

Säker lagring av spannmål

Rensning, torkning och kylning



DLG Membership. Giving knowledge a voice.



Join DLG.

For more than 130 years DLG has been a forum for the exchange of ideas, a major source of information and a catalyst for progress.

With the aim of shaping, together with you, the future of agriculture, agribusiness and the food sector.

www.DLG.org/Membership



DLG-informationsblad 425

Säker lagring av spannmål

Rensning, torkning och kylning

Författare

- Heinz Gengenbach, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) (ansvarig)
- B. Sc. agr. Albert Spreu, RKL e. K., Rendsburg
- Dipl.-Ing. Ralph E. Kolb, Frigor Tec, Amtzell
- Dipl.-Ing. agr. Malte Bombien, Schwedeneck

All information ges utan garantier eller skadeståndsskyldighet

Utgivare:

DLG e. V.
Fachzentrum Landwirtschaft
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

Tysk originalutgåva. Exempel och beräkningar speglar tyska förhållanden och är inte alltid tillämpliga under svenska förhållanden. Utgiven: 5/2018

© 2020

Kopiering eller överföring av textavsnitt, ritningar eller bilder – även för undervisningsändamål – får endast göras enligt godkännande i förväg från DLG e.V., Servicebereich Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Tyskland, Tel. +49 69 24788-209, M.Biallowons@DLG.org

© Farm Mac AB svensk översättning och anpassning för svenska förhållande.

Innehåll

1. Inledning	5
2. Riskfaktorer	5
2.1 Undvik andningsförluster	5
2.2 Fukt, temperatur och tid	5
2.3 Naturligt förekommande svampar och lagringssvampar	6
2.4 Skadedjursbekämpning	7
3. Lagerstabilitet och underhåll	8
3.1 Rensning	8
3.1.1 Förrensning är minimistandard	8
3.1.2 Jämförelse mellan förrensning och sållrensning	8
3.2 Torkning	9
3.2.1 Torkningssystem	9
3.2.2 När blir torkningen lönsam?	12
3.3 Lagring	13
3.3.1 Krav på spannmålslager	13
3.3.2 Planlager	13
3.3.3 Lagring i tornsilo	14
3.4 Ventilation	14
3.4.1 Ventilationsfläktar	15
3.4.2 Grundregler för ventilation med uteluft	15
3.4.3 Nyckeltal för ventilation	16
3.5 Kylning	16
3.5.1 Funktion och teknik	16
3.5.2 Lönsamhet	17
4. Litteratur på tyska, endast titlarna finns översatta	19

1. Inledning

Spannmålen bör vara av normal kvalitet och frisk:

- **Normal kvalitet:**

Rensad och i stort sett fri från damm, avrens- och aspirationsrester

- **Frisk:**

Felfri, torr, inte ytfuktig, skadedjursfri spannmål (fri från levande skadedjur, inklusive kvalster i alla skeden).

2. Riskfaktorer

2.1 Undvik andningsförluster

Lagringsbar spannmål har en viss metabolism, vilket innebär att syre tas upp från luften. Värme, fukt och CO₂ avges. Det leder till torrsubstansförluster. Om till exempel spannmål med en vattenhalt på 22% och en temperatur på 20 °C lagras, uppkommer en andningsförlust på 1% av vikten efter 15 dagar. För ett spannmålsparti på 100 ton innebär det en förlust på 1 ton.

Ett torrt lager är mycket viktigt för att undvika förlust av grobarhet och vitalitet.

2.2 Fukt, temperatur och tid

Till de viktigaste mätinstrumenten i ett lager hör mätare för vattenhalt och temperatur för spannmålen, samt termometrar och hygrometrar för den omgivande luften.

Om lagringen lyckas eller inte, beror mest på vattenhalten, den ingående luftens temperatur och fuktighet, samt spannmålets temperatur. En vattenhaltsmätare är det billigaste första steget för säker lagring. De enkla mätanordningarna är kompakta och lätta. Vattenhaltsmätare är enkla att transportera och kan därför användas flexibelt. Studera testrapporterna från lantbruksorganisationer för att ta reda på bästa valet för dig. Testerna informerar om mätarnas noggrannhet och andra egenskaper. Det är lämpligt att varje år mäta proverna mot en kalibrerad enhet, och jämföra med de egna mätarnas resultat. Se till att vattenhaltsmätaren kan kompensera för temperaturskillnaderna mellan omgivningen och provet under mätprocessen. Varierande temperatur mellan de olika spannmålsproverna och omgivningen är den främsta orsaken till mätningarnas bristande noggrannhet.

Tabell 1: Spannmålsfuktighetens inverkan på skadedjurspektrumet i Tyskland med vete som exempel (Prozell und Schöller GmbH)

Spannmålets vattenhalt	Motsvarande rel. fuktighet	Potentiella skadedjur
< 9%	< 30%	Inga
9–14%	30–70%	Skalbaggar och mal
14–18%	70–90%	Skalbaggar, dammlöss, mal, kvalster, svampar
> 18%	> 90%	Skalbaggar och mal, kvalster, dammlöss, svampar, bakterier

Förutom spannmålets vattenhalt har temperaturen stor betydelse. Det enklaste sättet att mäta temperatur är manuella termometrar, som numera alltmer ersätts av elektroniska termometrar. Den vanligaste typen av enkla termometrar är temperaturspjuten, som kan stickas in upp till 3–4 meter i spannmålen.

De elektroniska mätarna består av två komponenter:

- Sensorer i höljen av plast eller rostfritt stål
- En enhet där temperaturen kan avläsas.

Enkla mätare med display kostar ungefär 2000 kronor, elektroniska mätare finns från ungefär 4000 kronor.

Även luftfuktigheten bör mätas. Den aktuella luftfuktigheten i den omgivande luften är en viktig faktor för att avgöra, vilka åtgärder som behövs. Luftfuktigheten mäts med hygrometrar. Elektroniska instrument behövs, om ventilationssystemet ska styras av signaler från temperatursensorerna.



Bild 1: Termometer, företagsbild
(källa: Pfeuffer)



Bild 2: Hygrometer, företagsbild
(källa: Pfeuffer)

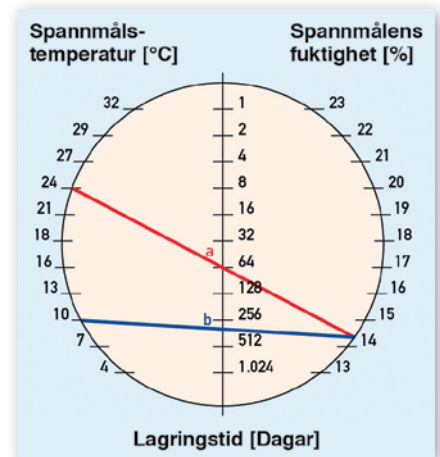


Bild 3: Lagertidur
(källa: FrigorTec)

För att hålla spannmålslagret stabilt under lång tid, är det lämpligt att sänka temperaturen med kylaggregat. Om temperaturen sjunker från 24 °C till 10 °C för spannmål med 14,5% vattenhalt, kan den möjliga lagringstiden **bli fem gånger längre** (från läge a till b i bild 3).

2.3 Naturligt förekommande svampar och lagringssvampar

Spannmål är ett levande material med en naturlig flora av bakterier, jäst och mögelsvamp. Om vattenhalten i vete, råg och korn inte överskrider 14%, och i havre och trindsäd inte överskrider 12%, är produkterna stabila under flera månader även vid sommartemperatur.

Det kan uppkomma hygieniska risker från mikrobiella skadegörare redan före lagring. Man bör skilja mellan angrepp från naturligt förekommande svampar och lagringssvampar.

Spannmålen kan redan på fältet angripas av naturligt förekommande svampar, till exempel mjöldrygasvampen *Claviceps purpurea* och olika typer av fusarium. De olika typerna av fusarium är särskilt farliga, eftersom de kan bilda mykotoxiner, alltså svampgifter. Sådana mykotoxiner från naturligt förekommande svampar kan uppkomma redan på fältet. Mykotoxiner är naturliga metaboliter hos mögel, och är en hälsorisk för människor och djur. Deoxynivalenol (DON) och nivalenol har

stor betydelse i spannmålshanteringen. Som östrogenderivat är även zearalenon intressant, eftersom det är ett toxin som ofta finns tillsammans med DON, och vanligen återfinns i samma prov.

I spannmålslagret är lagringssvamparna (mögelsvamp) vanligast. Mögelsvampens aktivitet kan vid olämplig lagring leda till att andra mykotoxiner, till exempel ochratoxin A (OTA) och aflatoxin bildas. Det är lantbrukaren som har den största möjligheten att påverka angreppets omfattning. Förrensning och – vid behov – torkning av spannmål före inlastningen är viktiga motåtgärder. Se till att det finns bra ventilation, det förebygger kondens. Undvik stora temperaturvariationer.

2.4 Skadedjursbekämpning

Förebyggande åtgärder bör alltid prioriteras framför bekämpning. Det viktigaste är att skadedjuren aldrig hamnar i lagret. Om du som redan från början ser till att lagret är skadedjursäkert, blir det färre problem senare.

Skadeinsekter kan endast undvikas helt i gastäta silos eller förrådsammare helt fria från spannmålsrester. När spannmål lagras torrt vid en temperatur under 10 °C utvecklas inga insekter, och även kvalster reproduceras mycket långsamt – förutsatt att fukthalten är rätt. Den viktigaste orsaken till problem är mikroklimat som gynnar skadedjuren. Mikroklimatet kan regleras med de tre faktorerna damm, värme och fukt. Det är viktigt att regelbundet kontrollera temperaturen. Om temperaturen i spannmålen stiger, tyder det på angrepp av skalbaggar, kvalster eller mögel.



Bild 4: Friska vetekärnor och kärnor angripna av fusarium (källa: Miedaner)

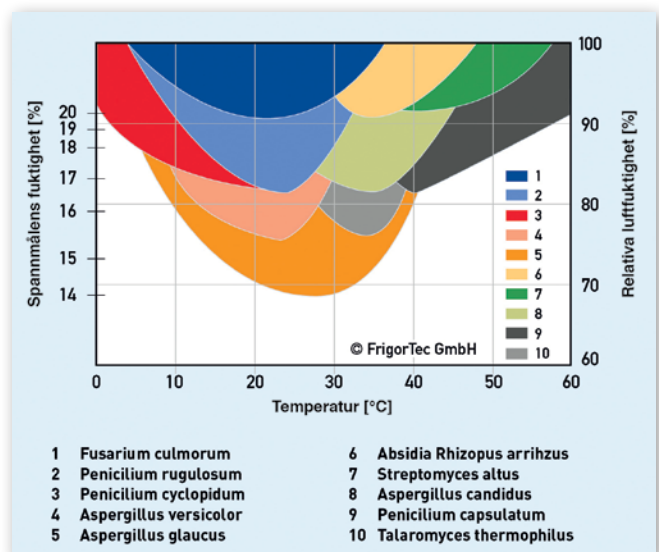


Bild 5: Utveckling av sekundära svampar (lagringssvampar) beroende på temperatur och fukthalt enligt Lancy

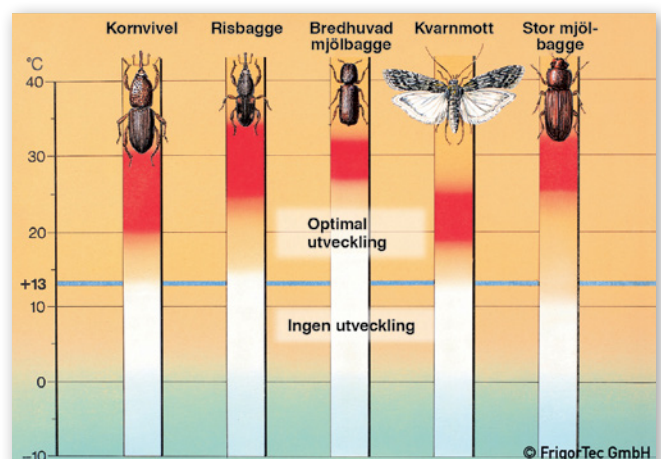


Bild 6: Utveckling av insektsarter beroende på temperaturen

3. Lagerstabilitet och underhåll

3.1 Rensning

För att effektivt kunna reglera fukt och värme i spannmålen, bör större delen av åtminstone de grova föroreningarna (lätta föroreningar som krossade korn, agnar och damm) tas bort med hjälp av ett ordentligt aspirationsrensningsystem. Det ökar kvaliteten och spannmålen förblir frisk. Rensning av spannmål före inlastningen minskar kostnaderna för ventilation och torkning. Förrensning före torkning med aspirationssiktning minskar behovet av torkningsenergi med ungefär 3–5%, med sållrensning kan upp till 5–8% uppnås. Rensningen minskar "svartmaterialet", alltså krossade korn, ogräsfrö, mjöldryga, angripna korn, agnar med mera, och därigenom även toxinhalt.

3.1.1 Förrensning är minimistandard

Förrensning bör användas vid inlastning i lagret, och eventuellt även vid utlastning. Följande åtgärder förenklas avsevärt om det mesta av föroreningarna som damm och andra lätta delar (små organismer) tas bort. Vissa förrensar tar även bort sand och jord. – Förrensar arbetar med aspirationssiktningens principen. Det uppåtgående luftflödet tar bort damm och lätta delar från spannmålen med sug- eller tryckluft, oftast i kombination med en cyklon som separerar restmaterialet från luften. – Aspiratörer är också lämpliga för att extrahera lättare partiklar som halm, sand och damm med en luftström. Detta kan spara upp till fem procent av den energi som krävs för torkning. Anmärkning: Särskilt grödor som är förorenade med fusarium bör rengöras ordentligt. Halmpartiklar och krossade korn är oftast mer angripna av toxiner än normala korn. På så sätt kan spannmålens och trindsädens kvalitet stabiliseras avsevärt.

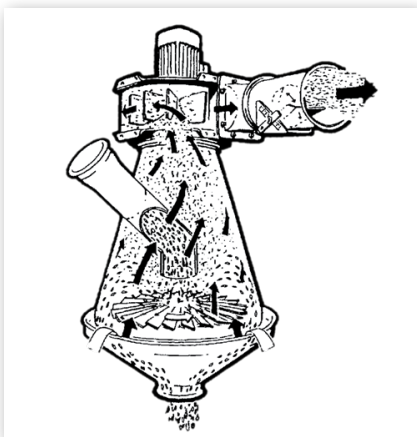


Bild 7: Förrens (källa: Neuero)



Bild 8: Cyklon (källa: Neuero)



Bild 9: Sålltrumma (källa: Neuero)

3.1.2 Jämförelse mellan förrensning och sållrensning

Tabell 2: För- och nackdelar med förrensning respektive sållrensning

Förrens (aspirationssikt)	Sållrens (sålltrumma)
+ lägre pris	– högre anskaffningskostnader
+ ingen rengöring behövs vid byte av produkter	+ ingen rengöring behövs vid byte av produkter
+ bra aspirationsprestanda	+ bra aspirationsprestanda
– ingen bortsållning av små korn	– ingen bortsållning av små korn
– främmande partiklar tas inte bort	+ grova partiklar tas bort

Rensningsanordningens prestanda bör vara 10–20 % högre än transportkapaciteten i torkanläggningen.

3.2 Torkning

3.2.1 Torkningssystem

1. Kontinuerlig tork

Torkning med kontinuerlig torkning är en väl etablerad standardmetod. Konstruktionen består av en fyrkantig hög behållare med horisontella luftschakt, utformade som tak. På tilluftssidan finns tilluftstaken och på frånluftssidan finns frånluftstaken med öppningar. Torkluften strömmar från tilluftstaken genom spannmålen som ska torkas in i frånluftstaken. Med denna konstruktion kan alla tre typerna av luftflöden användas i torkcykeln. Torkluften når spannmålen från alla sidor, vilket ger optimal vattenupptagning. Torken arbetar kontinuerligt. Spannmålen som ska torkas leds genom torkutrymmet med regelbundna intervall. Torkförloppet regleras av genomflödes hastigheten. Torkluftens torkningstemperatur är normalt 80 °C. Avdunstningen kyler spannmålen, och genomloppstiden i torken är kort, därför uppkommer ingen minskning av spannmålen kvaliteten.

Anmärkning: Utsäde ska torkas vid lägre temperaturer. Angivna temperaturer är kärntemperaturer.

Torkprestandan anges vanligen för en fuktighetsminskning från 19 % till 15 %. Standardmiljövillkoren enligt DLG:s testanvisningar har använts för att beskriva torkprestanda. Det innebär att uteluften har en medeltemperatur på 20 °C vid 65 % relativ fuktighet och normaltryck. Det skapar ett mättningsunderskott vid uppvärmning av uteluften upp till torkningstemperaturen på ungefär 19,5 g/m³ luft. Beroende på torkens modell och minskningen av verkningsgraden är den nödvändiga luftvolymen per ton nominell effekt under 3000 m³/h/t och den termiska effekten ungefär 60 kW/h.

Moderna kontinuerliga torkar har värmeåtervinning. Luften från kylzonen dras in och blandas med varmluften i tilluftshuven. Detta är möjligt eftersom luften från kylzonen inte helt tar bort mättningsunderskottet.

Sedan värms kyl luften av materialet som ska torkas, vilket innebär att ytterligare vatten kan tas upp. Denna effekt medför att moderna torkar behöver mindre än 0,99 kWh per kg avdunstat vatten.

2. Bandtorkar

Bandtorkar är inte så vanliga inom det tyska lantbruket. Detta beror främst på det höga energibehovet. Denna konstruktion används vanligen på platser med mycket hög fuktighet i grödan, eller för andra mycket fuktiga grödor, till exempel kryddväxter och majs. Bandtorken har ett perforerat ändlöst torkband. Vanligen strömmar torkluften underifrån genom materialet som ska torkas. Beroende på konstruktionen är torktemperaturen mellan 45–80 °C. Det ger ett mättningsunderskott i luften på 7,5–19,5 g/m³ luft.

I bandtorkar används alltid motströmsmetoden i torkningsprocessen. Det medför att verkningsgraden vid fuktavgången från ytan blir betydligt lägre än vid andra torkningsprocesser. En nackdel är att

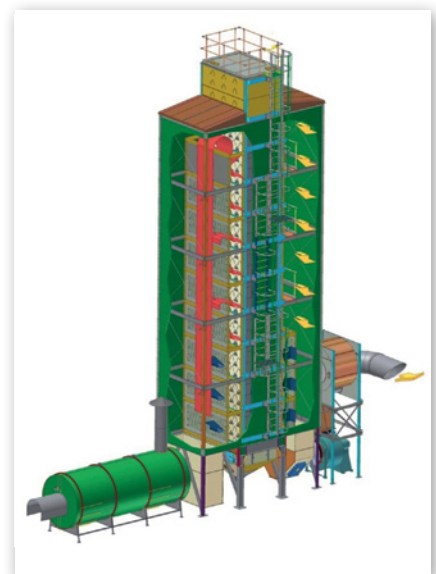


Bild 10: Kontinuerlig tork
(källa: Neupro)

torkluften bara påverkar materialet från en sida. Materialet blir överhettat vid tilluftssidan och för dåligt torkat på frånluftssidan. Efter torkningen kan materialet homogeniseras genom att blanda det. Anmärkning: Känsliga grödor som malkorn eller utsäde är inte lämpliga för detta torksystem.

Dessa nackdelar kan minskas genom att använda flerbandstorkar, där materialet blandas i olika steg.

3. Silotorkar

Denna typ av tork har blivit allt populärare under de senaste åren. Den är användarvänlig, men investeringskostnaderna är höga. En silotork består av en rundsilo med bukig form och helventilationsgolv. Den maximala lagringshöjden är 6,5 m, beroende på den stora luftvolymen och flödesmotståndet i det torkade materialet. Den cirkulära silon är utrustad med en fördelare, eftersom silons utformning och egenskaperna hos spannmålets sluttningvinklar annars skulle skapa en konisk spannmålshög. Inlastning skiktvis är inbyggt i systemet och skapar en jämn yta. Dessutom har silotorkar alltid en blandningsbalk. Balken har minst två omröringsskruvar som blandar materialet vertikalt. Blandningsbalken gör oftast minst två varv på 24 timmar. Det bör finnas en omröringsskriv per 150 ton siloinnehåll. Silotorkar för majs har normalt en omröringsskriv per 100 ton siloinnehåll. Torktemperaturen för spannmål är 45 °C. Majs torkas vid 60 °C. Mättningsunderskottet för torkluften är 7,5–12,5 g/m³ luft. Fördelarna med denna typ av tork är att materialet som ska torkas homogeniseras med omröringsskruvarna, och att behovet av operatörsingripanden är litet. En nackdel är att torkningen i det nedre området blir dålig. Omröringsskrivorna kan inte nå ner i området kring sveperskrivorna. Det leder till att ett område på 50–70 cm över helventilationsgolvet inte rörs om, och kan bli för dåligt torkat. I det området förändras produktens kvalitet bestående. Kvalitetsparametrar som grobarhet och glutenhalt påverkas. Silotorkar har vanligtvis ett specifikt energibehov på mer än 1,34 kWh per kg avdunstat vatten. De är huvudsakligen installerade i medelstora lantbruk och passar på grund av den medelhöga torktemperaturen mycket bra med värmekoncept för medelstora och stora biogasanläggningar.

I praktiken har problem uppkommit, särskilt vid torkning av majs-korn.

4. Ventilationstorkning i planlager

Ventilationstorkning i planlager arbetar med principen för jämviktsfukthalt. I vete uppkommer det till exempel en balans mellan 14 % fukt i spannmålen och 65 % relativ fuktighet vid 20 °C lufttemperatur. Torkluften konditioneras så att den motsvarar jämviktsfukthalten. Ungefär 1 g vatten per m³ luft tas upp. Materialet som ska torkas kan ha en fukthalt på fukt upp till 19 % när det läggs i planlager och torkas med genomströmmande luft. På grund av den låga vattenupptagningen behövs ett stort luftflöde. I Tyskland används oftast ett luftflöde på 60–80 m³ luft per m³ spannmål och timme genom spannmålen. I Sverige rekommenderas 125–130 m³ luft per ton, vilket är något högre. Detta ger hög lufthastighet och stort flödesmotstånd i spannmålen. Flödesmotståndet ger en temperaturökning, och därmed minskar den relativa luftfuktigheten i torkluften ännu mer. För att undvika stora variationer i torkresultatet används ofta delcirkulation vid ventilationstorkning. Fuktig luft dras ut från hallen. Uteluft trycks in i huvudluftkanalen med en radialfläkt.

När torkluften tränger in i spannmålen, bildas en torkfront på 70 cm och fukten avgår tills jämviktsfukthalten uppnås. Då flyttas torkfronten uppåt i spannmålen. Målet för torkningen är uppnått, när den relativa fuktigheten över spannmålen är 65 %. För att klara högre lagringshöjder i planlagertorkar kan omrörare installeras, på samma sätt som i silotorkar.

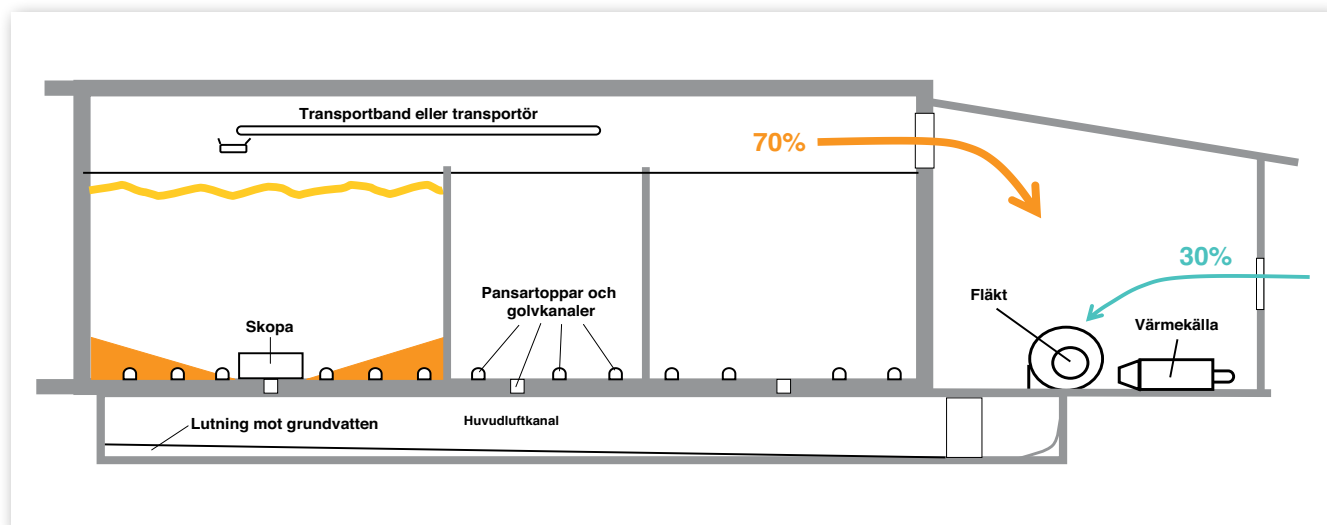


Bild 11: Hall med ventilationstorkning och kanal under golv (källa: RKL)

Systemet baseras på att materialet som ska torkas lastas in skiktvis. Detta kan göras med en helautomatisk bandtransportör i hallen. Flyttbara bandtransportörer med vridanordningar används ofta. Ventilationstorkningen ställer höga krav på luftflödet och lagringshöjden. En planlagertork ska vara plan både upptill och nedtill för att få optimal luftfördelning. Kanalavståndet beror på avfuktningen, ventilationssystemet och lagringshöjden. Om rännor av korrugerad plåt används för ventilation bör kanalavståndet vara mellan 0,6 m för gräsfrö och specialfröer, och 0,8 m för spannmål och oljeväxter. Med tillsatsvärme och eventuell omrörning kan avstånden mellan kanalerna troligen ökas. Kanaler under golv ska ha ett avstånd på 0,8–1 m. Lagrets höjd kan vara mellan 3 och 6 m, men vi rekommenderar att undvika höjder över 3–4 meter. Fördelen med högre lager är den temperaturökning som orsakas av kompressionen, vilket minskar behovet av kompletterande uppvärmning. Höga lager kräver noggrann skötsel, eftersom det kan bildas en skorpa på spannmålsytan. Det översta skiktet kan ha tagit upp fukt från torkluften. För att undvika fukt i toppskiktet och få en homogen torkning bör spannmålen röras om ungefär varannan dag.

Ventilationstorkningen kräver mycket lite energi. Denna torkmetod förbrukar 0,4–0,7 kWh energi per kg avdunstat vatten utan tillsatsvärme. Energiåtgången ökar om tillsatsvärme används. Tillsatsvärmen bör öka den inkommande luftens temperatur med 14–16 grader för att få bästa möjliga torkeffekt. Investeringskostnaderna för ventilationstorkningen per ton torkat spannmål är bland de lägsta jämfört med andra torkmetoder.

5. Ventilationstorkning i rundsilo

Denna form av torkning är relativt ny i Europa och används inte enbart i områden med tidig skörd. Silos med ventilationstorkning är runda med bukig form och har helventilationsgolv. Oftast har sådana silos mobila transportanordningar. Spannmålsflödet fördelar passivt spannmålen i silon. Fuktinnehållet får inte vara större än 18–19%. Om grödan är för fuktig, kan den inte glida ordentligt i rännorna. Det skulle kunna leda till att en kona bildas. För att få ett likformigt luftflöde vid ventilationstorkning behövs en jämn spannmålsyta. Även vid denna typ av ventilationstorkning behövs 15 m³ luft per m³ spannmål och timme för att sänka fukthalten med en procentenhet. Lagringshöjden får maximalt vara 6,5 m om spannmålen har hög fukthalt. Det lagrade materialets flödesmotstånd säkerställer den nödvändiga uppvärmningen, vilket i sin tur leder till att den relativa luftfuktigheten sänks så att jämviktsfukthalten nås.



Bild 12: Siloanläggning med satstork
(källa: Gengenbach, LLH)

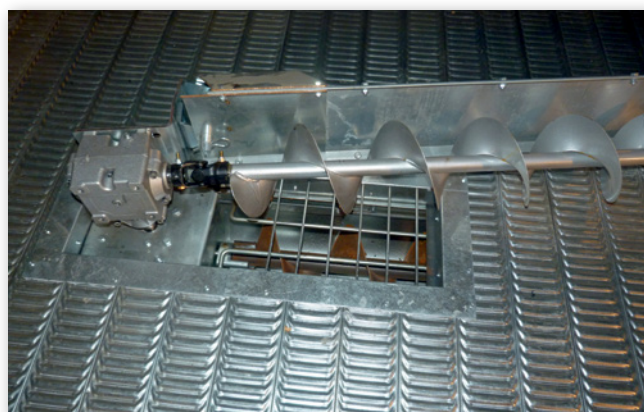


Bild 13: Utlastningsskruv (källa: Gengenbach, LLH)

Ventilationstorkning i rundsilo görs till stor del med uteluft. Under vissa väderförhållanden (hög utomhusfuktighet) kan jämviktsfukthalten inte uppnås. Då måste torkluftens temperatur ökas externt med upp till 5°C. Detta görs vanligtvis genom direkt eldning med propangas. Indirekt eldning kan också användas. Brännarens drifttid är normalt 3–8% av fläktens drifttid. Mättningsunderskottet är 1 g/m³ luft. Torktiden är ungefär 14–21 dagar, beroende på fuktavgångens effektivitet. Energibehovet är ungefär 0,6–0,8 kWh per kg avdunstat vatten.

3.2.2 När blir torkningen lönsam?

När spannmålstorkning bör användas beror på många parametrar. Lantbrukets lokala infrastruktur, grödans genomsnittliga fukthalt och fuktfördelningen har betydelse. Eftersom fukten även kan tas bort med ordentlig spannmålskyllning, bör spannmålstorkning endast användas när fuktvärdena är mycket högt över gränsvärdena inom handeln. Om spannmålstemperaturen minskas med 10°C avgår 0,75%

Tabell 3: Parametrar för ventilation av lager

	Kontinuerlig tork	Bandtorkar	Silotork	Ventilations-torkning i planlager	Ventilations-torkning i rundsilo
Anläggningsplatser	Kustnära, floddalar, medelhöga berg	Kustnära, floddalar, medelhöga berg	Kustnära, floddalar, medelhöga berg	främst områden med tidig skörd	främst områden med tidig skörd
Användningsområde	Konsumentspannmål Foderspannmål Utsädesspannmål	Konsumentspannmål Foderspannmål	Konsumentspannmål Foderspannmål	Konsumentspannmål Foderspannmål Utsädesspannmål	Konsumentspannmål Foderspannmål Utsädesspannmål
Maximalt fukttinnehåll	> 24 %	> 24 %	> 24 %	< 19 %	< 18 %
Torknings-temperatur	80 °C	45–80 °C	45–60 °C	20–25 °C **	20–25 °C
Mättningsunderskott *	19,5 g/m ³	7,5–19,5 g/m ³	7,5–12,5 g/m ³	1–1,5 g/m ³	1–1,5 g/m ³
Specifik energiförbrukning	0,99–1,65 kWh/kg _{H₂O}	1,3–2,00 kWh/kg _{H₂O}	1,34–1,8 kWh/kg _{H₂O}	0,4–0,7 kWh/kg _{H₂O}	0,6–0,8 kWh/kg _{H₂O}

* Mättningsunderskott: Vattenuptagning i luft (g/m³)

** Med tillsatsvärme 14–16 graders temperaturhöjning

fukt. Om effektiv kylning utförs vid två tillfällen innan försäljningen, kan fuktavgången bli upp till 1,5%. Om den genomsnittliga fukthalten överstiger 15,5% bör även andra åtgärder övervägas.

Termiska torksystem, som kontinuerliga torkar, silotorkar eller bandtorkar är lämpliga om grödans genomsnittliga fukthalt är över 15,5%, grödan är heterogen och mängden varierar mycket.

Ventilationstorkning rekommenderas när grödan finns i stora homogena mängder.

I många fall är det lämpligt att kombinera olika torkprocesser. En professionell konstruktör bör anlitas för att utforma anläggningar för spannmålstorkning.

3.3 Lagring

3.3.1 Krav på spannmålslager

Den som ska bygga ett nytt spannmålslager eller modernisera ett befintligt, bör förutom lönsamheten tänka igenom alla funktioner i anläggningen:

- Ska anläggningen vara inomhus eller utomhus?
- Hur görs inlastningen och utlastningen?
- Är framkomligheten tillräcklig?

3.3.2 Planlager

Lager med väggar av betong eller trapetsplåt är lämpliga för lagring av spannmål. Sidotrycket från spannmålen kräver en separat vägg även i gamla anläggningar, eftersom en vanlig grundmur inte klarar trycket. Golvytan ska bestå av betong och vara armerad med nät. Det behövs en byggfilm under betongen för att hindra markfukten från att stiga upp i spannmålen. För inlastningen kan hjullastare, transportband eller tippvagn användas. Om planlagret finns inomhus, kan inlastningen mekaniseras helt. Spannmålsytan jämnas ut med tvärtransportörer (skruv- eller skraptransportör eller lastmaskin och/eller teleskopisk lastare). Då kan ventilationen bli optimal. Lagerutrymmenas utformning måste anpassas till behovet av ventilation.

Problemet med planlager är, att lagrat spannmål kan förorenas av gnagare eller fåglar som då kan locka till sig till exempel katter, mårdar eller illrar. Hallen bör vara helt mörk utan naturlig belysning, för att inte locka in fåglar när portarna är öppna. Fåglar gillar inte att flyga i mörka rum. För att skydda ett planlager mot insekter och gnagare är det lämpligt att montera ståldörrar med gummitätningar, och ha släta golv som är lätta att rengöra. Skarven mellan vägg och tak bör också vara tät.

Vi rekommenderar inte trä som material i planlager. Det är svårare att rengöra trä, och det kan ansamlas damm i den grova strukturen. Sprickor och håligheter i träet skapar även många gömställen för skadedjur (kornvivel) vilket kräver ökad användning av kemiska bekämpningsmedel.

Råttor och möss kan äta sig igenom träet in i lagret. Möjligen kan ändväggen i planlagret göras av träbjälkar, eftersom de ofta måste flyttas för in- och utkörning, och det blir billigare än till exempel portar av stålplåt.



Bild 14: Planlager i hall (källa: LLH)

Anmärkning: När ett hallbygge beställs, bör det i köpeavtalet uttryckligen anges, att anläggningen ska vara skadedjursäker, vilket till exempel betyder att dörrarna och skarven mellan tak och vägg ska vara täta.

3.3.3 Lagring i tornsilo

Tornsilos kan placeras inomhus eller utomhus. Man bör skilja på rundsilos och elementbyggda silos. En rundsilo inomhus består oftast av korrugerade plåtelement, med eller utan ventilations- eller tömningskon. Den monteras på ett slätt betonggol. Även om silon står inomhus, så är det lämpligt att täcka över den för att skydda mot föroreningar från till exempel fåglar.

Om silon byggs insektstätt (till exempel en tättslutande betongsilo) finns ingen risk för skadedjursangrepp. En silo av korrugerad plåt kan bara bli skadedjursäker genom komplicerade tätningsåtgärder som skapar gastäthet. Rundsilos inomhus fylls och töms centralt. Silos utomhus byggs oftast av stål, liksom silos inomhus. Om flera silos ska ställas upp, är det lämpligt att lägga dem i en rad, så att inlastning och utlastning kan göras med transportörer som går under och över silona. Om silona ställs upp på lämpligt sätt, kan en centralt placerad hög skoptransportör användas, vilket gör inlastningen ekonomisk. Utlastningen görs sedan med mobila skruvtransportörer av instickstyp. Silons volym, diameter och höjd anpassas efter förhållandena på platsen.

Utomhussilos med tak kan göras helt otillgängliga för gnagare och fåglar. Väggarna ska vara släta, sprickfria och bilda en yta som är lätt att rengöra. Om silon är hög, kan silon vara svår att rengöra.

Om runda eller fyrkantiga silos ska ställas upp inomhus i en befintlig byggnad, kan i handeln förekommande skydd av polyestertyg för plåtsilos användas. De tillverkas enligt silons mått (med inlopp för spannmål och frånluftskanaler för ventilation av spannmålen).

Lantbrukaren bör skydda spannmålen i silon från fågelspillning uppifrån. Hanteringen blir mycket kostnadseffektiv om utomhussilona monteras i anslutning till en befintlig hall/loge där mottagning, rensning, torkning och vägning kan utföras. Med elementbyggda silos kan utrymmena inomhus utnyttjas bättre. Elementbyggda silos består av galvaniserade, bockade plåtelement som kan skruvas ihop efter behov. Väggarna i de fyrkantiga elementbyggda silona förstärks med inskruvade profiler och diagonala stag. Elementbyggda silos kan byggas fristående eller monteras ihop.



Bild 15: Tornsilos utomhus bredvid hallen

3.4 Ventilation

Spannmålen är hygroskopisk. Beroende på temperaturen uppkommer jämvikt mellan spannmålens vattenhalt och den omgivande luftens relativa fuktighet. Om fuktig eller varm luft tillförs spannmålen, bildas kondens som förstör spannmålen. Under skördetiden är omgivningstemperaturen ofta för hög för att kylning ska kunna utföras. Ventilation med fläktar är helt beroende av vädret och kan endast användas under några timmar i centraleuropeiskt klimat.

- För inte in fuktig luft i torrt spannmål!
- För inte in varm luft i svalt spannmål!

3.4.1 Ventilationsfläktar

Ventilationsfläktarna kan vara mobila eller stationära fläktar, som drivs med el eller med diesel. Den vanligaste typen är radialfläkt. Vi rekommenderar att använda utrustning som har en inbyggd hydrostatisk styrning, för att undvika återfuktning av torr spannmål vid dåligt väder.

Ventilationsfläktarna är oftast tryckfläktar, som fungerar bra i rundsilos eller i planlager. För att undvika termiska effekter och inträngning av skadedjur, bör ventilationsanslutningar och frånluftsventiler förslutas efter ventilationen.

Dieseldrivna ventilationsfläktar har visat sig vara särskilt användbara vid ventilationstorkning av planlager, eftersom motors spillvärme kan användas för att värma luften (kraftvärmekombinat). Diesel­förbrukningen är ungefär 20 l/h.

För att minska investeringskostnaderna kan spannmålskylaren kopplas ihop med en ventilationstork (styrd fläkt). Genom att kombinera systemen kan en mindre kylvänhet väljas.

3.4.2 Grundregler för ventilation med uteluft

Spannmål bör omedelbart efter skörden ventileras med uteluft.

Följande regler är baserade på ungefär 14–15 % vattenhalt och en relativ fuktighet på högst 65 %. Med undantag för havre, som ska ha 12,5 % vattenhalt.

- Rensa spannmålen noggrant före inlastning med åtminstone förrrens (aspirationssikt), eller ännu hellre med en sållrens (aspiratör) plus cyklon.
- Undvik koniska högar vid inlastningen – använd vid behov en styrplåt vid utloppsroret i planlager, eller en automatiskt roterande spannmålsfördelare i utesilos.
- Påbörja ventilationen direkt när spannmålen har lastats in, om ventilationsanordningen är övertäckt och den relativa fuktigheten är över 65 %: Eftersom spannmålen svettas, måste fukten omedelbart avdunstas. Anmärkning: Den första ventilationen kan göras under en till två timmar, om den relativa fukthalten är högst 75 %. Kontrollera utloppsluften för fukt och värme.
- Under de följande dagarna kan ventilationen fortsätta om den relativa luftfuktigheten är under 65 %, ända tills gränsen på 65 % överskrids.
- Spannmålstemperaturen anpassas efterhand till utetemperaturen. Detta förhindrar kondens på silonas innerväggar.
- Mät spannmålens temperatur och fukt minst var 14:e dag fram till slutet av oktober.
- Om spannmålen behöver kylas ner, kan ventilationen fortsättas under senhösten eller vintern när det är minusgrader, och den relativa fuktigheten i uteluften är under 65 %. Måltemperaturen i spannmålen bör vara 10–12 °C.

Observera: Blås aldrig in varm luft i kallt spannmål – risk för svampar och skalbaggar!

- Stäng alltid anslutningen på silon efter ventilationen, för att inte få in gnagare, och för att undvika att den lagrade spannmålen återfuktas, beroende på dess termiska egenskaper.

Radialfläktar är särskilt lämpliga för kylning och ventilation. För att beräkna nödvändig fläkteffekt vid 120 mm vattenpelare multipliceras behållarvolymen i m³ med 15 m³ luft/m³/h. Exempel: 1 000 m³ x 15 m³/m³/h = 15 000 m³/h.

Följande utrustning krävs för 300–400 ton spannmål:

1. Ventilationsfläkt med minst 2,2 kW effekt och 5000 m³/h luftflöde. För att vara på den säkra sidan och för att tillräckligt kunna ventilerat spannmål som inte är helt moget, eller om mognadsprocessen är fördröjd på grund av vädret, bör en 4 kW motor med flödet 9000 m³/h användas.
2. Fukthaltsmätare, digital hygrometer/termometer för att bestämma den relativa fuktigheten och lufttemperaturen. Ventilationsfläkten bör automatiskt stängas av, om luften innehåller mer än 65% relativ luftfuktighet.
3. Instickstermometer för att mäta spannmålstemperaturen i lagret.

3.4.3 Nyckeltal för ventilation

Tabell 4: Ventilationsmål och metoder (Källa: Malte Bombien, bearbetad)

Metod	Ventilationsmål	Luftflöde (m ³ /h per m ³)	Max. vattenhalt (%)	Max. lagerhöjd (m)	Max. kanalavstånd (m)
Minimal ventilation	Värmeavledning	3–5	< 18	6–8	2
Kylning med uteluft	Kylning	10–15	< 16	10–20	4
Återkylning efter torkning	Kylning	20–25	< 16	10	4
Ventilationstorkning	Torkning + Kylning	70–75	< 20	< 4	1,2
Naturlig kylning ($\Delta T > 10^\circ\text{C}$)	Värmeavledning	1–3	< 16	–	–

3.5 Kylning

Kylkonservering av spannmål och oljeväxter med torr, sval luft ger ett naturligt lagerskydd. Med en spannmålkylare kan man efter skörden skapa vinterliknande förhållanden. Det är viktigt att spannmål och oljeväxter snabbt och effektivt får stabila lagringsförhållanden, då kan skörden hållas i så god kondition som möjligt.

Kylkonservering har följande fördelar:

- skyddar mot insekter
- skyddar mot mögelsvamp och de mykotoxiner som skapas
- minimerar viktförlust genom andning
- minskar behovet av torkning
- bevarar skördens färskhet
- bevarar grobarheten.

3.5.1 Funktion och teknik

Spannmålskylarens fläkt suger in omgivningsluft (se bild 16). Den insugna luften filtreras och kyls i en kylare, och vatten kondenserar från luften. Den efterkopplade Hygrotherm-anordningen värmer upp den kalla luften med energi som tas från luften, utan extra energikostnader. Den kalla och torra luften pressas genom luftfördelaren i spannmålen i planlagret eller silosystemet. Luftflödet leds ut genom lagrets frånluftsöppningar. Med frånluften avgår värme och fukt till uteluften. När spannmålen är kyld, stängs spannmålskylaren av. En spannmålskylare fungerar oberoende av väderförhållandena. Den kan till och med användas i regn, snö, hagel, värme eller dimma.

Kylaggregatets fläkt måste dimensioneras enligt det förväntade mottrycket.

En spannmålsmassa är själv-isolerande. Kallt spannmål värms upp mycket långsamt. Spannmål har mycket dåliga värmeledningsegenskaper. Spannmålsskärnorna har punktkontakt, vilket ger en mycket liten yta för värmeöverföring. Dessutom isolerar luften mellan kornen mycket väl.

Om en luftström pressas genom spannmålen, förändras situationen. Med konvektion kan man få ett bra energiutbyte.

Spannmål kyls ner på 3 till 6 veckor. Kylanordningen kan sedan stängas av, och spannmålen förblir sval i 6–8 månader, eftersom spannmålen är själv-isolerande.

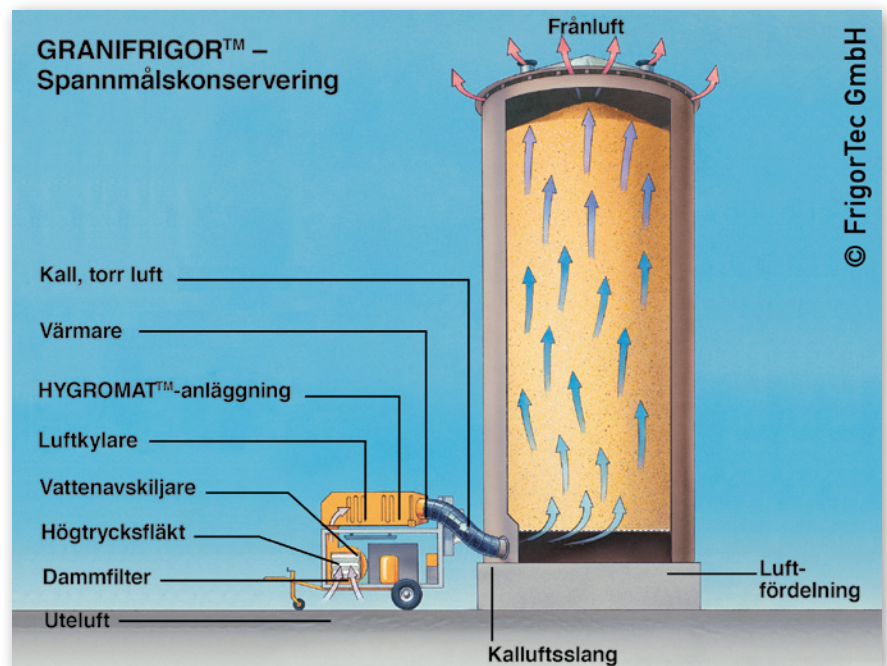


Bild 16: Processprincip för spannmålskylning

Anslutning av spannmålskylare

Innan en spannmålskylare kan startas måste kompressorn förvärmas i 24 timmar. Då avdunstar kylmediet från oljebufferten i kompressorns slutna kylkrets. Det sker automatiskt när spänningen slås på.

Observera: Kylmedel och olja får **inte** bytas eller fyllas på! Om trycket faller, innebär det att systemet läcker och måste tätas, det räcker inte att bara fylla på kylmedel. Läckor är ovanliga, och beror oftast på en mekanisk skada i kylkretsen. Spannmålskylaren får bara startas när kylslangen är ansluten, kondensatet har möjlighet att rinna ut och kylaren står vågrätt.



Bild 17: Spannmålskylare, monterad på ett silosystem (källa FrigorTec)

3.5.2 Lönsamhet

För att avgöra om kylkonservering är lönsamt måste många faktorer beaktas. Kriterierna för olika typer av spannmål och oljevaxter varierar:

- liten viktförlust genom andning
- ingen flyttning till annat lager behövs
- ingen kemisk behandling behövs
- inga insekter i spannmålen
- inga lagringssvampar och därigenom mindre mykotoxiner

- få spänningssprickor, vilket är viktigt när det gäller majs
- färre krossade korn
- ingen oxidation av oljeväxter
- grobarheten bevaras, vilket är viktigt för malkorn och utsäde.

Investeringen i en spannmålskylare betalar sig oftast inom mindre än två år. Det viktigaste är dock skyddet av spannmålen i lagret. Användningen av spannmålskylare kan ses som en slags "försäkring". Spannmålskvaliteten bevaras genom kylkonserveringen. På grund av förångningseffekten under kylningen av spannmålen är energiförbrukningen något högre än vid enbart ventilation eller ventilations-torkning. Det är viktigt att spannmålskylaren är konstruerad enligt dagens teknik.

Det innebär bland annat följande: Kallluftsläkten och kondensatorfläktarna ska vara frekvensstyrda, det ska finnas efterkylare och överhettare i kylkretsen, helautomatisk styrning med individuella driftsätt ska finnas, elmotorerna ska ha hög effektivitetsklass, flödet ska vara tillräckligt, samt att det ska finnas både sommartermostat och vintertermostat.

Bild 18 visar en avkylningskurva för spannmålskylning. Diagrammet visar, att trots att utomhuslufttemperaturen ofta var hög, så kylde spannmålen till under 15 °C på kort tid. Utetemperaturens kurva visar dagsmedelvärde. Uteluftstemperaturens utveckling fram till hösten visar dessutom, att det med ventilationstorkning inte skulle varit möjligt att nå en spannmålstemperatur under 15 °C förrän i oktober. Observera att det behövs en skillnad på minst 2 °C mellan tilluftstemperaturen och den temperatur som ska uppnås i spannmålen, för att få god värmeöverföringseffekt. Eftersom fläkten, beroende på mottrycket, värmer uteluften med ungefär 2–4 °C, måste uteluftens temperatur under ventilationen vara betydligt lägre än den önskade spannmålstemperaturen.

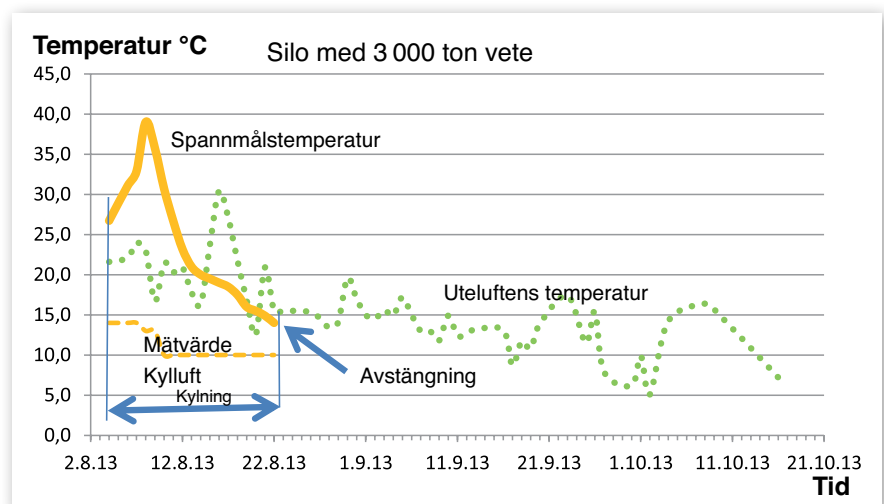


Bild 18: Uppmätt kylkurva för en vetesilo vid användning av spannmålskylare

Inställningsvärdet för kyltemperaturen är mycket viktigt för lönsamheten. För en lönsam energiöverföring krävs en temperaturskillnad på minst 2 °C mellan kylluften och spannmålstemperaturen vid den sista kontaktpunkten (enligt ovan).

Dessutom måste kylaggregatet stängas av omedelbart när temperaturskillnaden 2 °C uppnås. Det skulle ta lång tid innan kyllufttemperaturen och spannmålstemperaturen utjämnades och det skulle kräva mycket energi. Om sommartermostat används kan kylcykeln avbrytas under eftermiddagsvärmen. Detta sparar ytterligare energi.

I praktiken kan följande drifts-, underhålls- och investeringskostnader förväntas:

Elkostnader: 28 kronor/ton vete

Underhållskostnader: 3900 kronor/år (kylspecialist)

Investeringskostnader: 5–10 kronor/ton vete

4. Litteratur på tyska, endast titlarna finns översatta

Gengenbach, Heinz m. fl.: Spannmåslagring. Rent – säkert – lönsamt. 2013, DLG Verlag,

Serie: AgrarPraxis kompakt

Bombien, Malte; Isensee, Edmund; Reckleben, Yves: Handbok för spannmålstorkning: Torkning, transport, lagring, 2007, RKL, Rendsburg

Humpisch, Gerhard: Spannmåslagring. Ventilation och torkning. 2. utökade upplagan; AgriMedia GmbH

DLG Expert Knowledge Series. Knowledge for practical use.

- DLG Expert Knowledge Series 409
**Correct crop protection –
things to check before you start**
- DLG Expert Knowledge Series 408
Sow group formation
- DLG Expert Knowledge Series 403
**Notes on operating waste air
cleaning facilities for pig farming**
- DLG Expert Knowledge Series 400
Drying-off dairy cows
- DLG Expert Knowledge Series 391
Glyphosate
- DLG Expert Knowledge Series 398
**Automatic feeding systems
for cattle**
- DLG Expert Knowledge Series 386
Biogas from grass
- DLG Expert Knowledge Series 384
Managing staff on dairy farms
- DLG Expert Knowledge Series 381
**A focus on the animal –
dairy cows**
- DLG Expert Knowledge Series 369
Sustainable arable farming
- DLG Expert Knowledge Series 357
Problem weeds in grassland



Download www.DLG.org/Knowledge



DLG e.V.
Membership Service
Eschborner Landstr. 122 • 60489 Frankfurt am Main
Germany
Tel. +49 69 24788-205 • Fax +49 69 24788-124
Info@DLG.org • www.DLG.org