandskyddspärmen.

Liss, J-E. 2005. Brännved - energiinnehåll i några olika träslag. Institutionen för Matematik, naturvetenskap och teknik, Högskolan Dalarna, Garpenberg.

Lundin, G. 2013. Transport och efterföljande lagring av artificiellt kylt vete. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 415. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Lundin, G. Jonsson, N. 2005. Lagring av spannmål i utomhussilor. JTI informerar, nr 108. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Mytting, L. 2012. Ved. Allt om huggning, stapling och torkning - och vedeldningens själ. Natur och kultur.

Neuman, L. 2013. Spannmålskonservering, spannmålstorkning, Handbok i energieffektivisering, del 4. LRF.

Norén, O. 1994. Eldning med kallpressad rapsolja. Jordbrukstekniska Institutet.

Perstorp AB. 2012. Foderkonservering. Handbok i ensilering och konservering.

Preem AB. 2011. Produktblad eldningsolja Bio 100 (RME).

Sjöfartsverket. 2009. Konsekvenser av IMO:s nya regler för svavelhalt i marint bränsle.

Wallsten, J. 2009. Krossensilerad spannmål i mjölk- och köttproduktion. SLU/Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap.

Internet

Handbok i energieffektivisering:

www.lrf.se/Medlem/Foretagande/Energi/Energihandboken/

Energimyndigheten, hållbarhetskriterier för biobränslen:

www.energimyndigheten.se/Foretag/hallbara_branslen/Hallbarhetskriterier/

Lantmännen Säker Spannmål:

www.lantmannenlantbruk.se/sv/Spannmal/Saker-spannmal/

Personliga meddelanden

Nils Jonsson, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Martin Thorsson, Akronmaskiner AB.

Börje Andersson, Pelltec AB.

Christer Johansson, LRF Konsult AB.

David Varverud, Energifabriken AB.

David Andrae, Vänertekno AB, Westenergy AB

Björn Björkman, LBK, Brandskyddsföreningen Sverige

Bengt-Erik Löfgren, ÄFAB

Sune Jansson, St. Tyttorp, Ljungsbro

Gunnar Johansson, Sonnys Maskiner

Sylve Johansson, Sonnys maskiner