

Feeders en flowpromotors (deel 2)

**STROMEN**

Ir. Gerard Haaker en Ir. Piet van der Kooij

# De juiste feeder kiezen

In een vorig artikel zijn de algemene kenmerken van feeders (onttrekmechanismen) en flowpromotors (hulpapparatuur ter verbetering van de stroming) aan de orde geweest. In dit artikel zal wat dieper op het gebruik van een aantal typen feeders worden ingegaan. Hoewel er een grote verscheidenheid aan feeders bestaat, zal hierbij aandacht worden besteed aan de meest toegepaste typen, namelijk de schroeffeeder (uitdraagschroef), de bandfeeder, trilgoot, cellenradsluis en de trillende conus.

Zoals in het eerste artikel al aangegeven zal elke feeder aan een aantal eisen moeten voldoen die voortkomen uit het productieproces waarin de feeder wordt toegepast. Deze eisen komen globaal neer op een goede afstemming op de opslagsilo, zodat een gelijkmatige en in dichtheid constante materiaalstroom over de volledige uitstroomopening van de silo plaatsvindt. Verder dient de feeder geschikt te zijn voor alle te verwerken stortgoederen, passend qua capaciteit en goed regelbaar te zijn in het totaal gevraagde capaciteitsgebied. Daarnaast kunnen nog eisen worden gesteld t.a.v. temperatuur, en eventuele gas- en stofafdichting.

**Grootte**

De grootte van de feeder wordt bepaald door twee factoren. De eerste is de gevraagde maximale uitstroomcapaciteit van de feeder. De tweede is de benodigde uitstroomopening van de silo om een ongestoorde, gelijkmatige uitstroming uit de silo te krijgen. De grootte van de feeder

wordt daar bij aangepast. Bij vrijstromende materialen zal de eerste factor bepalend zijn, omdat uitstroming uit de silo dan geen problemen zal opleveren. De grootte van de feeder wordt dan bepaald door de benodigde uittrekkcapaciteit en eventuele standaardmaten van het gekozen feedertype. In geval van cohesieve materialen, en zeker wanneer tijdversteving kan optreden, ligt de situatie anders. In figuur 1 is een situatie aangegeven voor een dergelijk materiaal. Zonder invloed van de tijdversteving wordt de eigen sterkte van het stortgoed aangegeven met de tijdloze flowfunctie FF. Die schrijft samen met de flowfactor ff de minimale uitstroomopening van de silo ( $d_1$ ) voor om storingsvrije uitstroming te garanderen. De grootte van de feeder zal dus ook minimaal deze afmeting moeten hebben.

Alleen bij een trilbodem geldt de diameter van de bodem als uitstroomopening voor de silo. De uitstroomopening van de bodem zelf is dan kleiner omdat de trillende beweging van de bodem de stroming genereert.

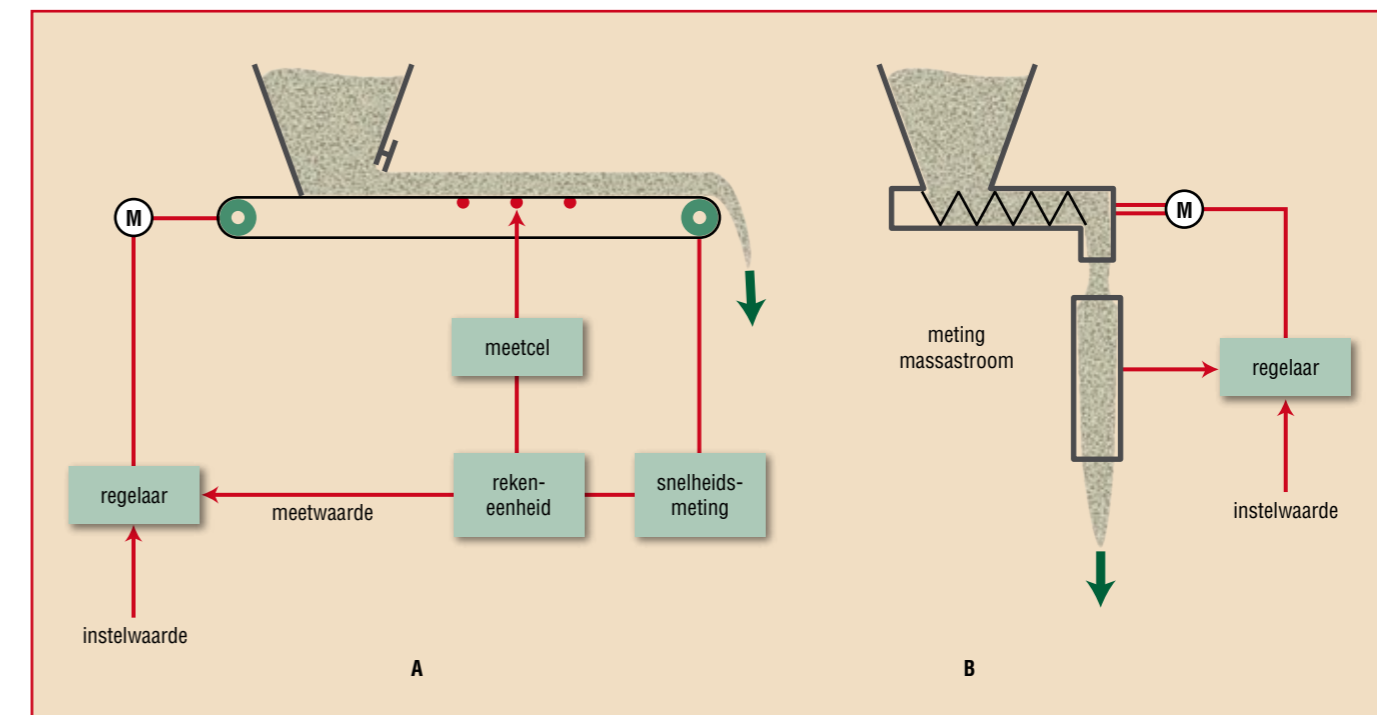
Als materiaal na bijvoorbeeld een dag stilstand van de silo is verstevigd ( $FF_{t=1}$  in figuur 1), neemt de bijbehorende waarde van de benodigde uitstroomopening toe ( $d_2$ ). Overbodig te noemen dat een stilstand van drie dagen of een weekend helemaal funest is ( $FF_{t=3}$ ) en een nog grotere opening ( $d_3$ ) vereist om brugvorming te voorkomen. Omdat de feeder hierop aanpassen buitenproportionele gevolgen heeft, blijkt in de praktijk het gebruik van flowpromotors (trillers of luchtkanonnen) onontbeerlijk. Natuurlijk kan ook het af en toe onttrekken van een kleine hoeveelheid materiaal uit de silo gevolgd door afvoeren of recirculeren tijdversteving voorkomen.

Wanneer het materiaal in de trechter eenmaal in beweging is, gedraagt het zich weer als de tijdloze situatie FF. De grootte van de feeder kan dan op basis van opening  $d_1$  of met een marge voor korte stoptijden op basis van opening  $d_2$  worden gekozen.

**Doseerapparaat**

Soms is de functie van een feeder niet meer dan transportmiddel/afsluiter voor de massastroom naar een volgend element in het proces. Vaak gebeurt dit dan batch-gewijs bij het vullen van bigbags, containers en vrachtwagens. De controle op de geleverde massa gebeurt dan niet bij de feeder maar meestal via weging bij het gevulde element.

Een meer continue dosering stelt eisen aan de geleverde materiaalstroom, een constante volumestroom (volumetrische dose-



**Fig. 2: Gravimetrisch doseersystemen:**  
a) als geïntegreerd systeem in een enkele eenheid  
b) als prefeeder met nageschakelde meeteenheid

ring) of een constante massastroom (gravimetrische dosering). Gedoseerd materiaal met steeds exact dezelfde dichtheid levert zowel een constante volumestroom als een constante massastroom op. Helaas is dit in de praktijk eigenlijk nooit het geval. Door invloeden van een variërende silodruk, materiaalsegregatie, onregelmatige stroming enzovoort zal de dichtheid variëren en daarmee de massastroom. Wanneer de eisen aan de nauwkeurigheid van de massastroom hoog zijn en de dichtheid onvoldoende constant kan worden gehouden, zal voor een gravimetrische dosering moeten worden gekozen.

Bij een gravimetrisch doseersysteem moet altijd op een of andere manier een meting (weging +berekening) van de massastroom plaatsvinden, een vergelijking met de gewenste massastroom en een terugkoppeling naar de feeder. Dit kan met een geïntegreerd doseersysteem, bijvoorbeeld een bandfeeder (zie fig 2a), of het kan in verschillende stappen. In dit laatste geval bestaat het systeem uit een in capaciteit regelbare feeder, een schroef of trilgoot, en een apart meetorgaan dat de massastroom meet, vergelijkt met de gewenste waarde en terugkoppelt naar de feeder (zie fig 2b).

**Massastroom meten**

Een geïntegreerd systeem is meestal uitgevoerd als een bandfeeder waarbij de belasting op een deel van de band wordt gemeten door een of meer steunrollen op

weegcellen te plaatsen. Om de invloed van het op de band vallen van het materiaal te elimineren, gebeurt dat meten vaak wat verder van de hopperopening af. Samen met de apart gemeten bandsnelheid kan hieruit de geleverde massastroom worden bepaald. Aanpassing van de massastroom aan de gewenste waarde vindt plaats door wijziging van de bandsnelheid en/of de dikte van de materiaallaag op de band door een regelbare klep bij de toevoeropening. Bij korte banden wordt soms de gehele band op een weegframe gemonteerd en de totale massa gewogen. Het weegframe is meestal zo uitgevoerd dat het kan scharnieren om een vast ingebouwde as. Het scharnierpunt is hierbij aangebracht onder het opstortpunt om de invloed hiervan te minimaliseren. Een dergelijk meetframe wordt ook wel bij schroef- en trilfeeders toegepast. Het nadeel hiervan is dat het dode gewicht van het apparaat in principe in het meet-sigitaal zit. Dit kan uiteraard worden weg-getarreerd, maar zal bij trillingen toch tot afwijkingen kunnen leiden.

Een van de feeder gescheiden meetorgaan biedt meerdere mogelijkheden om de massastroom te meten, en gebaseerd op verschillende, fysische principes. Ten eerste kan een kleine bandweger worden toegepast. Die is dan in principe hetzelfde uitgevoerd als een bandfeeder maar de belasting wordt op een of meer steunrollen gemeten.

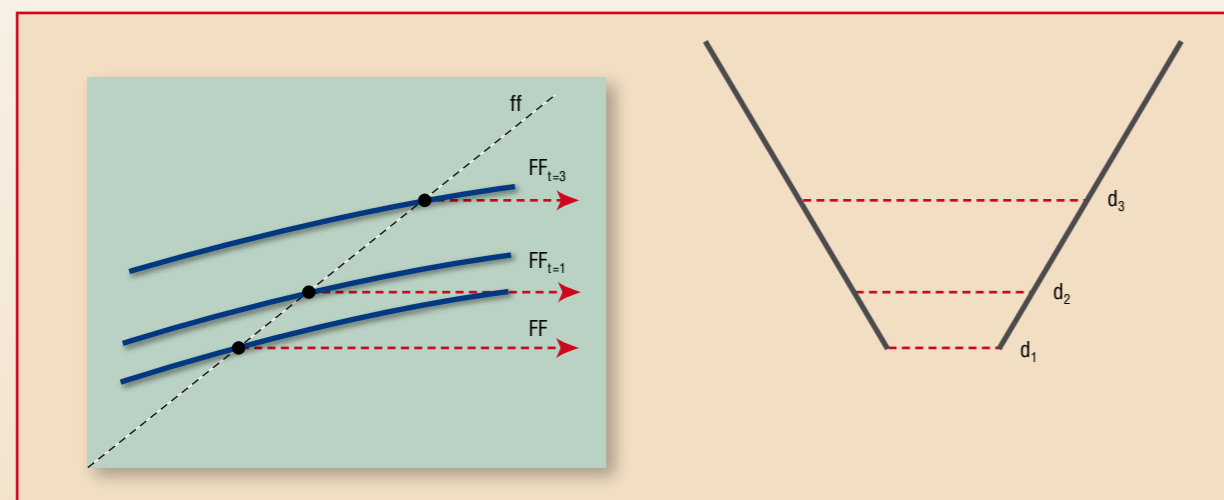
Een tweede mogelijkheid betreft de toepassing van een flowmeter in de vorm van een gebogen chute. Hierin wordt de nagenoeg verticale beweging van het materiaal omgezet in een meer horizontale beweging. De hierbij op de chute uitgeoefende kracht  $F$  is proportioneel aan de massastroom over de chute. Van deze kracht wordt meestal de horizontale component gemeten. Voorwaarde is dat de te meten kracht mede afhankelijk is van de snelheid en dus ook van de wrijving tussen chute en stortgoed. Voor nauwkeurige metingen moeten deze grootheden dus redelijk constant blijven.

Een derde mogelijkheid is de zogenaamde impact flowmeter. Hierbij valt de materiaalstroom via een inlaatpijp vanaf de feeder op een schuin opgestelde plaat waarbij de op de plaat uitgeoefende kracht wordt gemeten. De grootte van deze kracht wordt hierbij naast de massastroom bepaald door de botsingsnelheid, de impacthoek en de eigenschappen van de deeltjes zoals elasticiteit die weer samenhangen met temperatuur en vochtigheid. Ook hier geldt dus weer dat voor betrouwbare metingen deze eigenschappen niet al te veel mogen variëren in het proces.

**Coriolismeter**

Een vierde meetmogelijkheid voor massastroom is de coriolismeter. Een in segmenten verdeeld horizontaal wiel roteert met constante snelheid. De te meten

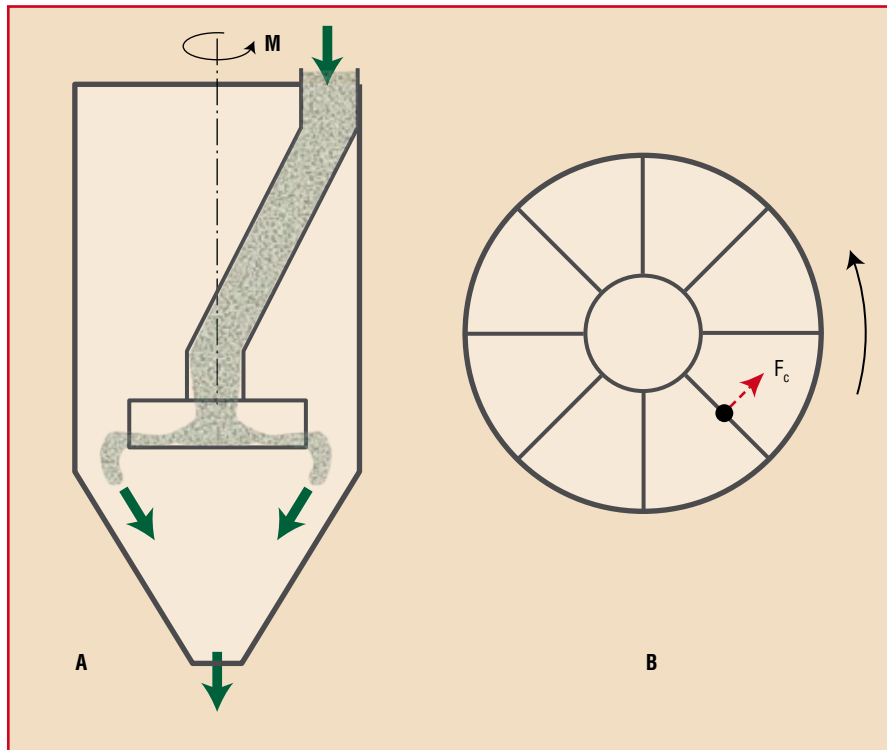
**Fig. 1: Vereiste openingsdiameter in relatie tot de tijdversteving van het materiaal**



## STROMEN

## De juiste feeder kiezen

Fig.3: Meetprincipe van een Coriolis massaflowmeter



stortgoedstroom wordt verticaal in het centrum van het roterende wiel ingevoerd en door de wielschoepen meegenomen (fig.3a). Het materiaal wordt door de rotatie naar buiten gestuwd, verlaat het wiel weer in horizontale richting, wordt verzameld in het conische onderstuk van het huis en vandaar verder afgevoerd. Doordat het materiaal in het wiel roteert en tevens radiaal naar buiten beweegt, moet het in omtrekrichting worden versneld door de wielschoepen. Hiervoor is Coriolis-kracht  $F_c$  nodig (fig.3b). Het aangedreven wiel voelt deze kracht als een

toename van het benodigde aandrijfmoment  $M$ . Bij meting vormt dit een maat voor massastroom.

Het signaal wordt niet beïnvloed door eigenschappen van de stortgoeddeeltjes (wrijving of verticale inloopsnelheid) zodat het een hoge nauwkeurigheid oplevert. Een laatste en veel toegepaste methode bij massastroommeting is de *Loss-in-weight*-meting. Hierbij zijn feeder en meetinstrument niet gescheiden maar wordt gebruik gemaakt van een vóór de feeder geplaatst weegvat of weeghopper. Meetcellen registreren de totale massa

van feeder en weegvat (inclusief de vulmassa). Tijdens het onttrekken van materiaal is de afname van de gemeten massa een directe maat voor de massastroom van het stortgoed. Terugkoppeling van het meetorgaan naar de feeder geeft de mogelijkheid om de massastroom op de gewenste waarde te regelen. Het weegvat wordt steeds tot een zeker minimumnivo geleegd, waarna (snelle) hervulling plaatsvindt. Tijdens de vultijd gaat de dosering door de feeder normaal door, zodat er sprake is van een continue dosering. Aan een dergelijk systeem zit een aantal nadelen. Ten eerste wordt tijdens de vulling geen doseermeting uitgevoerd, zodat in deze tijd geen gravimetrische maar volumetrische dosering optreedt (fig.4a). Bij niet te grote massastromen is dit geen probleem. De vultijd is klein ten opzichte van de totale doseertijd van een cyclus en de invloed van het volumetrisch deel op de doseernauwkeurigheid is dus gering. Bij toenemende doseerstromen moet vaker worden gevuld en neemt de invloed van het volumetrisch deel dus toe. Omgekeerd, bij minimale massastroom is de afname van de massa in het weegvat zodanig klein, dat niet snel genoeg betrouwbare metingen kunnen worden uitgevoerd om de feeder te regelen. Een dergelijk systeem zal dus in een zeker regelbereik een nauwkeurige dosering opleveren. Daarbuiten nemen afwijkingen snel toe (fig. 4b). Dit geldt overigens om allerlei redenen voor de meeste doseersystemen. In het derde artikel in deze reeks komen de eigenschappen van de diverse feeders aan de orde. ■

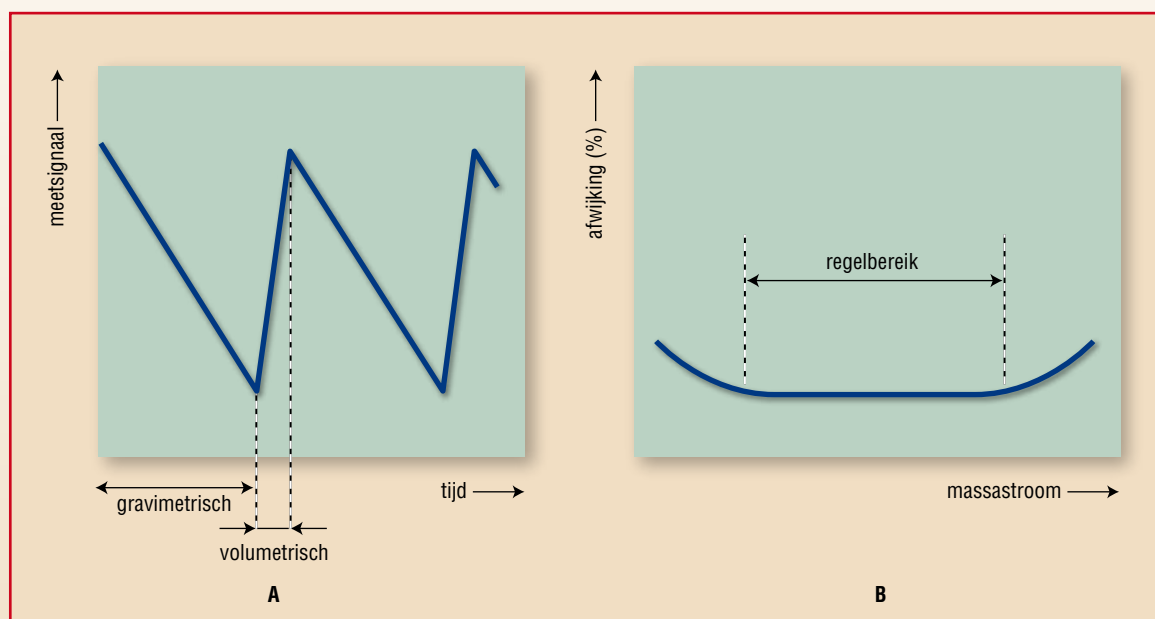


Fig.4: a) Fasen tijdens een Loss-in-weight-continu doseersysteem. Gravimetrisch bij het doseren uit het weegvat, volumetrisch tijdens het vullen van het vat b) optimaal regelbereik, begrensd door zeer hoge, dan wel zeer lage massastroom