

# HET REINIGEN VAN FABRIEKSAARDAPPELEN

door

Ir. A. Bouman en G.J. Ramaker

Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen  
Wageningen

## Inhoud

Samenvatting	2
1. Inleiding	4
2. De proefmachine	7
3. Het onderzoek	11
3.1. Methode van onderzoek	11
3.2. Resultaten	12
4. De drukvastheid van aardappelen en kluiten	25
5. Evaluatie van de onderzoekresultaten	27
Literatuur	30

## Samenvatting

De verontreinigingen in fabrieksaardappelen geven naast extra transport- en opslagkosten problemen bij de verwerking van de aardappelen in de fabriek. Vooral de verontreinigingen in de vorm van grond en kluiten, die zwarte stippen in het aardappelmeel kunnen veroorzaken, waardoor de kwaliteit vermindert.

Bij het in dit rapport beschreven onderzoek is ingegaan op de mogelijkheden om deze verontreinigingen op de boerderij te verwijderen. Voor het uitvoeren van de proeven is een machine gebouwd, die is samengesteld uit de volgende werkzame delen: twee zeefkettingen, een loofrol en een dubbel borstelbed. Voor het bovenste borstelbed zijn borstels gebruikt met haardiktes van 0,85 en 1,6 mm en een haarlengte van 35 mm. De haardikte van de borstels in het onderbed was 1,0 mm. De borstels zijn gemaakt van waterafstotende kunststof.

De verhouding van de toerentallen van de borstels in het onder- en bovenbed kon worden gevarieerd, evenals die van de toerentallen van de borstels in het bovenbed ten opzichte van elkaar. Het dubbele borstelbed kon horizontaal en ook onder een op- of aflopende hoek worden geplaatst.

Naast het reinigend vermogen van de machine zijn de uit- en inwendige beschadigingen die de machine bij verschillende afstellingen veroorzaakte bepaald.

Uit de resultaten blijkt dat het reinigend effect het grootst is bij borstels met een haardiameter van 0,85 mm, een oplopend borstelbed met een hellingshoek van  $25^{\circ}$  en een laag en onderling verschillend toerental van de borstels van het bovenbed. Het loof wordt door de loofrollen goed verwerkt wanneer de loofresten niet te kort zijn. Zacht en verweerd kienhout wordt door de borstels zodanig verkleind dat het door de zeefketting kan worden uitgezeefd. Stenen en hard kienhout worden niet verwijderd. Voor het reinigen van kleiaardappelen moet het toerental van de borstels groter zijn dan 600 omw./min om vollopen van de borstels te voorkomen.

De uitwendige beschadigingen die door de borstels met een haardikte van 1,6 mm worden veroorzaakt, bestaan uit kleine gaatjes en krassen; bij een haardikte van 0,85 mm ontstaan alleen krassen. De inwendige beschadigingen zijn het kleinst bij borstels met een haardikte van 0,85 mm, een aflopend borstelbed met een hellingshoek van  $15^{\circ}$  en een laag toerental van het bovenbed.

Tijdens het onderzoek is tevens de drukvastheid van aardappelen en kluiten bepaald om te zien of bij het scheiden van deze eigenschap gebruik kan worden gemaakt. Uit de metingen bleek dat zowel bij gebruik van een staaf als van een stempel met een diameter van 15 mm, de verschillen in drukvastheid voldoende groot zijn om de kluiten kapot te drukken zonder dat de aardappelen uitwendig worden beschadigd.

## 1 Inleiding

Tijdens het rooien van fabrieksaardappelen is het niet mogelijk alle verontreinigingen uit de aardappelen te verwijderen zonder dat de knollen ernstig tot zeer ernstig worden beschadigd. Fabrieksaardappelen worden tussen het rooien en het verwerken een tijd op het veld opgeslagen, waardoor verkurking van de ontstane wonden optreedt en het vuil wordt ingesloten. Hierdoor wordt het aardappelmeel verontreinigd.

Fabrieksaardappelen kunnen daarom pas intensief worden gereinigd korte tijd voor de verwerking. Het uitvoeren van deze reiniging op de fabriek heeft bezwaren. Alle tarra moet twee keer worden getransporteerd en wel naar en van de fabriek. Tezamen met de opslag is dit een erg kostbare zaak. Om deze redenen vindt reiniging plaats bij het laden van de vrachtauto's uit de opslag op het veld. De verwerking vindt dan binnen 24 uur plaats, zodat de ontstane wonden niet kunnen verkurken en het vuil is uit te wassen.

De apparatuur die hiervoor tot nu toe wordt gebruikt, is opgebouwd uit rooi-machine-onderdelen. De gevraagde capaciteit bij het laden (ca. 60 ton per uur netto) is echter drie à vier keer groter dan bij het rooien, hetgeen een grote laagdikte en daardoor een geringe reinigende werking tot gevolg heeft <sup>1)</sup>. Om hierin verbetering te kunnen brengen, is onderzoek verricht naar een ander reinigingsprincipe met een groter reinigend vermogen en een hogere capaciteit. Het onderzoek heeft geresulteerd in een praktijkmachine, die momenteel wordt ingezet voor moeilijk te reinigen partijen. De resultaten van de proeven zijn in dit rapport weergegeven.

Voor het scheiden van de verontreinigingen en de aardappelen is van deze nieuwe machine gebruik gemaakt van verschillen in eigenschappen van componenten. In het geval van een mengsel van aardappelen, losse en aanhangende grond, kluiten, loof en stenen, zijn dit de soortelijke massa of het volumegewicht, de vorm, de afmetingen en de elasticiteit.

De soortelijke massa van aardappelen is ca. 1,1 kg/dm<sup>3</sup> en van stenen ca. 2,3 kg/dm<sup>3</sup>. Voor de zand- en dalgronden varieert het volumegewicht van 0,3 tot

- 1) Van de partijen, die in de jaren 1975, 1976 en 1977 op de fabrieken van Avebe werden aangevoerd, bedroeg het gemiddelde tarrapercentage 12,9% van het brutogewicht, waarvan 11,7% grond; 0,5% stenen en 0,7% loof- en onkruidresten. Van de 11,7% grond was ca. 1% kluiten.

2,1 kg/dm<sup>3</sup>. Het verschil tussen de soortelijke massa van aardappelen en het volumegewicht van grond is veelal te gering om met lucht een scheiding tot stand te brengen (3), zeker wanneer de capaciteit daarbij een rol speelt. Ook kan het materiaal door een zoutoplossing worden gevoerd (3) en (4). De bezwaren hiervan zijn dat voor grote capaciteiten een grote installatie met veel water nodig is, waardoor de mobiliteit van het geheel zeer klein is.

Schuinstaande en roterende borstels met een geleideplaat zijn effectief voor het scheiden van stenen, losse grond en kleine kluiten, maar ook hier vormt de gevraagde capaciteit het knelpunt (12). Bij een werkbreedte van 75 cm bedraagt deze 6 ton per uur. Hetzelfde geldt voor een combinatie van borstels en banden met vingers (11).

Van het verschil in rollend vermogen wordt gebruik gemaakt bij de toepassing van schuinstaande banden, zoals egelbanden en transport- en zeefbanden (12). Dit systeem biedt weinig perspectief door de gelijkvormigheid van kluiten en aardappelen en doordat de capaciteit beperkt wordt door de onderlinge beïnvloeding van de componenten. Losse grond wordt meegevoerd wanneer de banden zijn voorzien van lage meenemers, waar de aardappelen overheen rollen.

Het verschil in afmetingen wordt benut bij de toepassing van zeefkettingen en schudzeven. Voor een goed effect is het belangrijk dat de zeef onder een hoek is geplaatst, het materiaal in één laag de zeef passeert en de schudbeweging loodrecht op de staven staat (1). Als de schudbeweging in het vlak van de staven plaatsvindt, verhoogt dit het effect (8).

Het zeefvermogen van een zeefketting kan worden verhoogd door kloppers of schudrollen te gebruiken die niet door de zeefketting, maar via een regelbare instelling apart worden aangedreven (2). Het zeefvermogen en het breken van de kluiten worden ook vergroot door boven de zeefketting een band mee te laten lopen (9) en/of een gedeelde zeefketting met valhoogtes te gebruiken.

Het gebruik van het principe van absorptie en/of terugkaatsing van stralen, zoals bijv. x-rays,  $\gamma$ -rays, infraroodstraling en geluidsgolven, is goed uitvoerbaar voor het aangeven van de plaats van de verontreiniging en het sturen van de uitwerpers. Twee belangrijke nadelen van het gebruik van deze technieken op een rooier of laadapparatuur in het veld zijn echter dat ze niet optimaal functioneren, onder niet geconditioneerde omstandigheden, en dat de capaciteit veelal te gering is. Bij een bandbreedte van 75 cm bedraagt deze ca. 7 ton per uur (7), (9), (10), (14) en (15).

Resumerend kan worden gesteld dat, gezien een **gewenste** netto-capaciteit van ca. 100 ton per uur voor het scheiden van aardappelen, kluiten en

aanhangende en losse grond op de reinigingsmachine, gebruik moet worden gemaakt van zeefkettingen en wrijfinrichtingen. Op basis daarvan is de reinigingsmachine ontworpen.

## 2 De proefmachine

De machine waarmee de proeven zijn uitgevoerd is samengesteld uit de volgende onderdelen: een zeefketting, een loofrol, een dubbel borstelbed, een loofrol en een zeefketting (afb. 1).

De beide zeefkettingen zijn spijlenkettingen, waarvan de spijlen over een aantal rollen (diameter 60 mm) lopen. Hierdoor ontstaat een trillende beweging (afb. 2). Bij een kettingsnelheid van 1 m/s, een spijlafstand van 33 mm en een spijldiameter van 12 mm is de frequentie 30 trillingen per seconde en de amplitude 6 mm.

Achter de eerste zeefketting is een loofrol geplaatst om nog aanwezige loof- en onkruidresten te verwijderen, waardoor de kans op wikkelen rond de borstels wordt verkleind.

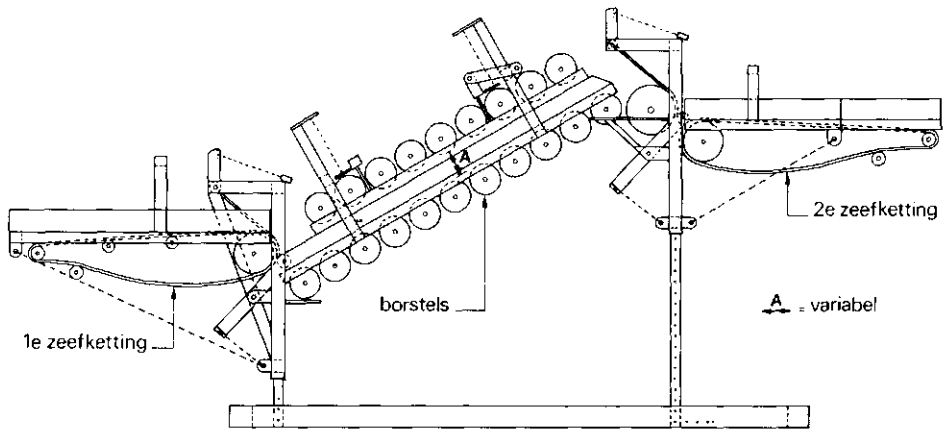
Het borstelbed bestaat uit twee lagen borstels. In de onderste laag zijn elf en in de bovenste negen borstels dwars op de transportrichting van de aardappelen geplaatst. In 1978 is tevens een onderbed gebruikt met vier in de lengterichting van het transport geplaatste borstels. Omdat de verliezen aan aardappelen daarbij onaanvaardbaar hoog waren, zijn deze in 1979 en 1980 niet meer gebruikt. De aardappelen worden tussen de beide borstellagen doorgevoerd.

De borstels (afb. 3) hebben een diameter van 150 mm en een lengte van 750 mm. De haarlengte bedraagt 35 mm en de haardiameter 0,85 mm. De borstelharen zijn gemaakt van rilzan, een polyamide. Dit materiaal is waterafstotend en wordt onder natte omstandigheden niet slap. De hellingshoek van het borstelbed kan in trappen van ca. 8° worden gevarieerd van 25° oplopend tot 20° aflopend.

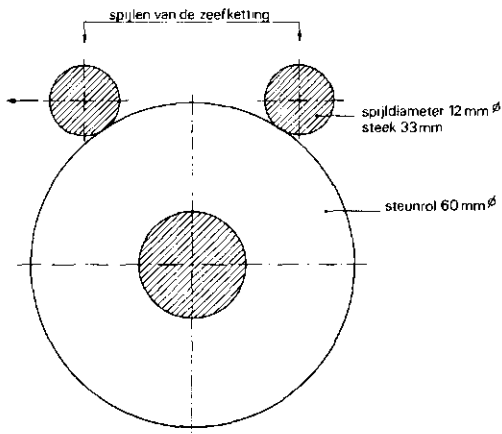
De loofrol achter het borstelbed is wat betreft de afmetingen gelijk aan de eerste, maar is in hoogte verstelbaar om aldus een minder dan wel meer intensieve werking te laten plaatsvinden.

De proefmachine wordt aangedreven door een trekker met aftakas, waarbij twee overbrengingsverhoudingen mogelijk zijn: 1:1 en 17 : 23. Hiermee, en door het aftakastoerental te variëren is een borsteltoerental mogelijk van ca. 200 tot 900 omw./min. Bij een aftakastoerental van 540 omw./min en een overbrengingsverhouding van 1 : 1 (borsteltoerental dus ook 540 omw./min ) bedraagt de omtreksnelheid van de borstels 4,1 m/s en de snelheid van de zeefketting 0,98 m/s. Bij de proeven van 1979 is het toerental van de borstels van het bovenbed 1,5x zo groot genomen om de aardappelen intensiever tussen de borstels te laten bewegen.

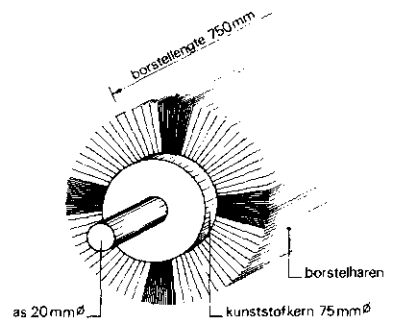
Om de verwijderde verontreinigingen te kunnen verzamelen zijn onder de machine



Afb. 1 De reinigingsmachine voor fabrieksaardappelen.



Afb. 2 Schematische weergave van de steunrol en de zeefketting.



Afb. 3 De in de machine toegepaste borstels. De totale diameter van de borstels is 150 mm, de werkzame lengte van de borstelharen 35 mm. De haren zijn van polyamide.

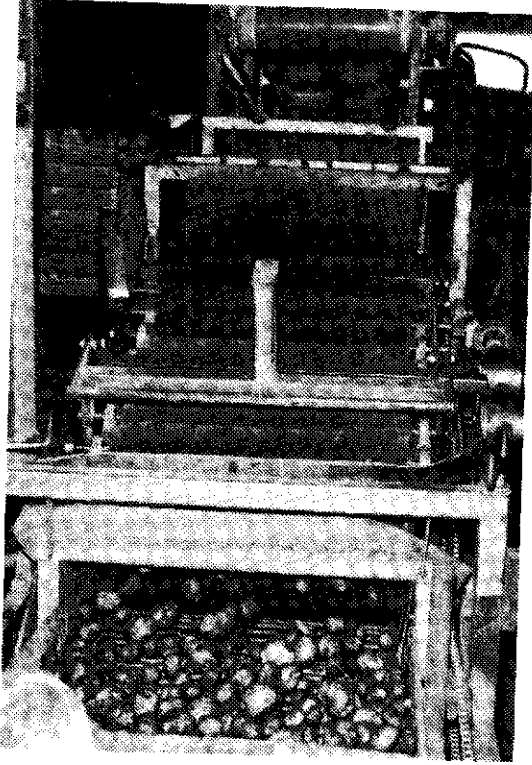


opvangbakken aangebracht. De doorgevallen verontreinigingen van resp. de eerste zeefketting met loofrol, het borstelbed met loofrol en de tweede zeefketting werden aldus apart opgevangen.

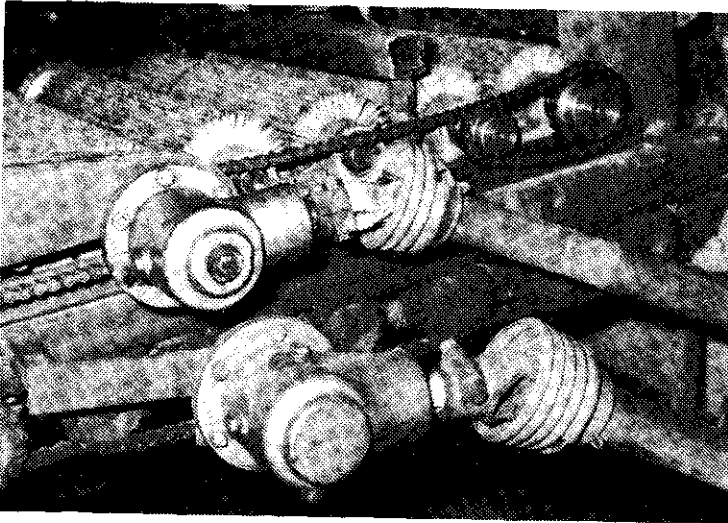
Tijdens de proeven van 1979 zijn de borstels van het onderbed vervangen door borstels met een haardiameter van 1,0 mm. In 1980 is een extra bovenborstelbed aangeschaft dat kan worden uitgewisseld met het reeds aanwezige. Het nieuwe heeft borstels met een haardiameter van 1,6 mm. Een grotere haardiameter bij een zelfde haarlengte betekent een stuggere borstel en een intensievere wrijving. De toerentallen van de borstels van het nieuwe bovenbed verhouden zich als 2 : 3 : 4 : 2 : 3 : 4 : 2 : 3 : 4, waarbij de borstel bij de invoer met het laagste toerental begint. Door deze variatie wordt het ingevoerde materiaal eerst versneld, daarna afgeremd, weer versneld, enz. De kans op het fijnwrijven van de kluiten wordt zo vergroot en de aardappelen worden beter schoongewreven. Bij het oorspronkelijke bovenbed is dezelfde verhouding tussen de toerentallen van de borstels gerealiseerd door het aanbrengen van andere kettingwielen.

De staven die bij de proeven van 1978 en 1979 tussen de borstels waren geplaatst om de doorval van aardappelen tegen te gaan, zijn voor die van 1980 verwijderd, terwijl de borstels dichter bij elkaar zijn geplaatst. De doorstroming van het materiaal is hierdoor verbeterd. De loofrol achter het borstelbed is in 1980 verwijderd. De indruk bestond dat de aardappelen op deze plaats werden beschadigd. Uit de proeven van 1978 en 1979 was bovendien gebleken dat de eerste loofrol voldoende capaciteit had om het loof te verwijderen.

De afstelling van de hellingshoek van het borstelbed is middels schroefspindels traploos gemaakt (afb. 4 en 5).



Afb. 4 Het borstelbed van de  
reinigingsmachine.



Afb. 5 De aandrijving van de borstels van boven- en  
onderbed.

### 3 Het onderzoek

Het doel van de proeven met het prototype reinigingsmachine was om inzicht te verkrijgen in het reinigend effect daarvan. De proeven zijn uitgevoerd op het landbouwbedrijf van de Maatschappij Klazienaveen te Klazienaveen omdat op dit bedrijf verschillende grondsoorten en soorten verontreinigingen voorkomen en voldoende ruimte voor de uitvoering van het onderzoek beschikbaar was.

#### 3.1 Methode van onderzoek

In de proeven is gewerkt met verschillende partijen fabrieksaardappelen. In 1978 zijn de aardappelen met een loswagen direct vanaf de rooimachine verzameld en via de dwarstransporteur van de loswagen en een transportband in de reinigingsmachine gebracht. De loswagen is daarbij op een verplaatsbare weegbrug geplaatst om de capaciteit te bepalen. De afvoer van de gereinigde aardappelen naar een kipwagen vond eveneens met een transportband plaats.

Aan het eind van de dwarstransporteur van de loswagen zijn monsters genomen voor het bepalen van de samenstelling van de ingevoerde partij, aan het eind van de transportband naar de kipwagen voor het vaststellen van de samenstelling van de gereinigde partij. In 1979 en 1980 is niet meer gewerkt met de loswagen, maar met monsters van 60 à 70 kg in grote kunststof bakken, omdat met de loswagen grote ontmengingen optraden, waardoor zeer grote verschillen in de samenstelling van de monsters ontstonden.

Voor het bepalen van de samenstelling van de partij voor en na reiniging zijn de monsters in 1978 gescheiden in de grondfracties < 20 mm en > 20 mm en in 1979 en 1980 in de fracties < 20 mm, 20-40 mm en > 40 mm, en in loof- en onkruidresten, stenen, kienhout en aardappelen. De bepalingen zijn in drievoud uitgevoerd bij verschillende borsteltoerentallen en hellingshoeken van het borstelbed. Met behulp van de verkregen cijfers is de invloed van de verschillende afstellingen op het reinigend vermogen bepaald.

In 1980 werd aan het onderzoek een beschadigingsonderzoek gekoppeld om de invloed van de machine-afstellingen op de beschadiging te bestuderen. Voor dit onderzoek werd van elk gereinigd monster een monster van 50 knollen in de maat 40-50 mm verzameld. Van het uitgangsmateriaal werden vijf monsters verzameld. Deze zijn door het I.B.V.L.\* beoordeeld op uitwendige en inwendige beschadiging en op blauw. Van de twee laatstgenoemde beschadigingen werd er

\* Instituut voor het Onderzoek van de Bewaring, de Bewerking en de Verwerking van Landbouwprodukten

maar één geteld, d.w.z. een knol was of inwendig beschadigd of blauw, waarbij een inwendige beschadiging zwaarder werd gerekend dan blauw. De beschadigings-index voor zowel uitwendige als inwendige beschadiging als blauw wordt berekend met de formule:

$$\frac{\%L + 2.\%M + 3.\%Z}{6} = (\text{max. } 50)$$

L = licht beschadigd

M = matig beschadigd

Z = zwaar beschadigd

### 3.2 Resultaten

De hoeveelheden grond en kluiten in de monsters van de drie partijen aardappelen die in 1978 zijn gebruikt, varieerden sterk. Stenen en kienhout waren in geen van de partijen aanwezig.

In de monsters van de objecten 1 en 2 (zie tabel 1) bedroegen de gemiddelde hoeveelheden van de grondfracties < 20 mm en > 20 mm resp. 13,0% (s = 1,8) en 5,7% (s = 0,4). De kluiten bestonden hoofdzakelijk uit zacht bolsterveen. Loof- en onkruidresten kwamen hierbij niet voor.

De gemiddelde hoeveelheden in de objecten 3 t/m 10 bedroegen resp. 4,1% (s = 2,2) en 5,5% (s = 3,0). De kluiten bestonden hier in hoofdzaak uit harde persturf- en gliedekluiten. De hoeveelheid loof- en onkruidresten in deze partij bedroeg 0,1% (s = 0,05).

De kleiaardappelen in de objecten 11, 12 en 13 bevatten van de fracties < 20 mm en > 20 mm gemiddeld resp. 26,7% (s = 2,3) en 27,4% (s = 1,1). Volgens de fabrieksgegevens van deze partij was de totaal aanwezige hoeveelheid grond ca. 70%. De hoeveelheid aanklevende grond was dus 16%. De hoeveelheid loof- en onkruidresten bedroeg in deze partij 0,1% (s = 0,05).

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de resultaten. De grondfractie < 20 mm werd in de objecten 1 t/m 10 volledig en in de objecten 11, 12 en 13 (kleiaardappelen) voor resp. 96,1; 92,0 en 98,6% verwijderd.

Uit de tabel blijkt dat zowel de hoek waaronder het borstelbed was geplaatst als het borsteltoerental, geen invloed had op de hoeveelheid verwijderde grond. In de objecten 1 en 2, waar de in de lengterichting van de machine gestelde borstels werden gebruikt, werd alle grond verwijderd.

In de objecten 3 t/m 10 werd van de fractie > 20 mm gemiddeld 25,3% (s = 8,7) verwijderd. Van de totale hoeveelheid verwijderde grond en kluiten werd door de eerste zeefketting met loofrol 76,1% (s = 7,8), door het borstelbed met loofrol 16,8% (s = 4,9) en door de tweede zeefketting 7,1% (s = 2,3) verwijderd.

Tabel 1 De hoeveelheden losse grond, kluiten en loof- en onkruidresten, die bij verschillende afstellingen van de machine werden verwijderd (proeven van 1978). De hoeveelheden zijn weergegeven in procenten van de hoeveelheid van die soort in de bruto partij. De waarnemingen zijn een gemiddelde van drie herhalingen.

Object	Machine-afstelling		Verwijderde hoeveelheden			Capaciteit (t/h)
	toerental borstels (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)	grond en kluiten		loof- en onkruid- resten	
			> 20 mm	totaal		
1	500	-25	97,4	99,2	-	39,0
2	700	-25	100	100	-	43,4
3	650	0	23,4	59,6	100	40,8
4	850	0	13,2	44,4	100	43,7
5	500	+15	27,4	69,5	67,6	49,2
5	650	+15	26,7	62,9	87,4	41,4
7	650	+25	27,5	60,8	88,6	48,0
3	500	+20	44,7	72,0	100	47,3
9	700	+20	18,6	35,5	100	54,5
0	800	+20	20,5	44,0	100	36,0
1	500	+20	47,2	70,5	100	56,4
2	650	+20	33,4	61,7	100	79,2
3	850	+20	45,1	74,3	100	37,2

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed.

Bij het verwerken van de aardappelen van de klei (objecten 11, 12 en 13) bleek dat de borstels bij een toerental van 5000 omw./min. de neiging hadden om vol te lopen.

Het loof werd goed door de loofrollen afgevoerd.

De proeven van 1979 zijn uitgevoerd met vier verschillende partijen aardappelen. De hoeveelheden loof- en onkruidresten, stenen en kienhout bedroegen hier resp. 0,2% (s = 0,1); 0,3% (s = 0,2) en 0,7% (s = 0,5). In partij II waren geen stenen aanwezig.

De hoeveelheden van de verschillende grondfracties varieerden sterk, zowel binnen een partij als tussen de partijen. De gemiddelde hoeveelheden van de fracties < 25 mm, 25-40 mm en > 40 mm bedroegen resp. 4,0% (1,1 - 9,9%), 2,0% (1,2 - 4,1%) en 0,8% (0,1 - 1,5%). De kluiten in partij I waren in hoofdzaak zacht bolsterveen, terwijl in de andere partijen zowel zacht bolsterveen als harde persturf en gliedekluiten voorkwamen. Aan de monsters van partij IV zijn harde gliedekluiten en aan zes andere monsters harde klei-kluiten toegevoegd.

In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven van de verwijdering van loof- en onkruidresten bij verschillende afstellingen van de machine.

Tabel 2 De hoeveelheden loof- en onkruidresten die door de machine werden verwijderd (proeven van 1979). De waarnemingen zijn een gemiddelde van drie herhalingen.

Machine-afstelling		Verwijderde hoeveelheden loof- en onkruidresten in procenten uit de partijen			
toerental borstels (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)	I	II	III	IV
500	-20	88,5	88,1	95,8	
600		71,8	-	97,7	
700		-	96,6	77,7	
500	0	100	94,3	94,7	
600		95,0	100	89,4	
700		94,7	98,9	97,6	
500	+20	99,0	81,6	96,7	100
600		100	93,4	95,7	100
700		100	100	95,7	100

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed

Uit tabel 2 blijkt dat evenals in 1978 loof- en onkruidresten goed door de machine werden verwijderd. De effectiviteit van de machine met betrekking tot het loof verwijderen werd groter naarmate de hoeveelheid loof in de ingevoerde partij groter was. De delen die niet werden verwijderd, waren veelal korte en stevige stukken die zich moeilijk door de loofgeleiders naar de loofrollen lieten geleiden. Als de loofgeleiders dichterbij elkaar waren geplaatst, werd meer loof verwijderd, maar de nauwere stand bemoeilijkte dan de doorgang. Verlies van knollen via de loofrol nam in dat geval toe.

De stenen in de monsters kwamen in allerlei soorten, vormen en grootten voor. Het werkingsprincipe van de reiniger liet verwijdering van stenen niet toe. Doorval tussen de borstels was voor grote stenen geblokkeerd door de staven tussen de borstels ter voorkoming van verlies van aardappelen. Het vermelden van uitgebreide resultaten heeft hier daarom geen zin. Om een indruk te krijgen van de mate van verwijderen van stenen, werd de totale invoer van stenen met de totale uitvoer vergeleken. Hieruit bleek dat 25% van de ingevoerde hoeveelheid stenen werd verwijderd.

Het kienhout in de monsters was ingedeeld in de groepen niet verweerd, hard en verweerd zacht kienhout. Evenals bij de stenen konden de grotere stukken hout niet door doorval bij de borstels en zeefkettingen worden verwijderd. De resultaten zijn hier eveneens samengevoegd. Van de totale ingevoerde hoeveelheid werd 45,7% verwijderd. Het verwijderde kienhout bestond uit kleine stukjes verweerd hout, afkomstig van grotere stukken die in de machine waren verkleind door het vallen op de zeefketting, het botsen tegen de loofgeleiders en het wrijven tussen de borstels.

Bij de beoordeling van de resultaten betrekking hebbend op de verwijdering van grond en kluiten kon niet worden vastgesteld wat er met de kluiten was gebeurd. Een deel van de grond van de fractie 25-40 mm kwam door verkleining in de fractie < 25 mm, terwijl grond van de fractie > 40 mm zowel tot de fractie 25-40 mm als tot die van < 25 mm kon worden verkleind.

De hoeveelheid aanhangende grond is een aantal keren bepaald. In de niet geborstelde partijen varieerde de hoeveelheid van 5,1 - 7,1% met een gemiddelde van 5,9% en in de geborstelde partijen van 1,3 - 1,8% met een gemiddelde van 1,6%. Door de borstels werd 72,9% van de aanhangende grond verwijderd. Het borsteltoerental en de hellingshoek van het borstelbed waren niet van invloed op de verwijderde hoeveelheid aanhangende grond.

In tabel 3 zijn de resultaten weergegeven van het percentage verwijderde kluiten in de fractie 25-40 mm en de totale hoeveelheid verwijderde grond en kluiten van de partijen I, II en III. De fracties < 25 mm en > 40 mm zijn niet weergegeven omdat deze in alle gevallen geheel werden verwijderd.

Tabel 3 De percentages kluiten en grond die door de reinigingsmachine werden verwijderd uit de partijen I, II en III in de proeven van 1979 bij verschillende borsteltoerentallen en hellingshoeken van het borstelbed. De waarnemingen zijn een gemiddelde van drie herhalingen.

Machine-afstelling		Verwijderde grond en kluiten in procenten uit de partijen					
toerental borstels (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)	I		II		III	
		25-40 mm	totaal	25-40 mm	totaal	25-40 mm	totaal
500	-20	95,0	98,3	78,3	94,3	61,0	79,3
600	-20	87,1	96,2	-	-	57,7	82,7
700	-20	-	-	84,6	94,9	58,8	74,2
500	0	89,7	97,0	87,7	97,2	74,2	87,0
600	0	81,0	95,8	87,4	96,6	63,6	81,3
700	0	84,6	96,0	88,2	97,6	63,6	88,1
500	+20	96,9	99,1	82,5	95,4	82,7	94,2
600	+20	97,6	98,1	86,6	97,6	73,8	92,4
700	+20	90,5	98,0	96,4	98,6	80,5	93,3

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed

Uit tabel 3 blijkt dat van de grondtarra in de vorm van losse grond en kluiten in de partijen I en II bij alle gekozen afstellingen 95% of meer werd verwijderd. Voor de drie partijen werd de grootste reiniging verkregen bij een oplopend borstelbed met een hellingshoek van 20°. Het borsteltoerental had geen invloed. Bij een vergelijking van de resultaten van de objecten 3 t/m 10 vermeld in



tabel 1 en de partijen II en III in tabel 3, blijkt dat een verschil in toerental tussen de borstels van onder- en bovenbed meer effect had op de verwijdering dan een gelijk toerental.

In tabel 4 zijn de percentages grond en kluiten weergegeven die zijn verwijderd uit partij IV, een partij waaraan zeer harde kluiten zijn toegevoegd. Hierbij is de hellingshoek van het oplopende borstelbed steeds 20° geweest omdat in de voorgaande proeven was gebleken dat dit de beste resultaten gaf.

Tabel 4 De percentages kluiten en grond die door de reinigingsmachine werden verwijderd uit partij IV in de proeven van 1979 bij verschillende borsteltoerentalen en een oplopend borstelbed met een hellingshoek van 20°. De waarnemingen zijn een gemiddelde van drie herhalingen.

Toerental borstels (omw./min.)	Verwijderde grond en kluiten in procenten			
	< 25 mm	25 - 40 mm	> 40 mm	totaal
400	100	56,3	37,4	73,8
500	100	18,9	13,9	41,7
600	100	10,4	51,9	59,6
400	100	54,6	-	94,1
600	100	69,5	100	95,8
500	-	43,8	73,7	58,3
700	-	40,5	33,8	37,5

Bij een borsteltoerental van 400 omw./min werd de beste reiniging verkregen. De resultaten duiden aan dat voor harde kluiten een langere verblijfsduur tussen de borstels belangrijk is. Voor de kleikluiten gaf een laag toerental eveneens goede resultaten.

Voor de proeven van 1980 zijn zes partijen gebruikt. Hiervan zijn de partijen I, II en IV vanaf een rooimachine met afvoer verzameld op hetzelfde perceel met tijdsintervallen van resp. één en drie weken. De partijen III, V en VI zijn uit kuilen verzameld, waarbij III en V uit dezelfde kuil.

Bij het vaststellen van de samenstelling van de uitgangsmoesters zijn de hoeveelheden stenen, kienhout en loof- en onkruidresten niet langer bepaald. Uit de proeven van 1978 en 1979 was het effect van de machine op de verwijdering van deze verontreinigingen duidelijk gebleken. De zo verkregen tijd kon worden besteed aan het bepalen van de beschadigingen.

De hoeveelheden van de verschillende grondfracties varieerden evenals in 1978 en 1979 sterk, zowel binnen een partij als tussen de partijen. De gemiddelde hoeveelheden voor de fracties < 25 mm, 25-40 mm en > 40 mm bedroegen resp. 3,5% (0,9 - 7,7%); 1,2% (0,6 - 2,9%) en 1,0% (0,2 - 2,6%). De kluiten kwamen voor in de vorm van zacht bolsterveen en harde persturf- en gliede-achtige kluiten.

In de tabellen 5 en 6 zijn van de partijen I, II en IV, resp. III, V en VI de resultaten weergegeven bij verschillende afstellingen van de machine en verschillende borstelhaardiameters.

Uit een vergelijking van de resultaten in deze tabellen blijkt dat de borstels met een haardiameter van 0,85 mm beter reinigen dan de borstels met een haardiameter van 1,6 mm, zowel bij een hoger als bij een lager toerental. Een lager toerental van de borstels van het bovenbed gaf bij een zelfde haardiameter betere resultaten dan een hoger toerental. Dit was eveneens het geval bij een lager toerental van het onderbed, wanneer de haardiameter en het toerental van de borstels van het bovenbed dezelfde waren.

De hoeveelheid grond en kluiten die werd verwijderd was bij een hellingshoek van een oplopend borstelbed van 25° groter dan bij een horizontale stand van het borstelbed en bij een hellingshoek van een aflopend borstelbed van 15°. De resultaten van het verwijderen van verschillende soorten kluiten (grondfractie > 40 mm) zijn weergegeven in tabel 7.

Uit de resultaten in tabel 7 blijkt dat de borstelhaardiameter, het borsteltoerental en de hellingshoek van het borstelbed geen invloed hadden op het percentage verwijderde kluiten. Van de persturf, het bolsterveen en de gliede-achtige kluiten werd resp. gemiddeld 65,3% (s = 12,4), 79,4% (s = 16,0) en 7,3% (s = 10,8) verwijderd. In partij IV was geen hard veen aanwezig.

De uit- en inwendige beschadiging en blauw die door de machine bij de verschillende afstellingen werden veroorzaakt, zijn voor de rassen Krostar en Ehud resp. weergegeven in de tabellen 8 en 9.

Uit de resultaten in de tabellen blijkt dat bij het ras Krostar de borstels met een haardiameter van 0,85 mm zowel uit- als inwendig minder beschadiging veroorzaakten dan de borstels met een haardiameter van 1,6 mm. Bij het ras Ehud was er geen verschil. Bij beide haardiameters was bij het ras Krostar de beschadiging, zowel uit- als inwendig, geringer bij een laag toerental en bij een aflopend borstelbed.

De uitwendige beschadigingen, veroorzaakt door de borstels met een haardiameter van 1,6 mm, bestonden uit krassen en kleine gaatjes die in de aardappelen waren geprikt; bij de dunnere borstelharen waren dit alleen krassen.

Tabel 5 De hoeveelheden grond en kluiten die door de reinigingsmachine werden verwijderd uit de partijen I, II en IV in de proeven van 1980 bij verschillende borsteltoerentallen en hellingshoeken van het borstelbed. De waarnemingen zijn gemiddelden van drie herhalingen.

Ras en partij no.	Borstelhaar-diameter (mm)	Machine-afstelling		Verwijderde grond en kluiten in procenten		
		toerental borstels boven-/onderbed (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)	25-40 mm	> 40 mm	totaal
Krostar I	0,85	400/275	-15	70,2	63,4	80,1
			0	90,9	62,8	88,4
			+25	50,0	80,0	66,6
		600/413	-15	50,4	93,7	82,3
			0	75,6	65,1	86,2
			+25	59,4	88,9	83,7
Krostar II	1,60	400/275	-15	63,2	75,7	85,2
			0	68,4	90,3	85,4
			+25	56,3	67,4	83,8
		600/413	-15	38,8	80,0	71,2
			0	55,3	79,8	80,8
			+25	51,4	78,2	77,3
Krostar IV	1,60	400/353	-15	57,9	62,7	66,5
			0	59,2	92,3	80,0
			+25	62,6	83,3	78,9
		600/530	-15	32,4	60,2	57,9
			0	44,4	76,9	66,4
			+25	34,3	75,6	69,7

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed.

Tabel 6 De hoeveelheden grond en kluiten die door de reinigingsmachine werden verwijderd uit de partijen III, V en VI in de proeven van 1980 bij verschillende borsteltoerentallen en hellingshoeken van het borstelbed. De waarnemingen zijn gemiddelden van drie herhalingen.

Ras en partij no.	Borstelhaar-diameter (mm)	Machine-afstelling		Verwijderde grond en kluiten in procenten		
		toerental borstels boven-/onderbed (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)	25-40 mm	> 40 mm	totaal
Ehud III	1,60	400/275	0	64,1	79,1	94,1
		600/413	0	66,3	70,0	94,0
	0,85	600/413	-15	33,8	82,5	92,8
			0	48,6	74,3	96,4
			+25	74,3	50,7	88,1
400/275	+25	44,7	70,4	91,6		
Ehud V	1,60	400/353	0	63,5	56,4	86,8
			+25	86,2	87,5	95,4
	0,85	400/353	0	74,8	79,4	88,4
			+25	82,1	79,5	91,5
Mara VI	0,85	400/353	0	81,0	41,9	84,1
			+25	74,6	75,9	91,1
		600/530	0	60,2	41,9	85,9
			+25	70,8	72,3	88,3

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed.

Tabel 7 De hoeveelheden kluiten (grondfractie > 40 mm) die door de reinigings-  
 machine werden verwijderd in de proeven van 1980 bij verschillende  
 borsteltoerentallen en hellingshoeken van het borstelbed.

Ras en partij no.	Borstelhaar- diameter (mm)	Machine-afstelling		Verwijderde kluiten in procenten		
		toerental borstels boven-/onderbed (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)	Persturf- veen	Bolster- veen	Zwarte glie- de-achtige kluiten
Krostar IV	1,60	400/353	-15	-	72,7	58,5
			0	-	100	89,5
			+25	-	89,5	80,9
	600/530	-15	-	92,3	53,3	
		0	-	100	67,4	
		+25	-	66,7	75,0	
Ehud V	1,60	400/353	0	-	48,0	60,4
			+25	78,6	93,3	83,3
	0,85	400/353	0	73,8	83,3	-
			+25	56,0	88,1	-
Mara VI	0,85	400/353	0	42,4	57,3	81,4
			+25	58,0	88,6	82,1
	600/530	0	75,4	60,8	76,0	
		+25	72,8	71,4	72,2	

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed.

Tabel 8 De uit- en inwendige beschadiging en blauw van fabrieksaardappelen door de reinigingsmachine bij verschillende machine-afstellingen bij het ras Krostar (bewaartijd: 0 dagen). De waarnemingen zijn gemiddelden van drie herhalingen.

Borstelhaar- diameter (mm)	Machine-afstelling		Onderwater- gewicht (g)	Beschadigingsindex			
	toerental borstels boven-/onderbed (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)		uitwendig	inwendig	blauw	inwendig + blauw
0,85	400/275	-15	464	8,2	17,3	1,8	19,1
		0	463	12,8	17,6	1,1	18,8
		+25	471	11,7	16,7	1,2	17,9
0,85	600/413	-15	476	10,5	18,7	1,9	20,6
		0	464	13,7	20,6	1,0	21,6
		+25	471	11,9	17,7	2,2	19,9
1,6	400/275	-15	466	17,7	21,2	1,4	22,6
		0	471	23,8	22,8	1,3	24,1
		+25	491	30,1	26,6	0,3	26,9
1,6	600/413	+15	474	25,0	29,1	0,1	29,2
		0	471	27,3	21,9	0,8	22,7
		+25	484	33,2	26,0	0,8	26,8
1,6	400/353	-15	515	22,0	42,2	0	42,2
		0	530	17,4	41,7	0	41,7
		+25	539	27,6	41,6	0,1	41,7
1,6	600/530	-15	522	32,2	41,8	0	41,8
		0	530	25,3	42,8	0	42,8
		+25	527	33,8	45,9	0	45,9

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed.

Tabel 9 De uit- en inwendige beschadiging en blauw van fabrieksaardappelen door de reinigingsmachine bij verschillende machine-afstellingen bij het ras Ehud (bewaartijd: 21 dagen). De waarnemingen zijn gemiddelden van drie herhalingen.

Borstelhaar- diameter (mm)	Machine-afstelling		Onderwater- gewicht (g)	Beschadigingsindex			
	toerental borstels boven-/onderbed (omw./min.)	hellingshoek borstelbed* (graden)		uitwendig	inwendig	blauw	inwend + blauw
1,6	400/275	0	412	10,2	13,5	3,7	17,2
	600/413	0	420	8,6	14,6	3,2	17,8
1,6	400/353	0	402	9,6	15,1	4,5	19,6
		+25	415	16,9	19,0	3,5	22,5
0,85	400/353	0	419	11,4	18,2	5,2	23,4
		+25	422	14,7	18,8	5,1	23,9
0,85	600/413	0	422	8,3	12,5	4,0	16,5
		+25	407	10,7	13,4	2,9	16,3
0,85	400/275	+25	412	8,4	11,9	4,9	16,8

\* Een -teken betekent een aflopend en een +teken een oplopend borstelbed.



#### 4 De drukvastheid van aardappelen en kluiten

In de inleiding is ingegaan op de eigenschappen van aardappelen, kluiten en stenen die kunnen worden gebruikt voor het verkrijgen van een scheiding. De drukvastheid is hierbij niet genoemd omdat bij het gebruik hiervan beschadiging zal optreden, hetgeen deze eigenschap in het algemeen voor gebruik bij reiniging van aardappelen ongeschikt maakt.

De fabrieksaardappelen worden echter direct na het verladen verwerkt en daarom is inwendige beschadiging niet erg. In het onderzoek van 1979 zijn daarom metingen verricht om de drukvastheid van aardappelen en kluiten te bepalen en met elkaar te vergelijken. Wanneer duidelijke verschillen aanwezig zijn, is toepassing van deze eigenschappen mogelijk.

Voor het bepalen van de drukvastheid zijn harde tot zeer harde veenkluiten en aardappelen onder drie verschillende stempels kapot gedrukt. Als stempels werden een staaf met een diameter van 10 mm en twee ronde platen met resp. diameters van 15 en 95 mm gebruikt. De stelen van de stempels waren aan een drukopnemer gemonteerd die was gekoppeld aan een recorder. Met het drukken op de kluiten werd doorgedaan tot na het moment dat deze kapot werden gedrukt, terwijl bij de aardappelen werd gedrukt tot het moment dat deze gingen splijten. In tabel 10 zijn de resultaten van de bepalingen voor het ras Prominent weergegeven.

Tabel 10 De benodigde drukken voor het kapot drukken van aardappelen van het ras Prominent en harde veenkluiten.

Stempel	Materiaal	Gemiddelde druk (N)	s (N)	F <sub>1,33</sub> -waarden
Staaf Ø 10 mm	aardappel	439,3	55,9	119,5
	kluit	122,6	81,4	
Plaat Ø 15 mm	aardappel	503,1	54,2	82,7
	kluit	131,4	63,2	
Plaat Ø 95 mm	aardappel	135,3	47,4	15,6
	kluit	75,5	36,2	

Opm. : Het aantal herhalingen is 50

$$P\{F_{1,33} > 4,17\} \leq 0,05$$

De waarden die zijn gemeten bij de plaat met een diameter van 95 mm liggen lager dan bij de twee andere stempels. Dit is veroorzaakt door een andere schaalkeuze. De gevonden resultaten van deze grote stempel kunnen onderling wel worden vergeleken, maar niet met die van de andere stempels.

Uit tabel 10 blijkt dat zowel bij de staaf als bij de plaat met een diameter van 15 mm duidelijke verschillen aanwezig waren tussen de drukvastheid van aardappelen en kluiten. De kluiten werden bij een veel geringere druk kapot gedrukt. Bij de plaat met een diameter van 95 mm was het verschil minder duidelijk.

De drukvastheid van de kluiten en de aardappelen verschilt dusdanig bij gebruik van de staaf en de plaat met een diameter van 15 mm dat deze eigenschap bij direct te verwerken fabrieksaardappelen kan worden gebruikt bij het reinigen. Een praktische toepassing van deze techniek zou kunnen zijn het gebruik van een rij sterwielen met pennen met een diameter van 15 mm. De wielen zouden dan afzonderlijk op en neer moeten kunnen bewegen.

## 5 Evaluatie van de onderzoekresultaten

Het reinigen van fabrieksaardappelen bij het laden van vrachtauto's vanuit de opslag op het veld kan sterk worden verbeterd. Uit het onderzoek dat was gebaseerd op het fijnwrijven/-drukken van kluiten en het schoonwrijven van aardappelen met behulp van borstels is gebleken dat van de kluiten ca. 75% en van de grondfractie < 25 mm 100% wordt verwijderd. Het toepassen van deze reinigingstechniek kan uitsluitend plaatsvinden als de aardappelen direct worden verwerkt. De beschadigingen die bij dit reinigingssysteem optreedt, laten niet toe dat de aardappelen nog weken worden bewaard. De uitwendige beschadigingen geven aanleiding tot het optreden van verkurkingen, waarbij vuil wordt ingesloten. Dit vuil komt later in het meel, waardoor de kwaliteit hiervan negatief wordt beïnvloed. De inwendige beschadigingen hebben tot gevolg dat de betreffende delen niet meer voor verwerking geschikt zijn en als verlies moeten worden aangemerkt.

De onderzoekresultaten tonen aan dat met de gebruikte reinigingsmachine verontreinigingen grotendeels zijn te verwijderen. De machine moet dan wel aan de volgende eisen voldoen :

- het borstelbed moet onder een oplopende hellingshoek van minimaal 20° zijn geplaatst;
- het toerental van de borstels van het bovenbed moet afwisselend toe- en afnemen;
- de borstels moeten, bij een haardikte van 0,85 mm, een lengte van 35 mm hebben;
- om de borstels, vooral bij natte kleigrond, schoon te houden moet het borsteltoerental minimaal 600 omw./min bedragen;
- toepassing van rollen onder de spijlen van de zeefketting voor het verkrijgen van een goede zeefwerking.

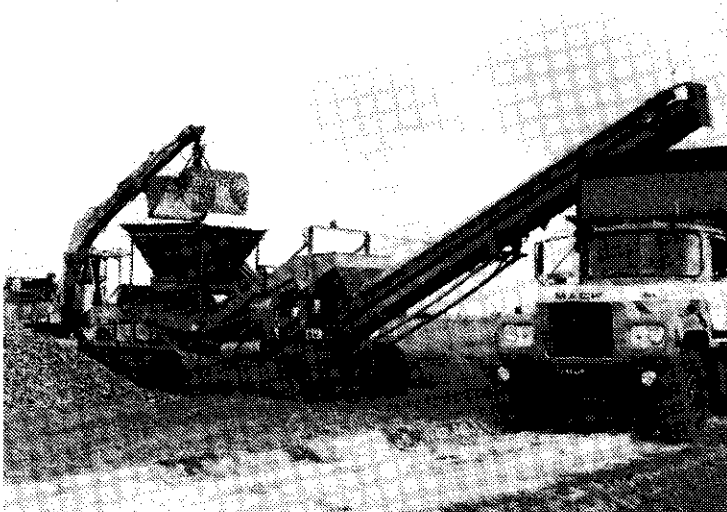
Naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek heeft de Commissie Verontreinigingen Fabrieksaardappelen van Avebe een praktijkmachine laten bouwen (afb. 6). De daarin toegepaste reinigingssystemen zijn dezelfde als die zijn gebruikt in de proefmachine. De afmetingen zijn groter.

De machine is in volgorde van doorstroming van het produkt samengesteld uit een bunker met afvoerband, twee zeefkettingen met loofrol, een dubbel borstelbed, een derde zeefketting en een afvoertransporteur voor het laden op vrachtauto's. De doorstroombreedte bij deze machine is 150 cm. (afb. 7)

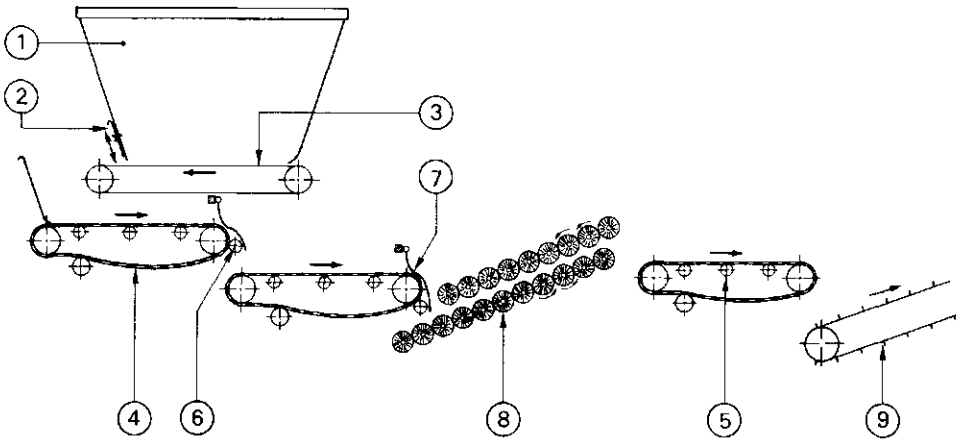
Zowel boven de eerste als de tweede zeefketting is een vierkante kokerbalk aan twee armen scharnierend opgehangen. Bij een uitwijking van de balk bedienen de armen en microscharnelaar, die met een elektrische koppeling is verbonden. De balk boven de eerste ketting fungeert als hoeveelheidsregeling. De hoogte van de balk tot de ketting is zo afgesteld dat één laag aardappelen kan passeren. Bij een dikkere laag wordt de balk verplaatst en bedient de microscharnelaar een elektrische koppeling in de aandrijving van de aanvoerband, waardoor deze band stopt. Na afvoer van de aardappelen begint de band weer te lopen doordat de balk in zijn uitgangspositie terugkomt.

De balk boven de tweede ketting werkt op dezelfde manier, alleen bedient de microscharnelaar hier een koppeling in de centrale aandrijving van de aanvoerband en de eerste en tweede zeefketting. Hierdoor moeten obstakels met de hand worden verwijderd alvorens de elektrische koppeling weer wordt ingeschakeld. Deze laatste balk fungeert als beveiliging van de borstels tegen beschadiging door bijv. grote stenen.

De machine heeft in de praktijk zijn waarde reeds bewezen door van sterk verontreinigde partijen, die waren afgekeurd, weer schone partijen te maken. Hierbij kon een capaciteit van ca. 50 ton/h worden bereikt. Bij het verladen van doorsnee-partijen wat betreft de hoeveelheid en soort verontreinigingen, werden bij een goede reiniging capaciteiten groter dan 100 ton/h bereikt.



Afb. 6 De praktijkmachine van Avebe.



Afb. 7 Werkingsschema van de praktijkmachine van Avebe

- |                                                   |                                |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Voorraadbunker                                 | 5. Trilrollen voor zeefketting |
| 2. Regelschuif voor de toevoer van de aardappelen | 6. Loofrol                     |
| 3. Transportband                                  | 7. Loofgeleiders               |
| 4. 1e zeefketting                                 | 8. Dubbel borstelbed           |
|                                                   | 9. Afvoertransporteur          |

## Literatuur

- 1 BAADER, W. Das Verhalten eines Schüttgutes auf schwingender Siebrosten. Grundl. der Landtechn. H13 (1961) 13-20.
- 2 BAADER, W. Absiebung von Erde in Kartoffelerntemaschinen mit umlaufende Siebketten. Landtechn. Forschung 11 (1961) H2 47-51.
- 3 BAGANZ, K. Zur Frage des Sammelrodens von Kartoffeln bei hohem Beimengungsanteil. Grundl. der Landtechnik H12 (1960) 25-31.
- 4 GRAY, G.L. e.a. Individual separation of stones and potatoes - a progress report. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs 1972 15(3) : 406-408, 413.
- 5 HÖNICH, P. A survey of different methods of separating the mixture of potatoes, clods and stones and their comparison with respect to the separating efficiency. Zemedetska Technika 1 - 1965.
- 6 JOHNSON, L.F. Design and field testing of a low damage potato harvester. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs. Paper 1974 no.74 1509 : 5.
- 7 KOCH, M. A new method for separating stones from potatoes by acoustic impulses. Grundl. der Landtechn. H21 (1964) H1 56-65.
- 8 McGECHAN, M.B. An investigation into the relative effectiveness of various riddling motions for removal of soil from potatoes. Journ. Agric. Engng. Res. (1977) 22.229-245.
- 9 PALMER, J. Electronic sorting of potatoes and clods by their reflectance. Journ. Agric. Engng. Res. (1961) 6(1) : 104-111.
- 10 PALMER, J. e.a. Development of a field separator of potatoes from stones and clods by means of X-radiation. Journ. Agric. Engng. Res. (1961) 18(4) : 293-293-300.
- 11 RÖHRS, F. Trennung von Kartoffeln und Steinen auf einem Gummi-fingerband mit Bürstenwalzen. Landtechn. Forschung 14(1964) H4 106-110.

- 12 SCHÄFER, E. Trennung von Kartoffeln und Steinen mit geneigten Bändern. Landtechn. Forschung 10(1960) 131-137.
- 13 SCHÄFER, E. Untersuchungen über die Trennung von Kartoffeln und Steinen mit umlaufenden Trennbürsten. Landtechn. Forschung (1961) H6 170-175.
- 14 STORY, A.G. Spectral reflectance of light and infra-red radiation of potatoes, stones and soil clods. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs 1973 16(2) : 302-303, 309.
- 15 STORY, A.G. Sorting potatoes from stones and soil clods by infra-red reflectance. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs 1973 16(2) : 304-309.