

CENTRAAL INSTITUUT VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK

Publicatie van het Droogtechnisch Laboratorium, no.64

VOORLOPIGE BESCHOUWING OVER HET DROGEN EN OPSLAAN  
VAN GRAAN OP HET LANDBOUWBEDRIJF

door  
J.Kreyger

2161537

VOORLOPIGE BESCHOUWING OVER HET DROGEN EN OPSLAAN  
VAN GRAAN OP HET LANDBOUWBEDRIJF

door  
J.Kreyger

Korte inhoud

Er wordt een beschouwing gewijd aan de beantwoording van de vraag, hoe het drogen en het opslaan van graan op een landbouwbedrijf in principe het best kunnen worden ingericht en gedimensioneerd. De constructieve uitvoering is in deze publicatie buiten beschouwing gelaten.

Geconcludeerd is, dat men voor 80 % van de opslag siloruimte zonder ventilatiemogelijkheid en voor 20 % siloruimte met ventilatiemogelijkheid nodig heeft. In deze laatste ruimte dient langzaam te kunnen worden gedroogd; deze ruimte fungeert als opvang- en bufferruimte.

De eigenlijke droging dient plaats te vinden in een speciale droger.

Principes en dimensionering van droger en geventileerde opvang-droogsilos worden gegeven.

Voor de geventileerde opvangsilos en de droger is een mogelijkheid tot mechanisch vullen en ledigen gewenst.

Voor de ongeventileerde silos is alleen mechanisch vullen noodzakelijk.

## Inleiding

In Publicatie no.51 van het Droogtechnisch Laboratorium worden praktische richtlijnen gegeven voor het drogen van granen in de schuur. Deze richtlijnen zijn gebaseerd op de resultaten, verkregen bij eigen semi-technisch onderzoek. Gebleken is, dat het drogen, onder inachtneming van deze richtlijnen, goed kan verlopen. De volgende combinaties van laagdikte, luchthoeveelheid en luchttemperatuur kunnen, wil men verzekerd zijn van een redelijke gelijkmatigheid in het droogresultaat, worden aanbevolen:

Tabel 1. Praktische combinaties van laagdikte, luchthoeveelheid en luchttemperatuur.

Combinatie	A	B	C
Laagdikte (m)	0,80	0,60	0,40
Luchthoeveelheid ( $m^3/m^2h$ )	250	300	350
Temp. drooglucht ( $^{\circ}C$ )	23	26	30
Droogduur bij graan van 22 % vocht (uren)	$\pm 114$	$\pm 57$	$\pm 26$
Capaciteit gedroogd graan ( $kg/m^2h$ )	$\pm 5$	$\pm 9$	$\pm 12$

Men ziet, dat bij combinatie C, waarbij de laag de dunste is en waarbij de luchthoeveelheid de grootste en de temperatuur van de lucht de hoogste is, de grootste capaciteit wordt verkregen bij een korte droogduur. Bij die omstandigheden moet een droogvloer kort na elkaar beladen en geledigd worden. Dit nu levert in de praktijk moeilijkheden op in verband met een tekort aan arbeidskrachten.

Een ander probleem bestaat hierin, dat men, blijkens stemmen uit de praktijk, het gedroogde graan in vele gevallen op het bedrijf zelf wenst op te slaan.

De hierboven geschetste bezwaren zijn ons gebleken uit gesprekken met de Heer C. Zijdewind, Hoofdassistent bij de Landbouwvoorlichtingsdienst te Schagen en de Heer A. Huiberts, fabrikant te Breezand (N.H.).

Om de gesignaleerde problemen op te lossen, kan men in principe op twee manieren te werk gaan.

- a. Men kan een langzame droging in de opslagruimte bewerkstelligen. Het graan komt dan in de hiervoor speciaal ingerichte silo's, wordt daarin langzaam gedroogd en blijft daarin. Vullen en ledigen (en omzetten) dienen mechanisch te kunnen geschieden.
- b. Men kan proberen het beladen en ledigen van de droogvloer te mechaniseren. Om deze mechanisatie te bereiken, kan men de eestdroging in principe handhaven, doch de uitvoeringsvorm wijzigen, d.w.z. aanpassen aan de beoogde mechanisatie. In dit geval is het van belang de droogcapaciteit zo hoog mogelijk te houden, althans voor zover met het behoud van de kwaliteit van het product en met de economie van de droging verenigbaar is.  
Voor de opslag van het gedroogde graan zijn silo's zonder ventilatie nodig met mogelijkheid tot mechanisch vullen.

In het hierna volgende zal een voorlopige beschouwing aan beide principes worden gewijd. Daarbij zal alleen op de principiële opzet en de dimensionering van de installaties worden ingegaan en niet op de constructieve uitvoering. Een dergelijke beschouwing lijkt ons gewenst als uitgangspunt en als leidraad voor het verdere onderzoek.

## I. HET LANGZAAM DROGEN VAN GRAAN IN ZGN. DROOGSILO'S

### Principe

In zijn eenvoudigste vorm is deze methode verwezenlijkt in de zgn. bin-ventilation- of bin-drying-werkwijze, die in Amerika en Engeland wordt toegepast. In Duitsland kent men deze werkwijze eveneens (Tacco).

Ook in ons land tenslotte zijn er bedrijven, die de methode toepassen. Bij deze werkwijze wordt het graan langzaam gedroogd in een dikke laag. Volgens de onderzoeken, verricht op het Droogtechnisch Laboratorium, levert dit evenwel bezwaren op, vooral als het graan nogal vochtig is, b.v. een vochtgehalte heeft van 22 % of hoger. De droogduren worden lang, tenzij men zeer grote luchthoeveelheden per m<sup>2</sup> vloeroppervlak per uur zou toepassen; dit evenwel zou een onevenredig hoog krachtverbruik vergen.

Hoe de oplossing van het probleem zijn moge; o.i. dient aan de richtlijnen: niet te dikke lagen, niet te weinig lucht en matige temperatuur vastgehouden te worden.

Een praktische oplossing is o.i. in principe mogelijk door:

- a. De lagen op elkaar te stapelen, waarbij een bovenliggende laag pas opgebracht en gedroogd wordt als de onderste droog is.  
Een dergelijke methode is bestudeerd. Er zijn evenwel nogal wat bezwaren op te sommen. We gaan op deze variant niet verder in.
- b. De lagen vertikaal te plaatsen en na het drogen intact te laten.  
Op dit principe zijn de Graepel silo's en de in Engeland en Frankrijk in gebruik zijnde cilindrische silo's met centrale luchtaanvoerpijp gebaseerd. Naar onze mening zijn de toegepaste laagdikten niet in overeenstemming met de afmetingen van deze aanvoerbuis, althans niet als er gedroogd moet worden. In fig.1 is het principe van een dergelijke droger weergegeven, waarbij de binnenbuis wijder is getekend dan gebruikelijk is. De figuur spreekt voor zichzelf.

### Totaal benodigde hoeveelheid lucht

We nemen voor de navolgende beschouwing aan, dat het gemiddelde beginvochtgehalte 22 % is en dat er voor het verdampen van 1 kg water 500 m<sup>3</sup> lucht nodig is. Een berekening leert, dat voor het drogen van 1 m<sup>3</sup> graan dan 32000 m<sup>3</sup> lucht nodig is.

### Luchthoeveelheid per uur

De luchtsnelheid bij intrede van de lucht in het graan kan afhankelijk gesteld worden van de laagdikte l en van praktische overwegingen, samenhangend met het krachtverbruik, het luchtdicht zijn van de luchtaanvoerleidingen etc. De weerstand moet niet te groot zijn, d.w.z. totaal inclusief die van de verhitte, de leidingen, de geperforeerde platen en het graan maximaal 35 mm W.K. Deze waarde is met axiaalventilatoren bij voldoende toerental gemakkelijk te bereiken. Dit is van belang met het oog op de grootte van de investering.

Waar het hier gaat om een langzame droging, waarbij het graan kan worden omgezet, kan men ook dikkere lagen in beschouwing nemen, dan die, welke in tabel 1 zijn genoemd.

We kunnen in dit verband de waarden volgens tabel 2 aannemen.

Tabel 2. Luchtsnelheid bij intrede in lagen van verschillende dikte.

Laagdikte	m	0,50 - 0,60 - 0,70 - 0,80 - 0,90 - 1,00
Luchtsnelheid bij intrede	m/uur	325 - 300 - 280 - 270 - 260 - 250

Verhoudingen van de dimensies (zie fig.1)

Bij de gekromde lagen is de luchtsnelheid door de laag bij de intrede het hoogst, ze neemt af naarmate de lucht de buitenste cilindervand nadert. De luchtsnelheid is omgekeerd evenredig met het doorstroomde oppervlak. Is de luchtsnelheid bij intrede  $v$ , dan is deze bij het uittreden  $\frac{d}{d+2l} v$ .

Het lijkt gewenst om een minimale grens te stellen aan de uittredesnelheid. De grootte van de minimale uittredesnelheid zal zó dienen te zijn, dat het graan aan deze buitenzijde door voldoende ventilatie goed blijft. Een snelheid van 100 m/uur als minimum lijkt gewenst.

Bij een laagdikte van 0,50 m behoort volgens de aanname van tabel 2 een intredesnelheid van de lucht van 325 m/uur. De uittredesnelheid wordt gesteld op 100 m/uur.

Men krijgt  $\frac{d}{d + 2 \cdot 0,5} 325 = 100$

waaruit volgt  $d = 0,45$  m.

Past men de berekening ook op de andere laagdikten toe, dan krijgt men de waarden van tabel 3.

Tabel 3. Verhouding van de voornaamste maten van droogsilo's voor graan.

d (m)	0,45 - 0,60 - 0,80 - 0,95 - 1,10 - 1,30
l (m)	0,50 - 0,60 - 0,70 - 0,80 - 0,90 - 1,00
D (m)	1,45 - 1,80 - 2,20 - 2,55 - 2,90 - 3,30

Inhoud en droogduur bij verschillende praktische afmetingen van de droogsilo's

Stel de bruto hoogte op 4,5 m, de netto werkhogte H op 4 m. Laten we de laagdikte  $l = 0,50$  bij deze droogsilo's verder buiten beschouwing, dan kunnen we de waarden van tabel 4 berekenen.

Tabel 4. Maten, capaciteiten en droogduren van droogsilos van verschillende afmetingen.

No.	1	2	3	4	5
D (m)	1,80	2,20	2,55	2,90	3,30
H <sup>x</sup> ) "	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
d "	0,60	0,80	0,95	1,10	1,30
l "	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
h "	3,40	3,30	3,20	3,10	3,00
graaninhoud m <sup>3</sup>	9	14	18	24	30
idem ton	7	11	14	19	24
oppervlak intrede lucht m <sup>2</sup>	6,3	9,0	10,7	12,0	13,8
luchthoeveelheid m <sup>3</sup> per uur	1900	2500	2900	3100	3400
luchthoeveelheid m <sup>3</sup> per m <sup>3</sup> graan per uur	210	178	161	129	113
droogduur <sup>xx</sup> ) uur	150	180	200	250	280

x) Deze hoogte moet tijdens de droging door bijvullen gehandhaafd worden.

xx) Bij verwarming van de drooglucht tot 25°C.

## II. HET DROGEN VAN GRAAN OP HET BEDRIJF MET EEN SPECIALE DROGER

Aangezien het hier gaat om het drogen op een bedrijf, dus om het drogen van betrekkelijk kleine hoeveelheden, wordt het drogen in continu werkende cascade-, toren-, trommeldrogers etc. buiten beschouwing gelaten. Deze komen alleen in aanmerking voor drogerijen. We baseren ons op de discontinue eestdroging, zoals deze blijkt te kunnen verlopen volgens de in de inleiding genoemde richtlijnen, dus bij de waarden van tabel 1. Het gaat daarbij om zgn. "batch"-droging, d.w.z. de droger wordt gevuld, werkt de lading af, wordt geleidigd etc.

Om het beoogde doel, het mechanisch vullen en ledigen, te bereiken, kan, evenals bij de droogsilos, gebruik worden gemaakt van de zwaartekracht. Dit betekent, dat de eestvloer vertikaal of in elk geval voldoende hellend geplaatst moet worden en dat er voorzieningen moeten zijn om de beoogde laagdikte in stand te houden. Dit principe is op de twee volgende manieren te verwezenlijken:

### A. Droger met verticale cilindrische graanlaag

Men kan de droger in principe uitvoeren als de geventileerde droog-silo, beschreven in hoofdstuk I. Men dient de dimensies evenwel aan te passen aan de beoogde korte droogduur en aan de mate waarin het te drogen graan binnenkomt.

Baseren we ons op de combinatie C volgens tabel 1, dan mogen we een droogduur verwachten van + 26 uur. Hebben we te maken met een bedrijf, waarbij b.v. 80 ton graan in twee weken binnenkomt, dan moet de inhoud van de droger ongeveer 8 ton zijn.

Bij een vlakke vloer zou 8 ton bij een laagdikte van 0,4 m een oppervlakte van  $+ 26 \text{ m}^2$  vergen. Nemen we dit oppervlak aan als het gemiddelde van het cilindrische binnen- en buitenoppervlak van de verticale graanlaag en nemen we de hoogte van de graanlaag aan op 4 m, dan wordt de diameter van de binnenbuis  $d = \frac{26}{4 \pi} - 0,4 = 1,7 \text{ m}$ .

In fig.2 is de droger in principe geschetst. Bij deze droger heeft men, zoals bij alle discontinu werkende drogers, waarbij de graanlaag vertikaal staat, het bezwaar, dat de graanhoogte daalt door het krimpen, hetwelk tijdens de droging plaats vindt. Daarom zal er een zekere "overmaat" moeten worden toegediend en zal de droger tijdens de droging af en toe moeten worden bijgevuld.

### B. Drogen met hellende graanlaag

Men kan de droogvloer handhaven, doch een zodanige helling geven, dat deze groter is dan het natuurlijke talud van het graan. Het principe is geschetst in fig.3.

Ter toelichting het volgende:

Op de hellende geperforeerde droogvloer 1 wordt graan gestort bij 2. De schotjes 3 zorgen ervoor, dat de graanlaag 4 zich ongeveer aanpast aan de helling van de droogvloer. De schotjes 3 zijn iets op en neer te verstellen, de stand is aan te passen aan de geaardheid van het graan. Door de schuiven 5 wat op te trekken, kan het graan in de schroefgoot 6 stromen en worden afgevoerd naar de opslagruimte. Door ventilator 7 wordt verwarmde lucht in de gesloten ruimte 8 geperst, welke lucht alleen dwars door de graanlaag kan ontsnappen.

In plaats van verwarmde lucht in de ruimte 8 te blazen, kan men ook een verwarming (b.v. warm water ribbenbuizen) in de ruimte 8 aanbrengen.

Overeenkomstig het in II B genoemde voorbeeld, kan men een oppervlak van  $26 \text{ m}^2$  nemen bij een laagdikte van 0,4 m. De halve vloer is dan  $13 \text{ m}^2$  groot, b.v. 3 m breed (langs de helling) en ruim 4 m lang. Ook deze droger zal tijdens de droging moeten worden bijgevuld.

Men kan i.p.v. een vloer met twee hellende helften ook een vloer met één helling toepassen.

### III. KEUZE VAN HET SYSTEEM

Men kan zich afvragen, hoe men het drogen en opslaan van het graan op een bedrijf het beste kan inrichten. Men heeft de keuze uit verschillende mogelijkheden, b.v.

- a. Men kan al het graan opbergen in zgn. droogsilo's, beschreven in hoofdstuk I. Men kan daarbij enkele grotere en enkele kleinere eenheden kiezen. De kleinere hebben kortere droogduren en werken met dunnere lagen (neigen in hun werking meer naar de "drogerkant").

Deze oplossing heeft enkele nadelen. In de eerste plaats vertonen alle silo's een enigszins gecompliceerd type. Ze zijn, vooral de grotere typen, niet goed geëigend voor het drogen van zeer nat graan (25 % vocht en hoger).

Tijdens de opslag tenslotte kan er via de luchtdoorlatende wanden contact optreden tussen buitenlucht en graan (kans op vochtindringing).

- b. 1. Men kan een aantal kleinere, dus sneller drogende droog-silo's volgens hoofdstuk I combineren met een aantal dichte silo's zonder ventilatiemogelijkheid. De kleinste typen drogen 7 ton in 150 uur (bij 25°C). Bij een iets hogere temperatuur kan men rekenen op 7 ton in 4 dagen. Heeft men er twee, dan droogt men 3,5 ton per dag. Voor een bedrijf, dat b.v. 100 ton graan moet opslaan, is deze capaciteit te klein. Bovendien is de buffercapaciteit te klein.
2. Men kan er over denken om de 2 droogsilo's een tussenvorm te geven tussen de droogsilo's van hoofdstuk I en de verticale cilindrische droger van hoofdstuk II, waarmee een droogduur van b.v.  $\pm$  100 uur mogelijk zou zijn. Om tot een voldoende droogcapaciteit te komen, zou de inhoud van deze beide droogsilo's per stuk  $\pm$  15 ton dienen te zijn. Naast deze beide silo's zouden dan nog 3 dichte silo's van  $\pm$  24 ton elk nodig zijn.
- c. Men kan een droger installeren (wij laten nu in het midden welke van de beide typen, beschreven in hoofdstuk II, men kiest) met daarnaast een droogsilo als opvangmogelijkheid en bufferruimte voor ongedroogd graan. In het laatste geval dient deze droogsilo een mogelijkheid te hebben om de binnenbuis op een willekeurige hoogte af te sluiten. Heeft men b.v. 100 ton graan te drogen en op te slaan, dan stelt men 4 dichte silo's op van 20 ton, 1 droogsilo van 20 ton en een droger (inhoud 8 ton). De droogcapaciteit wordt dan 9 - 10 ton per dag voor droger en droogsilo te zamen. Dit is voldoende, terwijl men 28 ton in eerste aanleg kan bergen. De droger en de droogsilo moeten mechanisch gevuld en geleegd kunnen worden, de 4 droogsilo's moeten alleen mechanisch gevuld kunnen worden. De mogelijkheid tot mechanisch ledigen van deze 4 dichte silo's is strikt genomen niet nodig. Het graan kan met de in dit voorbeeld beschreven drooginstallatie voldoende en redelijk gelijkmatig worden ingedroogd.

#### IV. CONCLUSIE

Op grond van de gegeven beschouwingen lijkt een oplossing als beschreven sub III c voorlopig de beste. Mogelijk zou ook III b 2 in aanmerking komen, alhoewel o.i. het toepassen van een "droger" met laagdikte van 0,4 m de voorkeur verdient met het oog op de mogelijkheid, dat zeer nat graan moet worden gedroogd.

Een nadere conclusie is pas mogelijk als de kostprijzen van de verschillende beschreven eenheden en die van de bijbehorende apparatuur bekend zijn.

Uiteindelijk zal nader onderzoek met verschillende eenheden in de praktijk definitief uitsluitsel kunnen geven.

Wageningen, januari 1956.

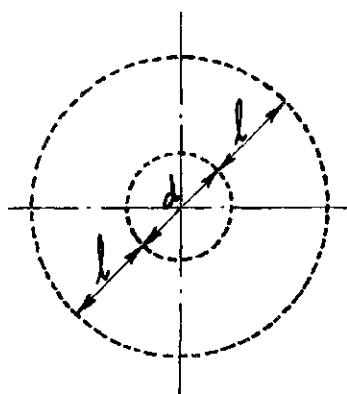
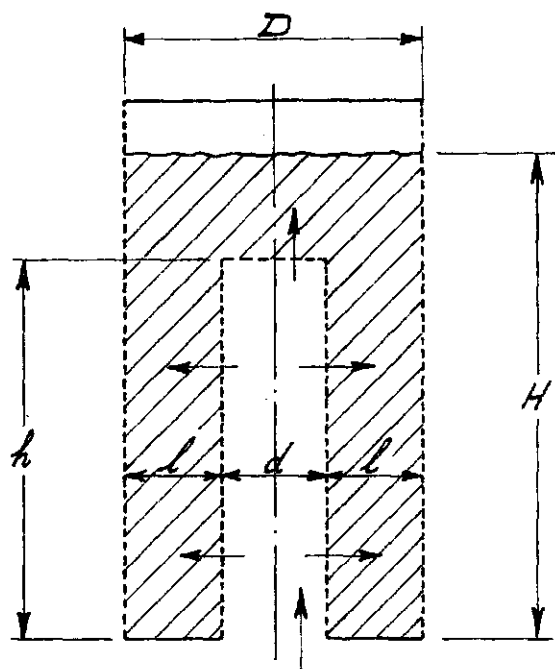
No.S 2333

150 ex.



Principe verticale cilindrische droogsilo

Fig.1



- $D =$  Diameter buitencylinder
- $d =$  „ binnencylinder
- $H =$  Graanhoogte voor droging
- $h =$  Hoogte binnencylinder
- $l =$  Dikte graanlaag



