

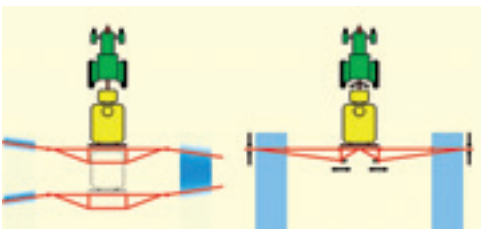
Spuitboom in balans

Het is in Nederland nog niet zo slecht vertoeven. Een voordeel van ons land is dat het overwegend vlak is. Dat scheelt spuitenfabrikanten een hoop werk, zou je denken. Bij vlakke percelen hoef je immers niet veel aan de spuitboomophanging te doen. Spuithoogte instellen en rijden maar. Niets is minder waar.

Wanneer je de bewegingen van een spuitboom in kaart brengt valt er nog een hoop te ontdekken. Uiteindelijk willen we een optimale druppelverdeling voor een optimale werking van het gewasbeschermingsmiddel. De verschillende spuitboombewegingen hebben daar een enorme invloed op, zo blijkt uit onderzoek. Bekijk je de bewegingen van de veldspuit met spuitboom dan zie je dat de spuit flinke bewegingen maakt, ook al lijkt het perceel vlak. Draaien en keren, variërende bodemprofielen, versnellen en vertragen. Allemaal bewegingsdimensies die in de ophanging uitgefilterd dienen te worden. Fabrikanten bedenken de meest prachtige termen voor de diverse uitvoeringen. Dit om op z'n minst de gebruiker aan het twijfelen te brengen om nog eens goed na te denken over de keuze.

Heffen of liften

De spuitboomophanging start feitelijk bij het toegepaste hefsysteem. Bij gedragen spuiten is dit doorgaans een hefmast. Dit is een compacte constructie zodat de spuitboom kort op de machine zit wat het totaal te heffen gewicht ten goede komt. Bij getrokken machines passen fabrikanten steeds vaker een parallellogramconstructie toe. Voordeel hiervan is dat het heffen en zakken relatief snel en gelijkmatig gaat, omdat er kleinere cilinders zijn toegepast. Door de hefboomwerking kan bovendien in korte tijd een grote hefhoogte bereikt worden. Ook geeft het systeem een grotere bodemvrijheid; er is immers geen onderuit stekende hefmast. Bij de huidige maat, spuitdoppen 50 cm boven het gewas, kan dat een argument zijn. Daarnaast is een parallellogramconstructie relatief licht en kan het veel zijdelingse krachten opvangen. Een hefmast daarentegen is star en kan deze bewegingen niet absorberen. Tevens vertoont een hefmast altijd enige speling om de glijbeweging mogelijk te maken,



▲ Versnellen of vertragen brengen de meeste zwiep. Buffers zijn noodzakelijk om zwiep te reduceren. Bij een spuitboom van tweedimensionaal kokerprofiel kan een schoorconstructie de krachten opvangen. Een deelbare schoor kan de kracht uit de constructie opvangen en scheuren voorkomen.



in tegenstelling tot parallellogramsystemen die compleet spelingsvrij zijn, waardoor een grotere gevoeligheid voor zwiep ontstaat. Voordeel van een hefmastconstructie op getrokken machines is dat de boom kort op de wielas zit wat extra stabiliteit en druk op de trekhaak betekent. Nieuw zijn parallellogramsystemen (o.a. John Deere) die met een Z-schaar constructie ervoor zorgen dat er nauwelijks horizontale verplaatsing optreedt en de boom dus ook kort op de machine blijft.

Spuitboombewegingen

Ongewenste verticale en horizontale spuitboombewegingen geven afwijkingen in het verdeelpatroon van de spuitvloeistof. Verticale spuitboombewegingen (slingeren) kunnen leiden tot een onvoldoende overlapping van de spuitdoppen (invloed afhankelijk van tophoek van de spuitdop) waardoor een ongelijkmatige dwarsverdeling optreedt. Indien de spuitdoppen aan het uiteinde van de spuitboom te hoog boven het gewas pendelen, ontstaat tevens meer drift en vermindert de indringing

in het gewas. Als de doppen extreem laag boven het gewas hangen is er sprake van een sterke overdosering, doordat een veel kleinere oppervlakte wordt bespoten met dezelfde hoeveelheid vloeistof. Horizontale spuitboombewegingen (zwiepen) zorgen met name op de toepinden van de boom voor sterk afwijkende snelheden t.o.v. de rijnsnelheid, waardoor plaatselijk sterke over- of onderdoseringen kunnen optreden (bij snelle voorwaartse respectievelijk achterwaartse zwiepbewegingen). Diverse metingen in binnen en buitenland hebben verschillen aangetoond

van 60 tot zelfs 400 procent. De horizontale zwiepsnelheid heeft de grootste invloed op de verdeling. Hoe lager deze zwiepsnelheid, hoe gelijkmatiger de (langs)verdeling.

Machine oorzaak eigen beweging

Ongewenste spuitboombewegingen ontstaan door bewegingen vanuit de trekker en spuitmachine door het rijden over het perceel. Bodemoneffenheden, versnellen of afremmen alsmede het uitvoeren van stuurcorrecties, veroorzaken diverse stoorsignalen met ver-

schillende frequenties. Bij het doorgeven van de stoorsignalen aan de boom neemt de trekker/spuitmachine de plaats in van een laagdoorlaatfilter (filterende werking van banden, eventuele asvering). Snel op elkaar volgende bodemoneffenheden (hoogfrequent) kunnen door de grote massastraagheid van de trekker niet worden gevolgd en worden daarom sterk verzwakt of bijna niet doorgegeven. Anderzijds zijn er bodemprofielen (stoorsignalen) die de machine zeer hevig doen bewegen (eigen frequenties), sterker dan eigenlijke oneffenheden. Deze storingen worden door de trekker of machine versterkt. Langzame glooiingen worden perfect door de machine gevolgd. De grootste onregelmatigheden in het spuitpatroon (sterkste boombewegingen) worden veroorzaakt door de eigenfrequenties van de spuitboom, in het bijzonder de zogenaamde lage eigenfrequenties (resonantie). De eigenfrequenties worden bepaald door de boomconstructie en -ophanging. De dominante stoorsignalen treden op tussen 5 en 10 km/h en liggen juist in hetzelfde frequentiebereik als de eigen frequenties van trekkers en getrokken spuitmachines, waardoor deze stoorsignalen versterkt optreden richting spuitboom. Bij hogere rijnsnelheden verschuiven de dominante frequenties vaak naar hogere frequenties omdat oneffenheden dan sneller onder de wielen doorgaan waardoor meestal een rustigere spuitboom ontstaat. Het spuiten met een hogere rijnsnelheid is echter vanwege de spuittechniek niet altijd mogelijk (drift, indringing). Dit betekent dat er in het bereik 5 tot 10 km/h een gebied ligt wat door de diverse fabrikanten goed in kaart dient te worden gebracht om exact vast te stellen wat er in werkelijkheid met de machine gebeurt. Vaak zijn het nog visuele constatering, maar gezien de eisen om met minimale doseringen maximaal resultaat te behalen, is een goede onderbouwing van de toegepaste techniek noodzakelijk. Spuitbomen dienen tengevolge van invloeden



▲ In deze opstelling, parallellogram lift van Amazone, is goed te zien welke weg de spuitboom aflegt en dat hij in geheven positie korter op het werktuig zit dan in werkstand.

van buitenaf daarom zoveel mogelijk geïsoleerd te worden opgehangen, zodat bewegingen van de trekker of machine niet versterkt worden in de spuitboom. Alleen lage frequenties mogen worden doorgegeven, zoals het volgen van een helling of het (deels) volgen in de bochten.

Balans in de praktijk

In het verleden werden er voor een juiste dwarsverdeling grofweg twee balanceringsystemen toegepast: het pendelsysteem en het trapeziumstelsel (zie kader). Op de huidige machines worden vaak diverse combinaties of uitvoeringen van de twee varianten gebouwd. Enerzijds om de directe werking van het pendelmechanisme te bewerkstelligen, anderzijds om de flexibiliteit van het trapezium te handhaven. Zo hanteert Hardi een centraal pendulum met een geïntegreerd trapezium dat met veren en buffers hogere frequenties weg zou filteren. Het pendelende subframe is opgehangen in stabilisatoren, waardoor het min of meer vrij is opgehangen.

Rau daarentegen heeft een eigen systeem ontwikkeld dat van oorsprong uit de Vicon stal afkomstig is. Dit zijn twee rollenbanen die aan elkaar gekoppeld zijn, met links en rechts een

banaanvormige baan. Hierin lopen twee geleiderollen, die in het midden om een as draaien. Door de massastraagheid blijft de spuitboom horizontaal, terwijl de rollenbanen de boomslingerings met behulp van stabilisatoren uitslijten.

Agrifac heeft een eigen visie op het ophangstelsel. Een ogenschijnlijk eenvoudig concept, wat in de praktijk goed zou werken, gebaseerd op het 'afrolprincipe'. Wat opvalt is dat er nagenoeg geen draaiende delen of buffers zijn geplaatst. In dit geval rust de spuitboom op een halveaanvormige steun. Wanneer de machine plotseling naar links of rechts uitwijkt rolt de spuitboom door de massastraagheid af op deze steun. De boom blijft hierdoor vlak. Omdat bij dit afrollen de boom enigszins uit het middenpunt 'wegrolt' kan bij blijvend overhellen (bijvoorbeeld in een diep spoor) de boom mee gaan hangen en dient dit gecorrigeerd te worden. Dit kan automatisch door een sensor bediende correctiecylinder.

Dubex gaat uit van een systeem wat eigenlijk net omgekeerd is aan dat van Agrifac. Hier loopt de centrale ophanging juist in een halve maan. Het centrale pendulum hangt aan een rol die op de beweging van de machine afrolt op de halve maan. Ook hier kan het middelpunt gecorrigeerd worden door het elektrisch hydraulisch verstellen van de halve maan. CHD maakt gebruik van een pendelend trapezium, dat centraal is opgehangen. Met een lineairmotor kan de balanscorrectie worden uitgevoerd. Twee schokdempers dienen de slingerings uit te filteren.

John Deere maakt gebruik van een dubbel pendelsysteem. Boven in het draagframe is een centrale pendelas geplaatst dat met twee optionele torsieveren op z'n plaats wordt gehouden voor werken op hellende percelen zodat helling nagenoeg automatisch gevolgd wordt. Het tweede draaipunt in de pendel maakt het mogelijk om de scheefstelling van de boom te corrigeren. Dit kan met draaiknop of volledig

automatisch gestuurd middels BoomTrac automatische hellingcorrectie. Hiermee wordt het concept van het pendelsysteem gehandhaafd, maar door de toepassing van twee draaipunten behoudt de spuitboom door zijn massastraagheid de horizontale positie. In dit pendulum zit tevens een verticaal scharnier waardoor de spuitboom in het horizontale vlak compleet geïsoleerd is van de ophanging om zwiepbewegingen te minimaliseren

Horizontale verdeling

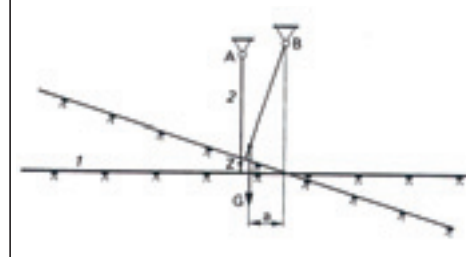
Door het versnellen of vertragen beweegt een spuitboom naar voren of naar achteren, al naar gelang de stuurmanskunst en haast van de bestuurder. De flink toegenomen afmetingen, waarbij 50 meter al geen uitzondering meer is, hebben daar grote invloed op. Deze bewegingen kunnen aan het begin of eind van het veld ontstaan, maar door de verschillende oneffenheden evengoed midden op het veld. Dusdanig zelfs, dat ze elkaar versterken en er sprake is van resonantie. Soepele transmissies kunnen helpen dit deels te voorkomen, maar door de vervorming van de spuitbomen kan zwiep ontstaan. De fabrikanten gebruiken hiervoor allerlei vormen van buffers, schokdempers of stangenstelsels om de spuitbomen in bedwang te houden. Een belangrijk onderdeel in dit verband is de spuitboom zelf. Door toepassing van twee dimensionale kokerprofiel constructies zal de spuitboom eerder de neiging hebben te vervormen dan wanneer een drie dimensionale vakwerkconstructie wordt toegepast. Echter naarmate de spuitboom stijver is, zullen grotere krachten geabsorbeerd dienen te worden. Dit kan in één boomhelft, maar ook door de boomhelften met buffers te koppelen. Naarmate er minder draaipunten zijn, zal dit merendeels neerkomen rondom het draagframe. Met name het zwiepen, wat op het oog minder erg lijkt, verstoort het spuitbeeld. Het is echter zoveel lastiger onder controle te krijgen, omdat de zwaartekracht hier

Balanceersystemen: pendel en trapezium

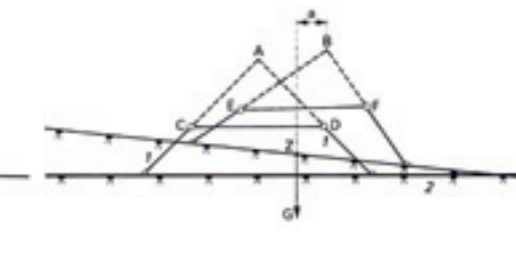
Het pendelsysteem heeft als voordeel dat het een relatief eenvoudig en direct concept is. Hierbij is de spuitboom opgehangen in draaipunt A. De boom is haaks vast gemonteerd op de pendelarm. Wanneer een spuitmachine door een plotselinge storing naar rechts overhelt, zal punt A een horizontale beweging naar rechts en een verticale beweging omhoog maken. De spuitboom hangt eerst scheef, maar door de zwaartekracht zal zwaartepunt Z weer onder punt B willen geraken. De spuitboom neigt echter sterk naar rechts. Van goede dwarsverdeling is geen sprake meer en de spuitboom blijft slingeren.

Voordeel van het trapeziumstelsel is dat de spuitboom relatief snel in rust is door de twee ophangpunten. Als een spuitmachine bij het trapeziumstelsel naar rechts overhelt, verplaatst denkbeeldig ophangpunt A zich naar punt B, punt C naar E en punt D naar F. Door het trapeziummodel wordt de kracht op de denkbeeldige lijn B-E versterkt ten opzichte van lijn B-F. Hierdoor is het moment a groter dan bij het pendelsysteem en zal de spuitboom krachtiger reageren om het zwaartepunt Z weer onder B te krijgen. De neiging van de spuitboom naar rechts is beperkt gebleven, met name ook door de massastraagheid van de spuitboom.

Pendelsysteem



Trapeziumstelsel




niet meehelpt. Zwiep is daarom voornamelijk goed te herkennen door meting. Een verstoorde balans zie je immers al op honderden meters afstand.

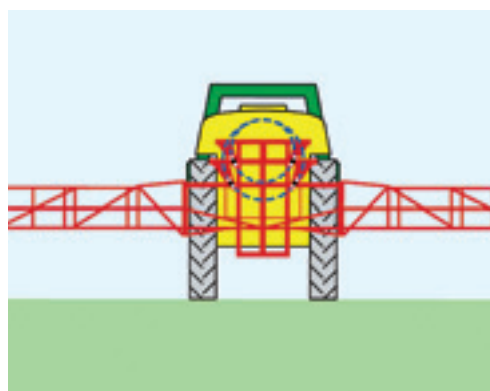
Draaien en keren

Door toepassing van starre constructies in de spuitboom nemen de krachten enorm toe. Met name bij het draaien en keren worden hoge snelheden bereikt aan het topeind. Er zijn fabrikanten, zoals John Deere, die hier speciaal een voorziening voor hebben getroffen. Hier is de gehele spuitboom horizontaal draaibaar op gehangen. Gunstige bijkomstigheid is dat door de plaatsing van buffers ook zwiep wordt gereduceerd. Met name deze krachten, het stampen, nemen door de toepassing van

grote boombreedtes alleen nog maar toe en geven een grote belasting op hefinrichting of hefmast.

Kortom

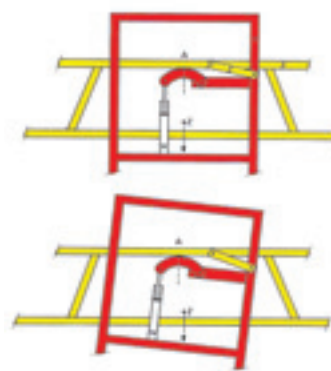
Om een optimale boomophanging te construeren komen vele facetten aan de orde. Met name het krachten spel rondom de spuitboom is een belangrijke factor. Uiteindelijk dienen ophanging en het dynamisch gedrag van de spuitboom op elkaar te zijn afgestemd. Daar gaat heel wat denk- en rekenwerk aan vooraf. Moderne ontwerptechnieken zullen daarbij een onmisbare factor zijn om succesvol te kunnen zijn op een markt waar de spuittechniek volop in de belangstelling staat. Zo blijft het toch nog het geheim van de (moderne) smid. 



▲ Rau past een dubbele ophanging toe. Goed herkenbaar zijn de banaanvormige uitsparingen waarin de spuitboom is opgehangen.



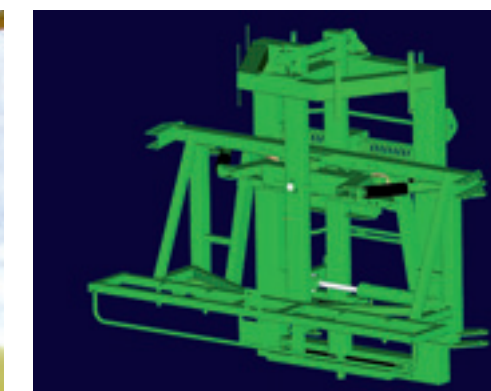
▲ Het afrolprincipe van Agrifac valt op door de eenvoudige constructie. Weinig buffers of stabilisatoren. Bij het scheefhangen van de machine rolt de halve maan onder de spuitboom door.



▲ Bij CHD is de boom trapezium pendelend opgehangen. Twee verstelbare schokdempers zorgen voor demping van de slingering.



▲ Dubex hanteert een omgekeerd afrolprincipe, waarbij de balanscorrectie tussen boom en ophangpunt zit. Een demper zorgt voor stabiliteit.



▲ John Deere maakt gebruik van een pendulum, waarbij de spuitboom zowel horizontaal als loodrecht op de rijrichting een draaipunt heeft.