



Tørring af små afgrødemængder til konsum



Landskonsulent Henning Sjørølev Lyngvig, SEGES



Funded by
the European Union

NextGenerationEU

Fonden for **økologisk landbrug**

Titel: Tørring af små afgrødemængder til konsum
Forfatter: Landskonsulent Henning Sjørlev Lyngvig, SEGES
Review: Specialkonsulent Lars Egelund Olsen, ICOEL
Forsidefoto: Visti Møller, Gl. Buurholt
Layout: Jasmina Kusturica, SEGES
Udgave: 1. udgave november 2022
Oplag: Digitalt på LandbrugsInfo og ICOEL's hjemmeside
Udgiver: SEGES Innovation | Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Agro Food Park 15, Skejby
8200 Aarhus N
Telefon 8740 5000 | Fax 8740 5010
E-Mail: hsl@seges.dk
ISSN 1601-6777

Indhold

Indhold	3
Baggrund og formål	4
Baggrund	4
Formål	4
Tak til	4
Dimensionering, varmetilsætning og drift	5
Afgrøder der skal holdes glutenfri	5
Luftmængde, anbefalinger	5
Varmetilsætning	5
Lagerfast vare	5
Ligevægtstab	6
Tilsyn og nedkøling	6
Tommelfingerregler	7
Links til kilder om tørring og opbevaring af landbrugsafgrøder	7
1) Tørreposer	8
2) Tørrekasser	10
3) Mobil hovedkanal med blæser til traditionelle rundbuer	11
4) Tørrevogne	12
5) Tørring i 40 fods containere	13
6) Gennemløbstørreri med lukkede siloer	14
7) Flere små tørresiloer	15

Baggrund og formål

Baggrund

I 2022 har Innovationscenter for Økologisk Landbrug gennemført projektet Sunde og velsmagende bælgfrugter, der omhandler dyrkning af bælgfrugter til human ernæring. Der er gennemført prøvedyrkning på to lokaliteter af; ærter, kikærter, lupiner, hestebønner og linser.

Dyrkning af meget små afgrødemængder udfordrer de løsninger landbruget anvender til bulk. Planlagre og tørresiloer kan ikke håndtere afgrødemængder på få hundrede kg. Derfor har det været en opgave at belyse mulighederne for tørring af meget små afgrødemængder

Ydermere er det ofte et krav, at bælgfrugter til human ernæring skal være glutenfri. Det stiller ekstra krav til tørringsfaciliteterne, der skal holde de små afgrødemængder adskilt, for at forebygge forurening med gluten fra kornafgrøder. Transportanlæg udgør en særlig udfordring, da få transportanlæg kan gøres helt rene.

Formål

Rapporten "Tørring af små afgrødemængder til konsum" giver retningslinjer for dimensionering af blæsere og varmetilsætning. Desuden giver rapporten forskellige bud på tørringsløsninger fra helt simple tørreløsninger for landmanden der dyrker meget små mængder, og til mere professionelle anlægstyper til landmanden der dyrker større afgrødemængder.

Tak til

Tak til alle der har bidraget med input til denne rapport:

- AgroEx A/S v/Søren Næsborg
- Almas Korn, Niels Ove Nielsen
- Cimbria, Michael Bjørn
- Dybvad v/Anne og Henrik Kreutzfeldt
- Eliselund og Skyttegården v/Kurt Jessen, Andreas Barsøe og Nikolaj Dalsgaard
- Gl. Buurholt v/Visti Kræn Møller
- Jensen Seed, Arne E. Jensen
- Nordic Seed
- Skjold-Damas, Peter Nørregård
- Sukup Europe, Jens Erik Iversen og Ole Laustsen

Dimensionering, varmetilsætning og drift

Projektet fokuserer på bælgfrugter som; ærter, kikærter, lupiner, hestebønner og linser. Ved opbygning af et tørringssystem kan de generelle dimensioneringsregler anvendes til at vælge blæser, varmekilde og tørringsmetode. Der anvendes *kursiv skrift*, hvor de normale anbefalinger fraviges ved lav oplagshøjde.

Afgrøder der skal holdes glutenfri

Afgrøder der skal holdes glutenfri bør tørres og opbevares separat eller i lukkede siloer, for at sikre afgrøden mod glutenforurening. Derfor kan tørring på et traditionelt planlager ved siden af andre afgrøder ikke anbefales. Konsumafgrøder skal renses i et professionelt renseri-setup efter endt tørring.

Derfor er det overvejet om gluten rent renseriteknisk kan frarenses. Det er undersøgt, og svaret er, at man vil kunne frarensen en stor del, men ikke det hele. Når afgrøder til konsum sælges som glutenfri, er enhver rest uacceptabelt, så frarensning af gluten er ikke muligt.

Luftmængde, anbefalinger

Tørring på planlager, i tørreposer og lignende:

- Ved tørring: 360 m³ luft / m² gulvflade / time.
 - ≤20% vand: 200-300 m³ luft / ton / time. (Store frø: 250-350 m³ luft / ton / time)
 - >20% vand: 300-400 m³ luft / ton / time.
- Beluftning af tør afgrøde ved 3 m lagerhøjde: 35-40 m³ luft / m² gulvflade / time.
 - 15-20 m³ luft / ton / time.
- Der skal sikres en lufthastighed på 0,1 m/s gennem afgrøden.

Ved tørring af konsumafgrøder, og i særdeleshed bælgfrugter med store frø, er det vigtigt at frøene forbliver pæne i overfladen, uden revner. Derfor kan det være en fordel at dimensionere med større luftmængde, så tørring af våde partier kan gennemføres med varmetilsætning på højst 5° C. Stor varmetilsætning kan revne og lave store frø runkne.

Varmetilsætning

Til opvarmning af tørreluft bruges som regel el, varmtvandskalorifere, gasbrænder eller oliebrænder. Der skal bruges 1,22 kJ til at opvarme 1 m³ luft 1° C.

Varmeydelsesberegning ved blæserydelse på 10.000 m³/time (2,78 m³/sek.), hvor luften skal opvarmes 5° C. Varmebehov: 1,22 kJ x 5° C x 2,78 m³/s = 17,0 kW = ~14.600 kcal/h.

- Plantørring: 5° C + blæserens egenopvarmning på 1-2° C.
 - >20% vand: Ingen varmetilsætning.
 - ≤20% vand: Varmetilsætning.

Ved lagerhøjde på ≤1 m kan varme anvendes uanset afgrødens vandindhold, hvis lufthastigheden overholder 0,1 m/s gennem afgrøden. Risikoen for kondensering er ikke til stede ved lav oplagshøjde og god lufthastighed.

Lagerfast vare

Konsumafgrøder som korn, ært, kikært, lupin, hestebønner og linser er lagerfaste ved 14% vand og nedkølet til 5° C. Tørringsprocessen styres bedst ved at tørreluftens relative fugtindhold (RH) styres

ved varmetilsætning når behov. Ved at se i understående ligevægtstabel kan det ses hvilket RH der skal anvendes ved forskellige afgrøder, for at ramme 14% vandindhold.

Hvis den specifikke afgrøde ikke kan ses i ligevægtstabellen, anbefaler der at bruge værdierne fra et frø der ligner. Husk, at vandindholdet typisk stiger 0,5-1% efter endt tørring. Derfor er det en god idé at sigte efter en overtørring på 1%.

Ligevægtstab

Tabel 1. Relativ luftfugtighed og vandindhold i havefrø, græsfrø og korn ved ca. 15° C.

Relativ fugt (RH)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Byg		9,0	10,1		11,8	12,6	13,4	14,3	15,2	16,3	17,3	19,4
Havre			10,0		11,3	12,0	12,5	13,3	14,0	15,4	17,0	19,3
Hestebønner	7,2			9,3			11,1			14,5	17,2	
Hvede		9,3	11,0		12,2	13,0	13,4	14,3	15,2	16,3	17,3	19,0
Raps	4,5		5,7		6,6	7,0	7,5	8,0	9,0	10,0	11,3	12,7
Rug			10,7		11,6	12,4	13,2	14,0	14,8	15,8	17,0	19,0
Ærter			10,3		11,9	12,7	13,5	14,3	15,0	16,0	17,1	19,0
Chrysanthemum		7,0										
Græsfrø (gns.)			9,2	9,9	10,5	11,1	11,8	12,8	13,8	15,4	17,0	19,4
Gulerod	6,8			7,9			9,2			11,6	12,5	
Hør									13,5			
Karse	6,1		7,5		8,5	9,0	9,5					
Kinakål	4,6			6,3			7,8			9,4		
Kommen	6,7	7,2	7,8	8,4	9,0	9,6	10,3	11,1	12,0	13,0	14,5	16,5
Kørvel			9,5									
Kålfrø	4,7	5,3	5,5	6,2	6,3	7,0	7,3	8,0	8,4	9,1	10,1	12,0
Morgenfrue				7,8	8,9	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	
Pastinak	7,0			8,0	8,6	9,0	9,5	10,1	10,7	11,2	11,7	
Persille		7,2	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2					
Purløg	6,9			9,4	10,2	11,0	11,8	12,5	13,2	14,0	14,8	
Radiser	5,1			6,8	7,3	7,8	8,3	8,9	9,5	10,2	10,9	
Rødbeder	5,8			7,6			9,4			11,2	15,0	
Selleri	7,8			9,0	9,5	10,0	10,4	11,2	11,8	12,4	13,8	
Skorzonnerod					8,1							
Spinat	7,8			9,5	10,0	10,5	11,1	11,8	12,5	13,2	14,5	15,5
Valmue	4,9	5,4	5,9	6,3	6,9	7,4	8,0	8,7	9,5	10,3	11,7	13,7

*Kilder: Paul Jensen Frø, Jan Vinnergaard, Dansk Frøavl, Løkkes Maskinfabrik, Witte, Wageningen, Harrington.

Tilsyn og nedkøling

- Efter tørring reduceres korntemperaturen hurtigst muligt til 10° C og dernæst til lagerfast temperatur på 5° C, når udetemperaturen tillader det.
- Husk!!! Udelufttemperaturen skal være 4-5° C lavere end afgrødetemperaturen før temperatur-sænkning opstartes.
- Lagerfaste afgrøder bør tilses minimum hver 14. dag.
- Vedligeholdelsesbeluftning anbefaler minimum hver 3.-4. uge.
- Så længe afgrøden er min. 5° C varmere end udeluften, er der ikke risiko for at køling/beluftning opfugter afgrøden. Her kan der altid nedkøles uden risiko for opfugtning af afgrøden.

Tommelfingerregler

- 1.000 m³ luft fjerner én procent vand fra 1 hkg korn.
- En blæserydelse på 30.000 m³ luft pr. time, nedtørre ca. 7,5 hkg korn 4% i timen.
- Tørresvind (beregningseksempel). 250 hkg korn nedtørres fra 20 til 15% vand.
 - Tørrevind, hkg = $250 * (20 - 15) / (100 - 15) = 14,7$ hkg (= 1.470 liter vand).
- Et godt tørringsanlæg skal kunne nedtørre halvdelen af avlen i løbet af 14 dage.
- Opvarmning af tørreluft med 1° C reducerer RH med ca. 5% point.

Links til kilder om tørring og opbevaring af landbrugsafgrøder

- [Sådan tørrer du kornet](#)
- [Sådan tørrer du græsfrø](#)
- [Vejledning i tørring af hestebønner](#)
- [Tørring og opbevaring af kvalitetskorn](#)
- [FarmTest: Forrensning af korn](#)
- [Energiforbrug ved tørring af afgrøder](#)
- [Det betaler sig ikke at vente med at høste!](#)
- [Tørring og lagring af økologisk og konventionelt korn](#)
- [Tørring af korn i lagertørringsanlæg - Grøn viden nr. 282](#)
- [Grundregler for tørring og lagring af korn](#)
- [DLF – Værd at vide om frøtørring](#)
- [Løkkes Maskinfabrik – Aktuelle råd om plantørring](#)
- [AU – Tørring og lagring af korn og frøafgrøder](#)
- [Inspiration til tørring af meget små afgrødemængder](#)
- [Video – Tørring af bælgplanter til konsum](#)

1) Tørreposer

Tørring i tørreposer med improviseret hovedkanel eller med blæser direkte monteret på én pose

Opsætningen består af tørreposer, der kan placeres i et område, hvor der ikke håndteres andre afgrøder, for at sikre at afgrøden ikke forurenes med gluten. Tørreposerne kan leveres direkte til den virksomhed, der skal foretage oprensning og pakning. I dette tilfælde Gl. Buurholdt, hvor tørreposerne også er købt.



Billede 1. Opsætning med improviseret hovedkanel.
Fotos: Visti Møller, Gl. Buurholt



Billede 2. Drønrør anbefales med en diameter på ≥ 200 mm.

I bunden af tørreposen placeres drønrør med en diameter på ≥ 200 mm. Det skal understreges, at metoden kræver overvågning af tørringsprocessens ensartethed. Det er altid en god idé at lave en kort omrørersnegl monteret på en boremaskine, som med mellemrum kan anvendes til omrøring af tørreposen.

Specielt ved tørring af afgrøder med stort vandindhold kan omrøring være en nødvendighed. Fx høstes hestebønner til tider med 25% vand. Uden omrøring kan det være nødvendigt at tømme posen midt i tørringsprocessen, blande og ifylde afgrøden igen for at undgå "våde lommer" – akkurat som ved tørring af græsfrø.

Valg af blæsere

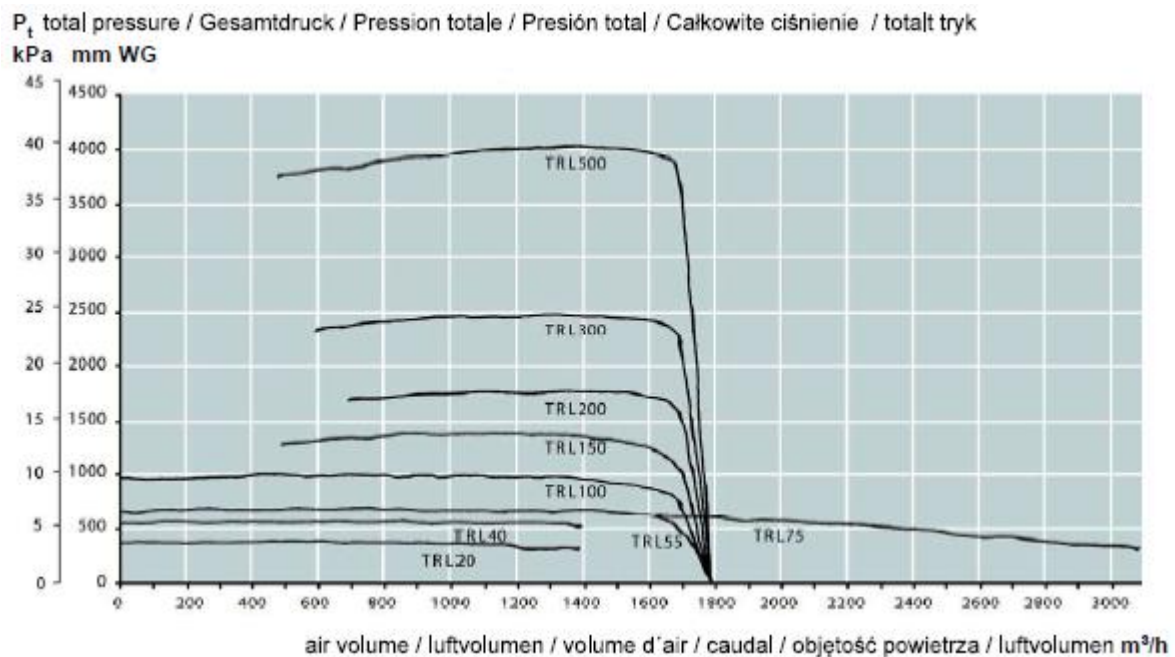
Det anbefales at råde over to blæsere, hvis man både vil være sikker på at kunne tørre afgrøder med normalt vandindhold på 16-19%, samt afgrøder som våde hestebønner med et vandindhold i niveauet 25%. En meget våd afgrøde stiller større krav til det modtryk blæseren skal kunne overvinde. Desuden sikrer stor luftgennemgang, af fugten transporteres helt ud af tørreposen – specielt ved anvendelse af varmekilde.

Understående eksempel viser to Kongskilde blæsere. Der findes mange andre gode blæserfabrikater på markedet, som også kunne være gode alternative valg. Ved valg af andre fabrikater anbefales der at tage afsæt i de to Kongskilde blæsers tekniske karakteristika. Vi anvender:

- Kongskilde TRL 20 – en 1,5 kW blæser til afgrøder med lille vandindhold og max to poser
- Kongskilde TRL 75 – en 5,5 kW blæser til våde afgrøder og tørring af mere end to poser ad gangen. Luftmængden kan evt. reduceres ved delvis afblænding af luftindtaget.

Tekniske data

Tekniske data for blæserne kan findes på Kongskildes hjemmeside, efter oprettelse som bruger.



Figur 1. Diagram over TRL blæsere fra Kongskilde. Kilde: www.kongskilde-industries.com.

Tørreposer har den fordel, at de efter endt tørring kan bruges til levering til den samarbejdspartner der skal forestå oprensning og pakning. Der er et bundudtag som ved almindelige storsække til fx udsæd.

Se mere om metoden i videoen: [Tørring af bælgplanter til konsum](#).

2) Tørrekasser

Tørrekasser har været anvendt i sortsforædlingen i mange år, netop fordi tørrekasser kan håndtere meget små afgrødemængder. Tørrekasser fås i forskellige størrelser. Øverst relativt små tørrekasser med perforeret bund, hvor afgrøden først ifyldes små tørresække. Metoden er sikker men arbejdskrævende, da afgrøden både skal sættes op før tørring, samt ompakkes i fx storsække før levering til oprensning og pakning.

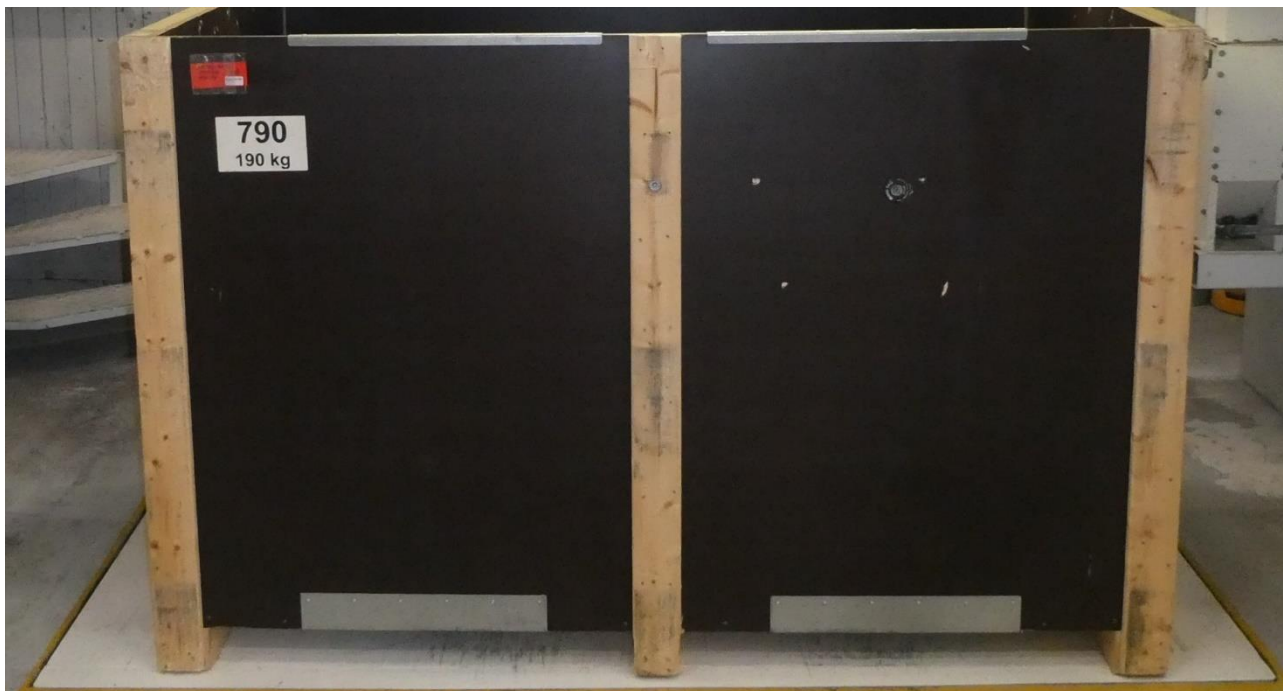


Billede 3. Små tørrekasser sat i en række med fælles blæser.
Fotos: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES



Billede 4. Tørresække pakket i tørrekasse m. perforeret bund.

Med den lille lagerhøjde i tørrekasserne, er risikoen for kondensering i toppen ikke til stede, såfremt der vælges den rette blæser, der sikrer en lufthastighed på 0,1 m/s gennem afgrøden.



Billede 5. Stor tørrekasse med perforeret bund som fx Jensen Seed anvender. Foto: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES.

Tørrekassen herover har perforeret bund, og er beregnet til tørring i løs vægt. Tørrekasser er en billig og sikker metode til tørring af nye konsumafgrøder, men medfører manuel håndtering ved tømning.

3) Mobil hovedkanal med blæser til traditionelle rundbuer

Til lidt større afgrødemængder er plantørring en oplagt og gennemafprøvet løsning. Udfordringen er, at afgrøder der skal holdes glutenfri, ikke kan tørres ved siden af andre afgrøder. Understående billede viser en mobil hovedkanal lavet til frøtørring.

Idéen er også oplagt til tørring af partier der skal holdes glutenfri. En mobil hovedkanal kan laves i alle størrelser, og er fleksibel i forhold til hvor mange rækker rundbuekanaler der udlægges, og hvilke længder. Husk at der bør være minimum en halv meter afgrøde over rundbuerne.



Billede 6. Mobil hovedkanal der kan laves i alle størrelser og placeres isoleret, så glutenforurening undgås.
Foto: Kristian Juranich, SEGES

Desuden kan det være nødvendigt at reducere blæserydelsen, hvis der fx kun tørres i én rundbuekanal. Reduktion af luftmængden gøres ved at afblænde luftindtaget delvist med en plade eller et kraftigt stykke pap.

Det er set, at nogle forsøger at reducere luftmængden i én tørrekanal ved at åbne spjældet til et andet udtag der ikke anvendes. Det er ikke tilrådeligt, da man kan miste kontrollen over hvor meget luft det trykkes igennem afgrøden.

4) Tørrevogne

Tørrevogne, som herunder, er en mobil løsning, der er arbejdsvenlig og som let kan placeres isoleret. I de mest simple udgaver købes der en gammel vogn, hvor der indbygges en perforeret bund og en blæser.



Billede 7. Brugt vogn hvor der er indbygget en perforeret bund og en blæser. Foto: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES

Tørrevogne med omrøring er en rigtig god løsning til tørring af våde afgrøder. Omrøringssystemet forhindrer, at der i meget urene afgrøder kan dannes områder, hvor luftgennemgangen er for lille. Tørrevogne med omrøring kan være udstyret med en meget stor varmekilde. Ved tørring af storfrøede konsumafgrøder, som hestebønner og ærter bør det sikres at varmetilsætningen ikke overstiger 5° C.



Billede 8. Tørrevogn med omrøring. Foto: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES

5) Tørring i 40 fods containere

Opbygning af tørringsfaciliteter udendørs i 40 fods containere giver mulighed for adskillelse fra eksisterende planlagre. Systemet kræver en betonplads hvor afgrøden kan læsses af, hvorefter en læssemaskine flytter afgrøden til containerne. Afgrøden skal suges ud ved levering.



Billede 9. Containerne opstillet udendørs med presenningstag. Fotos: Henning Sjørslev Lyngvig, SEGES



Billede 10. Studsen i containerens side til prøvetagning.

Presenningstaget er lavet så presenningsenden på billedet kan være åben under tørring, så den fugtige lugt blæses ud. AgroEx har lavet anlægget. De har erfaring for, at containerne oftest står uden presenning under tørringen. Vurderinger er, at det skal regne en del, før det er nødvendigt at lukke presenningstaget. Der er monteret tre studse i hver container, så der med et prøvespyd kan udtages prøver under tørringen.



Billede 11. Rundbuer placeres mellem styreskinner i bunden. Fotos: Henning Sjørslev Lyngvig, SEGES



Billede 12. Interimsistisk hovedkanal mellem containerne.

I containerens bund er der fastgjort styreskinner, så rundbuekanalerne ikke forskydes under ifyldning. Hullerne til luftadgang kan se bagerst i containeren. Mellem containerne er der lavet en interimsistisk hovedkanal med et lukkespjæld pr. luftafgang.

En container med presenning koster i niveauet 45-50.000 kr. plus blæser, hovedkanal og varmekilde.

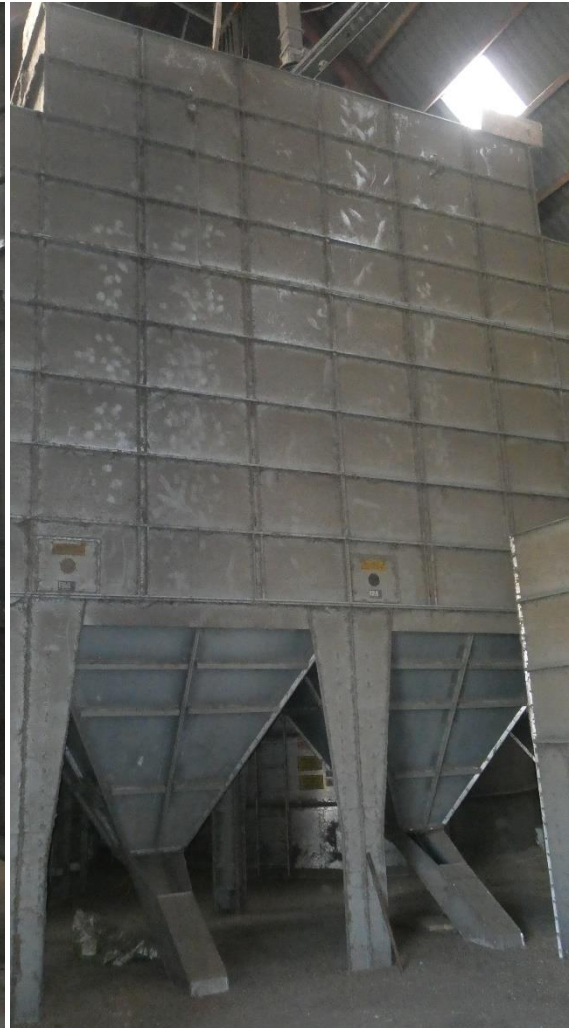
6) Gennemløbstørreri med lukkede siloer

For at der kan opbygges et professionelt anlæg til mange konsumafgrøder, skal det være muligt at rengøre det mellem afgrødearterne, og det skal være muligt at tørre og opbevare hver afgrødeart separat. Det økologiske landbrug Eliselund bruges her som eksempel på et professionelt anlæg.

Der dyrkes 14 afgrøder, hvoraf 11 er konsumafgrøder. Der er opbygget en lade målrettet tørring, rensning og opbevaring af små afgrødeportioner. Alle afgrøder forrenses i et Westrup soldrenseri med stigluftrrensning. Tørring foretages i tre ældre AB portionstørrerier med kontinuerligt gennemløb, der har to blæsere. Én til indblæsning og én til udsugning af tørreluft, der blæses ud af laden.



Billede 13. Portionstørreriets kontinuerlige cirkulation under tørringsprocessen sikrer ensartet tørring. Tørreluft blæses udendørs. Fotos: Henning Sjørsløv Lyngvig, SEGES



Billede 14. Der er fire lukkede BM siloer til opbevaring af de tørrede afgrøder, samt seks siloer m. beluftning.

Indlægning foretages i fire lukkede BM siloer på hhv. 30, 40, 40 og 30 ton. Der renses i soldrenseren før indlægning i de seks Bin stålsiloer, der hver rummer ca. 150 ton. Bin siloerne er helt lukkede mellem tag og silosider. Siloerne bruges kun til beluftning – ikke tørring.

Hvis muligt finrenses nogle afgrøder. Det kræver en tom silo. Afgrøderne beluftes jævnligt gennem opbevaringsperioden og indtil levering. Transportanlægget udgør en usikkerhed i forhold til rengøring. Det rengøres så godt som muligt mellem afgrøderne, hvorefter der køres minimum 200-300 kg "skylle-afgrøde" igennem anlægget til en skyllesilo, hvorfra det opfodres.

7) Flere små tørresiloer

Udendørs tørresiloer er en oplagt løsning, når konsumafgrøder skal holdes adskilt. Men det kræver at der er en vis volumen i hver afgrøde. Tørresiloer fås fra ca. 235 m³, svarende til ca. 180 ton hvede, og giver stor sikkerhed for ensartet tørring pga. omrørersystemet. Til afgrøder hvor der er risiko for våd høst, som fx hestebønner, anbefales det at bygge siloen bred, og med mindre højde, da omrørersystemet ellers kan blive overbelastet.



Billede 15. Udendørs silobatteri med 6 stk. 330 m³ tørresiloer med omrøring. Foto. Jens Erik Iversen, SUKUP Europe.

Ved opbygning af transportanlæg bør rengøring indtænkes. Det eneste transportsystem der er 100% sortsren er lufttransport. Ved elevator- / redleranlæg bør der altid laves et endeudløb på redleren i toppen, så der kan køres minimum 200-300 kg "skylleafgrøde" igennem anlægget til en skyllesilo eller en vogn, hvorfra det fx opfodres.



Billede 16. Korngrav med forrensning før transportanlægget. Foto. Jens Erik Iversen, SUKUP Europe.