

Inventarisatie van beschikbare techniek voor oogst en transport met lage bodemdruk

G.D. Vermeulen & B.R. Verwijs



© G.D. Vermeulen, Wageningen UR



Inventarisatie van beschikbare techniek voor oogst en transport met lage bodemdruk

G.D. Vermeulen & B.R. Verwijs

© 2007 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

‘Met dit rapport geven wij een beeld van de mogelijkheden om lage bodemdrukken bij o.a. oogst en transport van landbouwproducten te bereiken. Wij pretenderen niet een compleet beeld van het aanbod aan producten en technieken voor lage bodemdruk te geven.

Technische specificaties en gegevens over producten zijn overgenomen uit openbare brochures en websites van fabrikanten en in een aantal gevallen gebaseerd op aanvullende mondelinge en schriftelijke informatie van de fabrikanten. Gebruik van deze gegevens uit het rapport is voor eigen risico. Wij aanvaarden geen aansprakelijkheid voor onvolkomenheden.’

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Landbouwbanden	3
2.1 Beschikbare banden	3
2.1.1 Trekkerbanden	3
2.1.2 Wagenbanden	6
2.2 Wielconfiguraties	7
2.2.1 Maximaal draagvermogen van een as van 3 meter breed	7
2.2.2 Potentiële nuttige last bij lagedruk wagens met 2 assen	8
2.2.3 Verstelbare spoorbreedte	10
2.2.4 Hondegang	12
3. Rupswielen met stalen en rubber rupsbanden	13
4. Trekkers en wagens	21
4.1 Combinaties voor turftransport	21
4.2 Overlaadwagens	24
4.3 Wagens voor inzet op gazons	27
4.4 Scraperbakken	27
5. Zelfrijdende transportvoertuigen	29
5.1 Vrachtauto	29
5.2 Multipurpose trac-type voertuigen	31
5.2.1 Vredo Trac	31
5.2.2 Ag-Chem TerraGator	32
5.2.3 Vervaet Track Trike	33
Dammann - trac	34
5.3 Rupsdumpers	35
5.4 TUMOBAs onderkruiper op rupsen	36
5.5 Pistenvoertuigen	37
6. Zelfrijdende oogstmachines	39
6.1 Maaidorsers	39
6.2 Veldhakselaars	39
6.3 Bietenrooimachines	40
6.4 Oogstmachines met rupsonderstellen	42
6.4.1 Claas combines	42
6.4.2 Grimme aardappel- en bietenrooiers	42
6.4.3 Vervaet bietenrooier	43
6.4.4 Ploeger spinaziemaaiers	43
7. Samenvatting en conclusies	45
Referenties	47

1. Inleiding

Een toenemend aantal telers is ervan overtuigd dat innovatie richting een duurzamer beheer van de bodem in de open teelten nodig is, niet alleen uit het oogpunt van verbetering van gewasopbrengst, maar ook om het bedrijfsrendement te verbeteren. Voor de overheid telt zwaar mee dat duurzaam beheer kan helpen om onze leefomgeving (waterberging, schoon grond- en oppervlaktewater, gasvormige emissies) te verbeteren.

Het gebruik van machines met een lage bodemdruk of toepassing van een rijpadenteeltsysteem leidt tot een betere bodemstructuur en gewasopbrengst en kan met name ook voordelen hebben op het gebied van de werkbaarheid (Vermeulen & Klooster, 1992a en 1992b). Veel telers houden in het voorjaar rekening met de bodemstructuur en passen vaak machines met lage bodemdruk toe. In het najaar, bij oogst- en transport worden wel grote en brede banden toegepast, maar de banddruk die behaald kan worden is niet laag, dat wil zeggen vaak 160 kPa (1,6 bar) of hoger (Tabel 1). In een nat oogstseizoen geeft dit schade aan de bodemstructuur in de bouwvoor en mogelijk veroorzaken deze machines ook verdichting van de ondergrond. Door de grote massa's product die geoogst en van het veld afgevoerd moeten worden vraagt het toepassen van relatief lage bodemdruk bij oogstmachines ingrijpende ingrepen in de wieluitrusting en/of beperking van de capaciteit van de machines. Bij veel telers en loonwerkers stuit toepassing van lagere bodemdruk daarom op problemen in verband met de kostprijs van het oogsten.

Tabel 1. Maximale bandlast en benodigde banddruk van enkele topsegment machines bij volle bak of tank.

Machine	Max. wiellast vol (ton)	Min. banddruk veld, 10 km/u, cyclische belasting (kPa)
Maaidorser	9,5	380
Maïshakselaar	6	180
Bietenrooier 6 rijig	9 - 13	140 - 290
Getrokken mesttank, tandem	8,4	130
Zodenbemester, 3-wiel zelfrijder	11,7	190

Een aantal biologische telers is recent overgegaan op een teeltsysteem met vaste rijpaden en daartussen brede, onbereiden teeltbedden. Aangetoond is dat hierdoor een goede bodemstructuur in het groeiseizoen gerealiseerd kan worden (Vermeulen *et al.*, 2007). De belangrijkste voordelen waren: bewerkingen minder afhankelijk van het weer, bij een aantal gewassen (spinazie, erwten) hogere opbrengsten, emissie van lachgas aanzienlijk gereduceerd (betere omzetting van mest) en mechanische onkruidbestrijding zeer goed uitvoerbaar. Samen levert dit een verbeterd bedrijfsrendement op bij grootschalige toepassing.

Omdat tijdens de oogst en het ploegen nog geen gebruik wordt gemaakt van de vaste rijpaden, zijn verdere verbeteringen van de bodemstructuur (langere termijn structuurvorming) te verwachten als ook de oogst bodemvriendelijker uitgevoerd wordt. Mogelijk is ploegen dan vaak niet meer nodig waardoor: 1) besparingen op kosten en energie mogelijk zijn; 2) het groeiseizoen (ook voor groenbemesters) langer is en 3) het perceel voor een groter deel van het jaar bedekt is met vegetatie.

Oogst en afvoer van producten via de vaste rijpaden is zowel technisch als economisch een uitdaging. Technisch gezien, zijn de lasten hoog en moet de oogst (bij de vollegrondsgroententeelt op afroep) ook onder natte omstandigheden uitgevoerd kunnen worden. Om voldoende draagvermogen te realiseren zouden daarom veel (smalle) wielen achter elkaar toegepast moeten worden of zou een onderstel met rubber rupsen gebruikt moeten worden. Momenteel worden op de rijpadentrekkers soms rupswielen met 30 cm brede rupsbanden gebruikt. Deze rupswielen worden in plaats van gewone wielen gemonteerd. De ervaringen hiermee zijn goed, maar deze smalle rupswielen zijn nog onvoldoende duurzaam en zijn nog niet onder zeer natte omstandigheden, zoals bij de oogst kunnen voor-

komen, getest. In 2007 werd ook een standaard rupstrekker (JD 8420T) met uitgebreid in de praktijk beproefde 42 cm brede rubber rupsen op 3,15 m spoorbreedte gezet. De ervaringen hiermee zijn goed.

Machines voor de oogst van vooral rooivuchten vanaf rijpaden zijn nog niet gebouwd. Door de grote massa product die geoogst en van het veld afgevoerd moet worden zijn rijpadenvervoertuigen nodig met een hoog draagvermogen. De oogstmachine moet tevens een behoorlijke trekkracht kunnen leveren. De machines moeten ook onder natte omstandigheden kunnen werken. Economisch gezien moeten de oogstmachines een voldoende areaal per jaar kunnen oogsten om de kosten per uur beperkt te houden. Juist omdat rijpadenteelt nog weinig toegepast wordt zijn voorlopig onvoldoende arealen beschikbaar voor speciale "rijpadenoogstmachines". Economisch gezien is oogst vanaf rijpaden daarom ook een uitdaging. Indien al oogstmachines voor rijpadenteelt gebouwd worden is het voorlopig waarschijnlijk noodzakelijk dat de machines eenvoudig omgebouwd moeten kunnen worden voor de oogst van gangbaar gemechaniseerde percelen.

Een alternatief voor de oogst vanaf de rijpaden is om de oogst veel bodemvriendelijker uit te voeren. Het gaat dan om oogstmachines en wagens met een zeer lage bodemdruk, dat wil zeggen dat de totale last van machine plus product op een relatief groot grondoppervlak, op de teeltbedden plus de rijpaden, afgesteund wordt. In 2004/2005 is binnen Topsoil+ onderzoek verricht voor de ontwikkeling van een hovercraftachtige techniek (luchtrups) waarmee de last zeer gelijkmatig over het teeltbed verdeeld zou kunnen worden. De ontwikkeling van een prototype luchtrups met 20 kPa gronddruk stuitte echter op technische problemen. In veldonderzoek onder relatief droge oogst-omstandigheden in 2005 gaf een statisch aangelegde bodemdruk van 20 kPa geen enkele zichtbare insporing, waardoor daarna uitstekend een zaaibed gemaakt kon worden zonder eerst te ploegen. De conclusie was dat oogst met lage gronddruk kan leiden tot een teeltsysteem waarin minder geploegd hoeft te worden. Niet duidelijk is echter welke gronddruk (en banddruk) onder nattere omstandigheden nog toelaatbaar is als er daarna niet geploegd wordt. Om dit te achterhalen is onderzoek gaande.

Anticiperend op de uitkomsten daarvan is de doelstelling van het voorliggende rapport om te inventariseren wat momenteel de technische mogelijkheden zijn om een lage gronddruk bij oogst en transport te realiseren.

Voor de inventarisatie is uitgebreid gezocht op internet en werd informatie bij de fabrikanten opgevraagd. In het rapport wordt ingegaan op de mogelijkheden van lage bodemdruk bij landbouwbanden (hoofdstuk 2) en rupswielen (hoofdstuk 3) afzonderlijk en toegepast op verschillende trekker-wagen combinaties (hoofdstuk 4), zelfrijdende transportvoertuigen (hoofdstuk 5) en zelfrijdende oogstmachines (hoofdstuk 6). In hoofdstuk 7 worden de mogelijkheden om lage gronddruk te bereiken samengevat.

2. Landbouwbanden

2.1 Beschikbare banden

Enerzijds moet een band een relatief hoge bandspanning hebben bij transport over de weg, voor stabiliteit en om overmatige slijtage te voorkomen. Anderzijds dient de band op het veld een lage spanning te hebben om te kunnen doorveren, zo een groot contactoppervlak met de bodem te krijgen en de bodem door een lage bodemdruk te ontzien. In principe is het mogelijk om op het veld lagere bandspanningen toe te passen, o.a. omdat de snelheden lager liggen (zeg 10 km/u). Het oppompen en lucht uitlaten tijdens het werk is zonder speciale voorzieningen niet mogelijk. Voor algemeen landbouwkundig gebruik wordt daarom vaak gerekend met een draagvermogen bij 30 of 40 km/u, zodat transport over de weg zonder veel slijtage mogelijk is. Door middel van een drukwisselsysteem (centraal bandenpompsysteem) op de machine is het wel mogelijk om de druk in de banden op het veld te verlagen, waardoor de mogelijkheden van de banden ten volle benut kunnen worden. Alleen dan zijn er praktisch gezien mogelijkheden om de hogere toegelaten draagvermogens bij langzaam rijden (10 km/uur) en bij grote variatie van de last op het veld te benutten.

De draagvermogens van landbouwbanden worden door de bandenfabrikanten gegeven in de zogenaamde bandenboekjes. Het draagvermogen dat een bepaalde maat band onder bepaalde omstandigheden minimaal moet hebben is vastgelegd door de overkoepelende organisatie van fabrikanten van banden (The European Tyre and Rim Technical Organisation). Het draagvermogen van een band is in principe afhankelijk van de bandafmetingen, de stijfheid (vroeger: ply rating), de bandspanning en de wijze van gebruik (rijsnelheid, aangedreven of niet, gestuurd of niet). Als langzamer gereden wordt neemt de toelaatbare bandbelasting (het draagvermogen) toe. Daarnaast mag de bandbelasting soms verhoogd worden als sprake is van kortdurende piekbelastingen (cyclic loading). Bij wielen die trekkracht moeten leveren is verlaging van de druk in het veld soms maar beperkt mogelijk.

In dit rapport is beschreven welke draagvermogens bij landbouwbanden mogelijk zijn bij relatief lage banddrukken, d.w.z. 40, 60, en 80 kPa (0,4, 0,6 en 0,8 bar). Gekeken is naar banden voor trekkers en oogstmachines (hier verder genoemd trekkerbanden) en banden voor werktuigen en landbouwwagens (hier verder genoemd wagenbanden). In dit rapport wordt er gemakshalve van uit gegaan dat een lage banddruk ook een relatief lage bodemdruk betekent, d.w.z. dat de genoemde landbouwbanden hiervoor soepel genoeg zijn. De draagvermogens worden in de eerste plaats gegeven bij een snelheid van 30 tot 40 km/uur (afhankelijk van de opgave van de fabrikant), waarmee voertuigen ook normaal over de weg kunnen rijden. In een enkel geval worden ook draagvermogens voor snelheden van 65 km/uur gegeven. Om de mogelijkheden bij toepassing van een drukwisselsysteem aan te geven zijn vervolgens ook draagvermogens bij een snelheid van ca. 10 km/uur gegeven.

2.1.1 Trekkerbanden

Zeker niet alle fabrikanten geven draagvermogens op voor banddrukken beneden de 1 bar. Voor een aantal banden die wel met banddrukken beneden de 1 bar gebruikt mogen worden zijn in Tabel 2 de in de bandenboekjes opgegeven draagvermogens bij 30 of 40 km/uur weergegeven. De draagvermogens bij 10 km/uur zijn weergegeven in tabel 3. Er zijn een aantal "lagedruk" banden die ook geschikt zijn voor snelheden van 50 of 65 km/uur; voor deze banden worden alleen voor de Michelin Xeobib draagvermogens bij 40 kPa opgegeven.

Om de potentie van de banden voor oogst en transport bij lage druk te evalueren is gekeken naar de netto inbouwruimte die voor de banden nodig is (breedte x diameter), bijvoorbeeld onder een wagen of een oogstmachine. Vervolgens is gekeken naar welke last per oppervlakte-eenheid inbouwruimte door de band gedragen kan worden bij verschillende drukken. Voor de banden in tabellen 2 en 3 is dit weergegeven in tabel 4.

Tabel 2. Technische gegevens van een aantal banden voor trekkers en/of oogstmachines die geschikt zijn voor bandspanningen lager dan 100 kPa bij 30 of 40 km/uur (bron: technische specificaties bandenfabrikanten).

Maat	Merk/type	Breedte (mm)	Diam. (mm)	Draagvermogen (kg) bij verschillende banddrukken (kPa)					Rijsnelheid (km/u)
				40	50	60	70	80	
460/85R38	Trelleborg (Pirelli) TM600	475	1747	-		2140		2365	40
520/85R38	Trelleborg (Pirelli) TM600	536	1849	-		2550		2815	40
600/65R38	Trelleborg (Pirelli) TM800	590	1745	-		2410		2660	40
650/65R38	Trelleborg (Pirelli) TM800	645	1811	-		2710		2990	40
650/85R38	Trelleborg (Pirelli) TM900	676	2071			3850		4140	40
800/70R38	Trelleborg (Pirelli) TM900	798	2060			4425		4800	40
710/70R42	Trelleborg (Pirelli) TM900	716	2061			3850		4140	40
800/65R32	Trelleborg (Pirelli) TM 2000	800	1846			-		3835	30
900/60R32 TL	Trelleborg (Pirelli) TM 2000	858	1907			-		4280	30
18.4R38	Good Year Super Traction Radial	487	1744			2140		2335	30
20.8R38	Good Year Super Traction Radial	550	1835			2600		2835	30
620/75R30	Good Year Optitrac DT824 (volume)	600	1692			2915		3215	30
650/75R38	Good Year Optitrac DT824 (volume)	655	1941			3480		3825	30
650/75R32	Good Year Optitrac DT822 (oogstmach)	625	1815			3105		3480	30
800/70R38	Good Year Optitrac DT830 (super vol.)	798	2055			4550		5030	30
900/50R42	Good Year Optitrac DT830 (super vol.)	896	1946			3690		4150	30
48x31.00-20	Good Year High Flotation Tire	757	1245	-	-	-	1370		50
66x43.00-25	Good Year High Flotation Tire	1052	1689	-	-	-	2648		50
VA73x44.00-32*)	Good Year High Flotation Tire	1097	1864	-	-	-	3084		50
1050/50R25	Firestone radial flotation 23° deep tread	1049	1709				3136		30
76x50.00-32	Firestone Flotation 23° deep tread	1234	1994	-	-	-	3976		30
40x50-12	Rolligon Tire	1270	1080	<u>1290</u>	<u>1613</u>	<u>1936</u>	<u>2258</u>	<u>2581</u>	40
54x68-25	Rolligon Tire	1727	1435	<u>2581</u>	<u>3226</u>	<u>3871</u>	<u>4516</u>	<u>5162</u>	40
72x68-28	Rolligon Tire	1727	1905	<u>2581</u>	<u>3226</u>	<u>4637</u>	<u>6032</u>	<u>6491</u>	40
18.4R38	Michelin Agribib	491	1770		1800	2090		2310	30
20.8R38	Michelin Agribib	541	1844		2190	2540		2810	30
600/65R38	Michelin XM 108 (tractor, large)	580	1755	1700	2040	2380		2760	30
650/60R38	Michelin XM 108 (tractor, large)	615	1842	1920	2310	2690		3120	30
VF 650/60R38	Michelin Xeobib	677	1735	2430		2900		3450	30
VF 710/60R42	Michelin Xeobib	716	1921	2900		3450		4125	30
800/65R32	Michelin XM 28 (tractor, super large)	798	1838	2720	3270	3790		4200	30
1050/50R32	Michelin MegaXBib T2	1059	1824	2200	3180	4170		4770	30
460/85R38	Continental ContiC AC 85 (standard)	508	1768			2260		2540	30
520/85R38	Continental ContiC AC 85 (standard)	545	1857			2720		3060	30
600/65R38	Continental ContiC AC 65 (breitreifen)	590	1759	-		2560		2840	30
710/70R38	Continental ContiC AC 65 (breitreifen)	708	1925	-		3720		4110	30
900/60R38	Continental SVT (SuperVolume)	878	2050			4670		5210	30

*) No Highway Service

Onderstreept draagvermogen: geschat door interpolatie tussen opgegeven waarden.

Tabel 3. Draagvermogens bij 8 of 10 km/uur van een aantal banden, geschikt voor trekkers en/of oogstmachines met een centraal bandenpompsysteem (bron: technische specificaties bandenfabrikanten).

Maat	Merk/type	Breedte (mm)	Diam. (mm)	Draagvermogen (kg) bij verschillende banddrukken (kPa)					Rijsnelheid (km/u)
				40	50	60	70	80	
460/85R38	Trelleborg (Pirelli) TM600	475	1747	2595		2900		3205	10LT
520/85R38	Trelleborg (Pirelli) TM600	536	1849	3105		3470		3835	10LT
600/65R38	Trelleborg (Pirelli) TM800	590	1745	2930		3280		3620	10LT
650/65R38	Trelleborg (Pirelli) TM800	645	1811	3280		3670		4060	10LT
650/85R38	Trelleborg (Pirelli) TM900	676	2071	4780		5180		5580	10LT
800/70R38	Trelleborg (Pirelli) TM900	798	2060	5515		5965		6470	10LT
710/70R42	Trelleborg (Pirelli) TM900	716	2061	4780		5180		5580	10LT
800/65R32	Trelleborg (Pirelli) TM 2000	800	1846			-		4605	10LT
900/60R32 TL	Trelleborg (Pirelli) TM 2000	858	1907			-		5140	10LT
18.4R38	Good Year Super Traction Radial	487	1744			2460		3000	10
20.8R38	Good Year Super Traction Radial	550	1835			2990		3645	10
620/75R30	Good Year Optitrac DT824 (volume)	600	1692			3350		4230	10
650/75R38	Good Year Optitrac DT824 (volume)	655	1941			4000		5040	10
650/75R32	Good Year Optitrac DT822 (oogstmach)	625	1815			-		4510	10
800/70R38	Good Year Optitrac DT830 (super vol.)	798	2055			5230		6600	10
900/50R42	Good Year Optitrac DT830 (super vol.)	896	1946			4245		5390	10
48x31.00-20	Good Year High Flotation Tire	757	1245	-	-	-	2164		8
66x43.00-25	Good Year High Flotation Tire	1052	1689	-	-	-	4184		8
VA73x44.00-32*)	Good Year High Flotation Tire	1097	1864	-	-	-	4873		8
1050/50R25	Firestone radial flotation 23° deep tread	1049	1709				4424		8
76x50.00-32	Firestone Flotation 23° deep tread	1234	1994	-	-	-	5609		8
18.4R38	Michelin Agribib	491	1770		2300	2660		2940	10
20.8R38	Michelin Agribib	541	1844		2790	3230		3580	10
600/65R38	Michelin XM 108 (tractor, large)	580	1755	2140	2520	2900		3370	10
650/60R38	Michelin XM 108 (tractor, large)	615	1842	2410	2850	3280		3810	10
VF 650/60R38	Michelin Xeobib	677	1735	2430		2900		3450	10
VF 710/60R42	Michelin Xeobib	716	1921	2900		3450		4125	10
800/65R32	Michelin XM 28 (tract., super large)	798	1838	3880	4610	5330		5900	10
1050/50R32	Michelin MegaXBib T2	1059	1824	3760	4920	6080		6870	10
460/85R38	Continental ContiC AC 85 (standard)	508	1768			2740		3080	10
520/85R38	Continental ContiC AC 85 (standard)	545	1857			3310		3720	10
600/65R38	Continental ContiC AC 65 (breitreifen)	590	1759	2750		3110		3450	10
710/70R38	Continental ContiC AC 65 (breitreifen)	708	1925	4020		4520		4990	10
900/60R38	Continental SVT (SuperVolume)	878	2050	5165		5935		6625	10

*) No Highway Service

Tabel 4. Range in draagvermogen per m² inbouwruimte (= breedte x diameter) van de trekkerbanden in tabellen 1 en 2, afhankelijk van banddruk en rijsnelheid.

Rijsnelheid	Range in draagvermogen per m ² inbouwruimte (Mg)		
	0,4 bar	0,6 bar	0,8 bar
30 km/uur	1,5 (0,8 – 2,1)	2,4 (1,4 – 2,9)	2,7 (1,9 – 3,2)
10 km/uur	2,7 (1,9 – 3,4)	3,1 (2,4 – 3,7)	3,6 (2,9 – 4,2)

2.1.2 Wagenbanden

Evenals voor trekkerbanden is voor een aantal wagenbanden waarvoor draagvermogens opgegeven worden bij bandspanningen lager dan 100 kPa het draagvermogen weergegeven bij rijsnelheden van 30 of 40 km/uur en 10 km/uur (Tabellen 5 en 6). Voor slechts enkele wagenbanden worden in de bandenboekjes draagvermogens bij 50, 60, 70 en 80 kPa opgegeven. Voor een zeer beperkt aantal wagenbanden worden verhoogde draagvermogens bij 10 km/uur gegeven. Voor de Trelleborg Twin Radial wordt als enige wagenband een draagvermogen bij 65 km/uur gegeven bij een banddruk van minder dan 100 kPa. Om de potentie van de banden voor transport bij lage druk te evalueren is gekeken naar de netto inbouwruimte die voor de banden nodig is (breedte x diameter) en vervolgens naar welke last per oppervlakte-eenheid (m²) inbouwruimte door de band meegenomen kan worden bij verschillende drukken. Voor de banden in tabellen 5 en 6 is dit weergegeven in tabel 7.

Tabel 5. Technische gegevens van een aantal wagenbanden die geschikt zijn voor bandspanningen lager dan 100 kPa bij 30 of 40 km/uur (bron: technische specificaties bandenfabrikanten).

Maat	Merk/type	Breedte (mm)	Diam. (mm)	Draagvermogen (kg)					V km/u
				40 kPa	50 kPa	60 kPa	70 kPa	80 kPa	
500/70R24 IMP	Continental IMP radial AC70 G	486	1313					2060	40
500/85R24 IMP	Continental IMP radial SVT	518	1458					2740	40
650/65R30.5	Trelleborg Twin Radial	650	1625					3440	40
750/60R30.5	Trelleborg Twin Radial	790	1678					4000	40
850/50R30.5	Trelleborg Twin Radial	850	1625					4120	40
750/45-22.5	Trelleborg Twin Implement (drive wheel)	754	1245		1570			2000	40
850/50-30.5	Trelleborg Twin Implement (drive wheel)	850	1650		2355			3000	40
340/65R18	Michelin XP27	339	895		960	1020	1080		30

Tabel 6. Draagvermogens bij 10 km/uur van een aantal wagenbanden, geschikt voor wagens/machines met een drukwisselsysteem (bron: technische specificaties bandenfabrikanten).

Maat	Merk/type	Breedte (mm)	Diam. (mm)	Draagvermogen (kg)					v km/u
				40 kPa	50 kPa	60 kPa	70 kPa	80 kPa	
650/65R30.5	Trelleborg Twin Radial	650	1625					4555	10
750/60R30.5	Trelleborg Twin Radial	790	1678					5290	10
850/50R30.5	Trelleborg Twin Radial	850	1625					5450	10
750/45-22.5	Trelleborg Twin Implement (drive wheel)	754	1245		2070			2590	10
850/50-30.5	Trelleborg Twin Implement (drive wheel)	850	1650		3105			3885	10
340/65R18	Michelin XP27	339	895		1380	1470	1560		10

Tabel 7. Range in draagvermogen per m² inbouwruimte (= breedte x diameter) van de wagenbanden in tabellen 5 en 6, afhankelijk van banddruk en rijsnelheid.

Rijsnelheid	Range in draagvermogen per m ² inbouwruimte (Mg)		
	50 kPa	60 kPa	80 kPa
30 of 40 km/uur	2,1 (1,7 – 3,2)	3,4 (1 waarneming)	2,9 (2,1 – 3,6)
10 km/uur	3,0 (2,2 – 4,5)	4,8 (1 waarneming)	3,6 (2,8 – 4,3)

Uit de analyse van de draagvermogens per m² inbouwruimte (breedte x diameter) blijkt dat bij een bepaalde lage druk het draagvermogen per oppervlakte-eenheid van kleine banden in het algemeen wat groter is dan bij grote banden.

2.2 Wielconfiguraties

Het afsteunen van een last op de bodem kan met veel smalle banden onder een voertuig of met minder banden maar wel van voldoende breedte. In hoofdstuk 2.2 wordt eerst theoretisch gekeken naar het potentiële draagvermogen van assen en wagens bij toepassing van 2 assen die volledig met wielen bezet zijn (2.2.1 en 2.2.2). In de praktijk zijn er ook beperkingen bij de keuze van banden, assen en voertuigen door onder andere wetgeving en de aanwezige infrastructuur. Smalle erven bij boerderijen en toeritten naar percelen bepalen mede de keuze bij de aanschaf van een machine.

Gewoonlijk rijden de wielen van bijvoorbeeld een mesttank door het spoor dat al door de voor- en achterwielen van de trekker is gemaakt. Bekend is dat herhaald berijden verdichtend werkt. Om herhaald rijden door hetzelfde spoor te voorkomen en het grondoppervlak egaal aan te drukken zijn technische oplossingen bedacht, namelijk voor het verstellen van de spoorbreedte (2.2.3) en voor het rijden in hondegang (2.2.4).

2.2.1 Maximaal draagvermogen van een as van 3 meter breed

Om de mogelijkheden met de huidige banden verder te verkennen is gekeken naar het draagvermogen en ruimtebeslag van een as van 3 meter breed. We veronderstellen dat de as volledig benut wordt om banden te plaatsen, behalve ca. 40 cm ruimte op de as die benut wordt om het voertuig op de as af te steunen. Het ruimtebeslag en het draagvermogen van een dergelijke as is uitgewerkt voor verschillende trekker- en wagenbanden, twee rijsnelheden

en banddrukken van 40, 60 en 80 kPa (Tabellen 8 en 9). Eventuele voorgeschreven reducties van het draagvermogen van banden bij meer dan 2 banden op een as zijn niet in de berekeningen meegenomen.

Tabel 8. Draagvermogen van een as van 3 meter breedte, over ca. 2,6 meter zo volledig mogelijk met banden bezet, bij toepassing van verschillende banden en bandspanningen bij 30 of 40 km/u.

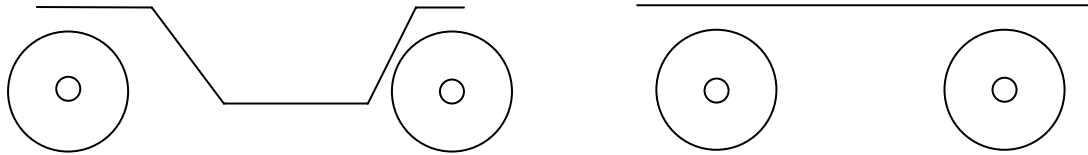
Type banden	Aantal banden per as	Band Diam (mm)	Rijsnelheid (km/u)	Draagvermogen as (Mg)			Ruimtebeslag door 1 as (m ²)
				40 kPa	60 kPa	80 kPa	
Rolligon 40 x 50-12	2	1080	40	2,6	3,9	5,2	3,2
Michelin MegaXbib T2 1050/50R32	2	1820	30	4,4	8,3	9,5	5,5
Michelin XM28 800/65R32	3	1840	30	8,2	11,4	12,6	5,5
Continental SVT 900/60R38	3	2050	30		14,0	15,6	6,2
Trelleborg TM800 650/65R38	4	1810	40		10,8	12,0	5,4
Goodyear Optitrac DT824 650/75R38	4	1940	30		13,9	15,3	5,8
Michelin XM108 650/60R38	4	1840	30	7,7	10,8	12,5	5,5
Michelin Xeobib VF 650/60R38	4	1730	30	9,7	11,6	13,8	5,2
Trelleborg Twin Garden Tractor 650/60-34 8PR	4	1650	40	6,9	8,8	10,4	5,0
Trelleborg Twin Garden Tractor 850/45-34 TL 8PR	3	1650	40	6,9	8,7	10,3	5,0
Michelin XP 27 340/65R18	8	890	30		8,2		2,7

Tabel 9. Draagvermogen van een as van 3 meter breedte, over ca. 2,6 meter zo volledig mogelijk met banden bezet, bij toepassing van verschillende banden en banddrukken bij 10 km/u.

Type banden	Aantal banden per as	Band Diam (mm)	Rijsnelheid (km/u)	Draagvermogen as (Mg)			Ruimtebeslag door 1 as (m ²)
				40 kPa	60 kPa	80 kPa	
Michelin MegaXbib T2 1050/50R32	2	1824	10	7,5	12,2	13,7	5,5
Michelin XM28 800/65R32	3	1838	10	11,6	16,0	17,7	5,5
Continental SVT 900/60R38	3	2050	10	15,5	17,8	19,9	6,2
Trelleborg TM800 650/65R38	4	1811	10LT	13,1	14,7	16,2	5,4
Goodyear Optitrac DT824 650/75R38	4	1941	10		16,0	20,2	5,8
Michelin XM108 650/60R38	4	1842	10	9,6	13,1	15,2	5,5
Michelin Xeobib VF 650/60R38	4	1735	10	9,7	11,6	13,8	5,2

2.2.2 Potentiële nuttige last bij lagedruk wagens met 2 assen

Om een idee te krijgen van de mogelijkheden om met de huidige banden met lage druk transport uit te voeren is gekeken naar een wagen met 2 assen met wielen en boven of tussen de assen een laadvloer (Figuur 1). De maximale last die potentieel met een dergelijke wagen over het veld vervoerd kan worden, wordt voor verschillende banden, banddrukken en snelheden van 30 en 10 km/u uitgewerkt in Tabellen 10 en 11. We veronderstellen weer dat de twee assen 3 meter breed zijn en volledig benut worden om banden te plaatsen, behalve ca. 40 cm ruimte op de as die gebruikt wordt om de laadvloer op de as af te steunen. Het eigen gewicht van de twee-assige wagen wordt gesteld op 30% van het totale draagvermogen van de banden bij 80 kPa en 30 km/uur.



Figuur 1. Schets van wagens met twee assen van 3 meter breed, uitgerust met grote trekkerwielen.

Tabel 10. Mogelijke nuttige last bij een wagen met twee 3 meter brede assen uitgerust met grote trekkerbanden, voor drie banddrukken bij een snelheid van 30 of 40 km/u.

Type band	Aantal banden per as	Eigen gewicht wagen (kg)	Rij-snelheid (km/u)	Mogelijke nuttige last (Mg)		
				40 kPa	60 kPa	80 kPa
Rolligon 40 x 50-12	2	3097	40	2,1	4,6	7,2
Michelin MegaXbib T2 1050/50R32	2	5724	30	3,1	11,0	13,4
Michelin XM28 800/65R32	3	7560	30	8,8	15,2	17,6
Continental SVT 900/60R38	3	9378	30	-	18,6	21,9
Trelleborg TM800 650/65R38	4	7176	40	-	14,5	16,7
Goodyear Optitrac DT824 650/75R38	4	9180	30	-	18,7	21,4
Michelin XM108 650/60R38	4	7488	30	7,9	14,0	17,5
Michelin Xeobib VF 650/60R38	4	8280	30	11,2	14,9	19,3

Tabel 11. Mogelijke nuttige last bij een wagen met twee 3 meter brede assen uitgerust met grote trekkerbanden, voor drie banddrukken bij een snelheid van 10 km/u.

Type band	Aantal banden per as	Eigen gewicht wagen (kg)	Rij-snelheid (km/u)	Mogelijke nuttige last (Mg)		
				40 kPa	60 kPa	80 kPa
Michelin MegaXbib T2 1050/50R32	2	5724	10	9,3	18,6	21,8
Michelin XM28 800/65R32	3	7560	10	15,7	24,4	27,8
Continental SVT 900/60R38	3	9378	10	21,6	26,2	30,4
Trelleborg TM800 650/65R38	4	7176	10LT	19,1	22,2	25,3
Goodyear Optitrac DT824 650/75R38	4	9180	10	-	22,8	31,1
Michelin XM108 650/60R38	4	7488	10	11,8	18,7	23,0
Michelin Xeobib VF 650/60R38	4	8280	10	11,2	14,9	19,3

Samenvattend blijkt het zonder compromissen technisch mogelijk (tabel 12) om met een wagen met twee assen met grote trekkerbanden en daartussen of boven een transportbak respectievelijk 11,2 Mg, 18,7 Mg en 21,9 Mg nuttige last te transporteren bij respectievelijk 40, 60 en 80 kPa banddruk en een snelheid van 30 km/u. Indien uitgerust met een centraal bandenpompsysteem kunnen met dezelfde banden de lasten in het veld, bij 10 km/uur, verhoogd worden tot respectievelijk 21,6, 26,2 en 31,1 Mg.

Tabel 12. Maximum mogelijke nuttige last (in Mg) van een wagen met twee assen met trekkerwielen en daartussenin een transportbak, bij banddrukken van 40, 60 en 80 kPa en rijsnelheden van 30 km/uur en 10 km/uur.

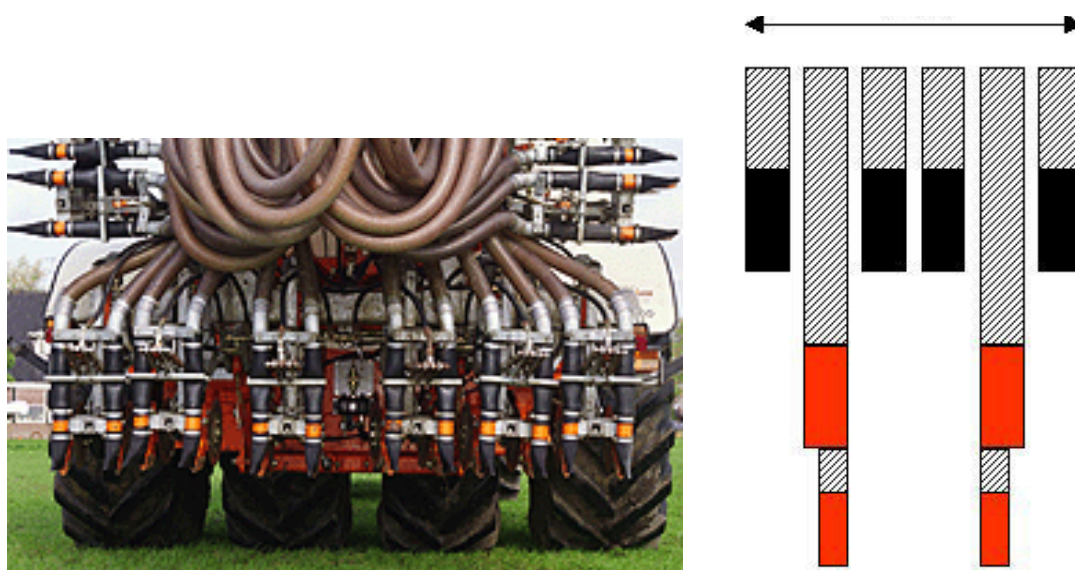
Rijsnelheid	Maximum mogelijke nuttige last (Mg)		
	40 kPa	60 kPa	80 kPa
30 km/uur	11,2	18,7	21,9
10 km/uur	21,6	26,2	31,1

2.2.3 Verstelbare spoorbreedte

Een voorbeeld van toepassing van een as met 4 trekkerbanden onder een (tank)wagen vinden we bij Kaweco. Kaweco levert een mesttank met 4 banden die paarsgewijs pendelend naast elkaar zijn opgehangen (Figuur 2; de DOUBLE TWIN). Door het gebruik van pendelassen wordt het maaiveld gevolgd zodat alle 4 de wielen een gelijke last blijven behouden bij oneffenheden. De banden kunnen maximaal 42" in diameter zijn. Daarnaast is er een "SHIFT" versie. Hierbij kunnen de buitenst wielen hydraulisch naar buiten kunnen worden geschoven waardoor deze niet in hetzelfde spoor lopen als de wielen van de tractor. Hierdoor ontstaat in de breedte een min of meer aan een gesloten bereiden oppervlak van 4 meter.

Door Schuitemaker te Rijssen worden Robusta enkelas en tandemas pomptankwagens geleverd waarbij de spoorbreedte door middel van een parallellogramconstructie wordt veranderd.

Door verbreding van de spoorbreedte (variospoor) bij de enkelassige uitvoeringen wordt voorkomen dat de wielen van de wagen in het spoor van de trekker lopen. De enkelas uitvoering is leverbaar met een tankinhoud van 11.600 of 13.000 liter. Variospoor (Figuur 3, links) kenmerkt zich door zijn mogelijkheid tot elektrisch/hydraulische spoorverbreding tijdens het werk, waarbij de wielen aan beide zijden maximaal 80 cm naar buiten geschoven kunnen worden. Het spoor wordt zo verbreed van 190 cm (weg) tot maximaal 350 cm (land). De standaard banden die gemonteerd worden zijn Michelin 1050/50 R32 MegaXbib 178 AB (bandmaat in cm: h 187 x d 108).



Figuur 2. De Double Twin van Kaweco met de assen in ingeschoven positie (links) en het sporenpatroon met uitgeschoven assen (rechts).

De tandemas uitvoering heeft een tankinhoud van 22.000 liter. Op de weg is de spoorbreedte van de beide assen 190 cm. In het veld, tijdens het werk kan de vooras van het tandemstel elektrisch/hydraulisch verbreed worden van 190 cm tot maximaal 350 cm spoorbreedte (Figuur 3, rechts). De spoorbreedte van de achteras kan versmald worden tot 143 cm. In het veld lopen de trekkerwielen en de tandem-as wielen zo niet door hetzelfde spoor. De bemester is met de gestuurde as spoorvolgend en zwenkt niet uit. De gemonteerde banden zijn Michelin 1050/50 R32 178 A8. De draaicirkel is 12 meter.



Figuur 3. *Schuitemaker Robusta pomptankwagens met Vario-spoor in enkelas (links) en tandemas uitvoering (rechts).*

Door Veenhuis worden ook bemestertanks geleverd met verstelbare assen. Dit betreft zowel een enkel- als tandemas uitvoering met verschuifbare assen. Bij de enkelas worden de wielen hydraulisch rijdende weg naar buiten geschoven. Bij de tandemas (Figuur 4) wordt rijdende weg de wielen van de achterste as naar binnen geschoven zodat deze de grond berijden midden tussen de wielen van de tractor. De voorste wielen van de tandem schuiven naar buiten en komen buiten de wielsporen van de trekker te lopen. De gebruikte banden zijn Michelin 850/50R30.5 CargoXbib. Ook leverbaar is een drukwisselsysteem.



Figuur 4. *Veenhuis pomptankwagen met schuifassen.*

Binnen het onderzoek is geen informatie gevonden over het hydraulisch vergroten c.q. verkleinen van de spoorbreedte van opraapwagens of dubbeldoelwagens, getrokken kipwagens of van wagens met open laadbakken voor containers o.i.d. die toegepast worden binnen de akkerbouw of vollegrondsgroenteteelt. Voor de akkerbouw worden de grote bandenmaten, zoals bijvoorbeeld door Schuitemaker worden gebruikt voor mesttransport (maat 1050/50 R32), nauwelijks op landbouwwagens toegepast. Een uitzondering is de overlaadwagen van Veenhuis die in hoofdstuk 4.2 genoemd wordt.

2.2.4 Hondegang

Een andere techniek om de banden van de trekker en de machine niet in hetzelfde spoor te laten rijden is het in hondengang rijden. Deze techniek wordt zowel bij getrokken als zelfrijdende machines toegepast en komt voor bij apparatuur voor het uitrijden van mest, bij oogstmachines (Figuur 5) en soms ook wel bij transportwerkzaamheden in de maïs of het grondverzet (Vredo trac). Bij kipwagens wordt, zover bekend, deze techniek niet toegepast. Indien een kipwagen toch (enigszins) in hondengang rijdt dan wordt dit bereikt door een onjuiste afstelling van de hydraulische besturing of door manipulatie van de besturing. Deze wijze van rijden geeft een zeer ongunstige krachtenverdeling op kipwagen en trekker en wordt door fabrikanten van kipwagens sterk afgeraden.



Figuur 5. Machines in hondengang; linksboven getrokken enkels bemester; rechtsboven getrokken tandemas bemester; linksonder zelfrijdende bemester; rechtsonder zesrijige bietenrooier.

3. Rupswielen met stalen en rubber rupsbanden

Rupswielen met stalen rupsen kunnen relatief hoge lasten dragen, kunnen een hoge trekkracht leveren en zijn uitermate geschikt voor inzet op weinig draagkrachtig en ruw terrein. Van oudsher worden deze rupsbanden gebruikt in het grondverzet, in de mijnbouw, voor militaire voertuigen en voor speciale toepassingen in de landbouw (rups-trekkers). De grootste nadelen voor de landbouw waren de beperkt mogelijke rijsnelheid en het feit dat met de stalen rupswielen niet over de openbare weg gereden mag worden. Sinds ca. 1985 zijn rupswielen met rubber rupsen beschikbaar gekomen, voor het eerst op de Challenger tractor van Caterpillar. Deze rupswielen hebben niet de problemen van lage rijsnelheid en transport over de weg. Sindsdien worden door een aantal fabrikanten rubber rupswielen geleverd voor vele toepassingen, zowel voor montage op standaard rupstrekkers en transportonderstellen, maar ook ter vervanging van wielen met banden op bestaande trekkers en machines of voor ombouw van wielen met banden tot halftracks. In dit hoofdstuk worden een aantal beschikbare rupssystemen beschreven.

Aangedreven rupssystemen zijn onder te verdelen in een negatief en een positief aandrijfsysteem:

- negatief aandrijfsysteem: hierbij is het aandrijf wiel voorzien van tanden. Deze tanden grijpen bij het draaien aan in uitsparingen van de rups. Met het systeem kan maximaal 10 km/h gereden worden.
- positief aandrijfsysteem: hierbij is het aandrijf wiel voorzien van uitsparingen. De rubber tanden die aan de binnenzijde van de rupsband zijn aangebracht, grijpen tijdens het draaien in de uitsparingen van het aandrijf wiel. Dit systeem is geschikt voor rijsnelheden tot 20km/h.

Zowel voor trekkende als getrokken voertuigen zijn tegenwoordig diverse breedtes van rubber tracks leverbaar. "Standaard" maten zijn 16" (40,6 cm), 18", 20", 25" en 30" (76,2 cm) voor tractoren. Als optie zijn tracks leverbaar tot 36" (91,4 cm voor tractoren van 317-391 kW). Voor getrokken voertuigen loopt de range van 16" tot 36" (91,4 cm).

Rupsonderstellen

Naar aanleiding van de ontwikkeling van Caterpillar Challenger rubber rups tractoren heeft Caterpillar in 1998 ook een rupsonderstel met rubber tracks uitgebracht. Het Caterpillar load carrier VSF50 of VSF70 onderstel bestaat uit een frame met dissels en 2 rupswielen (Figuur 6). Het frame is geschikt voor opbouw van diverse componenten. Op het onderstel in Figuur 7 is een laadbak met schuifbord gebouwd. Andere opbouw mogelijkheden zijn een mesttank met aanbouw van een injecteur, strooier voor vaste mest of een universeelstrooier voor kippenmest, compost of kalk. De technische gegevens van het VFS50 en VFS70 onderstel zijn weergegeven in Tabel 13. Organisatorisch zijn de Caterpillar Challenger tractoren overgegaan naar een zelfstandig bedrijf onder de naam Challenger en is ook het onderstel met de tractoren meegegaan. Inmiddels worden de VFS50 en VFS70 niet meer geproduceerd (Bron: Agco corporation).



Figuur 6. Caterpillar VSF70 rubber rupsonderstel.



Figuur 7. Caterpillar Versatile Flotation System onderstel. Opbouw: bak met schuifbord voor het lossen.

Tabel 13. Technische gegevens Caterpillar onderstel VSF50 en VSF70.

	Type	
	VSF50	VSF70
Leeg gewicht (kg)		
• met trekhaak en frame	4491	5121
• met smalle spoorbreedte	3590	4281
• met brede spoorbreedte	3642	4350
Laadcapaciteit (kg)	22680	31750
Lengte rups (cm)		302,3
Breedte rups (cm)		76,2 met 40° nokpatroon 63,5 of 76,2 met lengteprofiel
Spoorbreedte (cm)		
• met trekhaak en frame		226,0
• met smalle spoorbreedte		269,2
• met brede spoorbreedte		317,5
Contactoppervlak (cm ²)		
• 63,5 met lengteprofiel		38392
• 76,2 met 40° nokpatroon of lengteprofiel		46071
Bodemdruk (kg/cm ²)		
• met trekhaak en frame; - 63,5 cm brede rups	71	96
• - 76,2 cm brede rups	59	80
• met smalle spoorbreedte; - 63,5 cm brede rups	68	94
• - 76,2 cm brede rups	57	78
• met brede spoorbreedte; - 63,5 cm brede rups	69	94
• - 76,2 cm brede rups	57	78
Maximum rijsnelheid (km/h)	32	32

Door Omnitrac (Omnitrac LLC, P.O. Box 520, 2210 East 'L' Avenue, La Grande, Oregon 97850 USA) worden rubber rupssystemen in vele maten en soorten geleverd. De systemen zijn geschikt voor (knik)rupstrekkers en bulldozers, half-tracks voor achterwielen van tractoren, oogstmachines, moerasvoertuigen, etc. en kunnen hydraulisch, mechanisch of elektrisch aangedreven worden. In het programma van Omnitrac zijn ook onderstellen of losse rupswielen zonder aandrijving voor getrokken lastdragers of niet zelfrijdende machines opgenomen. Het rupsonderstel IP24133 (Figuur 8) is leverbaar voor mechanische of hydraulische aandrijving voor zelfrijdende voertuigen en kan ingezet worden voor agrarische en industriële toepassingen. Het onderstel heeft een positieve aandrijving. Technische gegevens van het onderstel zijn weergegeven in *Tabel 14*



Figuur 8. Omnitrac IP24133 rubber rups onderstel.

Losse, niet aangedreven rubber rupswielen worden onder anderen toegepast bij overlaadwagens waarmee het product van de oogstmachine naar de verharde weg wordt gereden (Figuur 9). Ook worden wel zaadwagens voor brede graanzaaimachines, machines voor het toedienen van dierlijke mest op bouwland of machines voor gebruik op natte en drassige natuurterreinen uitgerust met niet-aangedreven rubber rupswielen. Technische gegevens van enkele onderstellen die in niet-aangedreven versie hiervoor gebruikt worden zijn in *Tabel 14* weergegeven.



Figuur 9. Niet aangedreven Omnitrac rubber rupsbandunits TS2868 toegepast bij een overlaadwagen.

Tabel 14. Technische gegevens van Omnitrac onderstellen en rubber rupswielen.

	Type			
	IP24133	TS2868	IP24159 aluminium	staal
Rups breedte (cm)	61, 91	41, 91	41, 91	41, 91
Aandrijving	Mechanisch of hydraulisch	Hydraulisch	Mechanisch of hydraulisch	Mechanisch of hydraulisch
Diameter Sprocket (cm)	61 cm	61, 71; staal of staal in rubber gecoat	61	61
Diameter loopwielen (cm)	38 cm, rubber gecoat	30, 36; staal of staal in rubber gecoat	30	30
Diameter voorwiel (cm)	56, rubber gecoat	61, 71	61, gecoat	61, gecoat
Wielbasis (contactlengte) (cm)	338	173	401	401
Rupsspanning	Hydraulisch		Hydraulisch	Hydraulisch
Gewicht onderstel (kg, ca)	3.809	2.494	1.814	4.000
Maximum last (kg)	36.280	27.210	18.138	54.415
Contactoppervlak onderstel (m ²)	4,12 / 6,15	1,4 / 3,1	3,29 / 7,3	3,29 / 7,3
Bodemdruk (kPa)	97 / 65	209 / 94	61 / 27	179 / 80

In Nederland levert Westtrack (Dussen) aangedreven en niet-aangedreven rupswielen, zowel voor nieuw te bouwen rupsvoertuigen als voor vervanging van wielen met banden door rupswielen op trekkers en andere machines. In het programma zit ook een onderstel voor wagens voor zeer weinig draagkrachtige grond (Figuur 10).



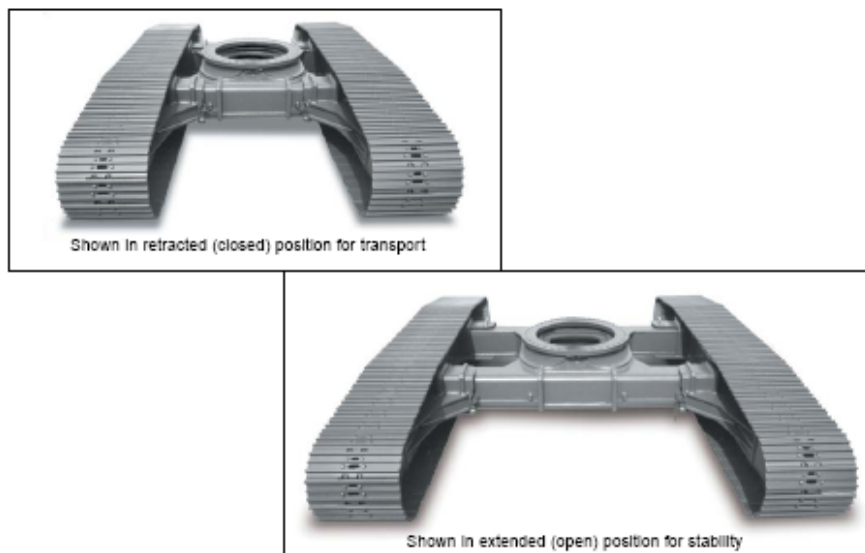
Figuur 10. Westtrack rupsbandonderstel onder een opraapwagen die ingezet wordt in drassige natuurterreinen.

Ook door fabrikanten van rupskranen (o.a. door Verhoeven grondverzetmachines, Zeewolde, Maarheeze) kunnen onderstellen worden geleverd waarbij het in het algemeen gaat om complete sets van loopwerk en frames. De frames zijn er in de varianten met een vaste tussenverbinding, met een X-frame en een onderstel met variabele spoorbreedte (Figuur 11). Het X-frame onderstel wordt meestal uitgevoerd met een draaikrans voor hydraulische kranen.



Figuur 11. Varianten van de tussenverbindingen tussen de rupsonderstellen en waarop de opbouw gemonteerd wordt.

De losse onderwagens voor de mini en soms midi kranen kunnen ook uitgevoerd zijn met rubber rupsonderstellen. De onderwagens van grote hydraulische kranen zijn vrijwel alleen leverbaar met stalen tracks. Soms kunnen de onderwagens voor transport op diepladers hydraulisch smaller gemaakt worden. Voor de stabiliteit tijdens de werkzaamheden wordt de spoorbreedte vergroot. Een voorbeeld hiervan wordt weergegeven in Figuur 12. De onderwagens met variabele spoorbreedte zijn leverbaar tot een totaal machinegewicht van 140 ton. De onderwagens zijn niet geschikt voor hoge snelheden voor transportwerkzaamheden.



Figuur 12. Onderwagen met variabele spoorbreedte en met draaikrans voor hydraulische rupskranen.

Half-tracks

Een half-track is een systeem waarbij om de bestaande achterband van de trekker een rubber rupsband wordt gelegd. De rupsband wordt op spanning gebracht door een apart frame met een loop/spanwiel en looprollen, dat aan het vaste deel van de trekker wordt gemonteerd. De rubberband heeft aan de binnenzijde op de beide zijanten van het loopvlak driehoekige nokken staan. Hiermee wordt de rubberband midden op de “standaard” trekkerband, de spanband of rol en de looprollen gehouden (Figuur 13). Daarnaast zijn er ook uitvoeringen met een positief aandrijfsystemen waarbij de “standaard” trekkerband vervangen wordt door een metalen wiel met openingen waar de nokken van de rubber track ingrijpen. Aan de binnenzijde van de rubbertrack zitten de nokken dan middenop (Figuur 14).

Half-tracks zijn leverbaar voor vermogens van ca 25 tot 182 kW. Bij de lagere vermogens (tot ca 73 kW) is een systeem leverbaar waarbij de aandrijving berust op frictie tussen de rubber track en de “standaard” trekkerband en een systeem met positieve aandrijving. Bij positieve aandrijving worden, in plaats van de tractorband, ijzeren wielen op de achteras gemonteerd waaromheen de rubber track wordt gelegd. Het ijzeren wiel heeft uitsparingen waarin tijdens het draaiende nokken van de rubbertrack grijpen. De tracks die om de “standaard” tractorband worden gelegd zijn onder andere leverbaar voor de bandmaten 9.5 x 42, 11.2 x 28 en 12.4 x 28. Er is geen informatie gevonden over afmetingen, contactoppervlak en bodemdrukken.



Figuur 13. Half-track met aandrijving door frictie met de bestaande “standaard” tractorband (Omnitrac)



Figuur 14. Half-track met positieve aandrijving (Omnitrac).

Rupswielen ter vervanging van wielen met banden (ombouwrupswielen)

Bij deze rupswielen zijn het aandrijf wiel, het voor- en achterwiel en de loopwielen in één frame gebouwd. Ombouwrupswielen zijn in vele maten en soorten leverbaar, o.a. met negatief of positief aandrijfsysteem en geschikt voor tractoren, machines, wagens, etc. Bij de constructie van ombouwrupswielen worden conische lagers of draaikranslagers toegepast voor lagering van het aandrijf wiel. In het algemeen wordt een rupswiel met conisch lager ingezet onder zware omstandigheden met veel draaiuren, waarbij de spoorbreedte en de maximale breedte van de machine van minder belang is. De rupsunit met draaikranslager wordt juist ingezet waar de maximale spoorbreedte en minimale totale machinebreedte (voor transport over de weg) belangrijk is (Figuur 15).

Om de trekker of een andere machine op rupsen te zetten worden de bestaande (standaard) banden inclusief velg en schotel vervangen worden door een ombouwrupswiel. Het rupswiel wordt op dezelfde wijze met bouten aan de flens van de as gemonteerd als de wielen met banden. Machines waarbij deze ombouw wordt gedaan zijn bijvoorbeeld tractoren, hakselaars, combines, gronddumpers en scraperbakken (Figuur 16). Bij tractoren worden ombouwrupswielen toegepast op zowel de achterwielen als de voorwielen. De ombouw van de tractor van banden naar rupsen gaat relatief snel en kan plaatsvinden zonder, of met zeer beperkte aanpassingen aan de tractor.

Ombouwruwswielen worden onder andere geleverd door Westtrack (Dussen, NL), Harian (Duitsland), Soucy (Italië), Tidue (Italië), ATI (USA), ASV (USA) en Omnitrack (USA).



Figuur 15. Trekker op Westtrack rupsunits (spoorbreedte 3,15 m).



Figuur 16. Veldhakselaar met Tidue rupsunits onder zeer natte omstandigheden.

De Westtrack rupsen zijn leverbaar in breedtes van 30 tot 92 cm. Amerikaanse fabricaten, vooral voor grote machines, hebben vaak breedtes van 30 en 36 inch (76 en 91 cm). Rupswielen voor schrankladers zijn meestal 18 of 24 inch (46 en 61 cm) breed. Het profiel van de rupsen is afhankelijk van de toepassing. Wanneer veel trekkracht wordt gevraagd, wordt een agressief profiel geleverd. Is het hoofddoel het dragen van de last, dan wordt een rups met lage nokken geleverd.

Voor rupswielen geldt een maximale belasting die veroorzaakt wordt door de sterkte van de componenten en de constructie. Hierdoor is ook de bodemdruk van rupswielen beperkt. In Tabel 15 zijn de afmetingen, de maximaal geadviseerde belasting en de daaruit berekende maximale gemiddelde bodemdrukken weergegeven voor een aantal ombouwruwswielen uit het leveringsprogramma van Westtrack, ASV en ATI. Het is opvallend dat de beschouwde

rupswielen maximaal een gemiddelde bodemdruk van 110 kPa hebben en daarom eigenlijk bij technisch verantwoorde toepassing altijd als relatief bodemvriendelijk beschouwd mogen worden.

Tabel 15. Afmetingen en maximale drukken in het contactvlak van enkele ombouwrupswielen.

Merk	type	Contactlengte (cm)	Rups breedte (cm)	Contactoppervlak (m ²)	Max belasting (kg)	Bodemdruk bij maximum belasting (kPa)
Westtrack	D650	120	30	0,36	4000	110
Westtrack	D650	120	40	0,48	4000	80
Westtrack	D700	125	30	0,38	4000	110
Westtrack	D700	125	40	0,50	4000	80
Westtrack	D850	165	30	0,50	4000	80
Westtrack	D850	165	40	0,66	4000	60
Westtrack	D800	160	61	0,98	8000	80
Westtrack	D950	180	76	1,37	12000	90
Westtrack	D950	180	92	1,66	12000	70
Westtrack	F800	155	60	0,93	8000	90
Westtrack	F990	164	76	1,25	10000	80
Westtrack	F990	164	92	1,51	10000	70
ASV	RT 100	199	46	0,91	4536	50
ASV	RT 120	255	61	1,55	5443	40
ATI		153	91	1,39	11340	80
ATI		219	91	2,00	11340	60
ATI		153	76	1,16	11340	100
ATI		219	76	1,66	11340	70

4. Trekkers en wagens

Trekkers en wagens met zeer lage bodemdruk en/of met een afwijkende wielconfiguratie vinden we bij een aantal toepassingen. In dit hoofdstuk worden voorbeelden gegeven van lagedrukapparatuur voor de turfwinning, overlaadwagens gebruikt in de graanteelt in de USA, wagens voor gebruik op gazons en oplossingen voor relatief lage bodemdruk bij scraperbakken.

4.1 Combinaties voor turftransport

Zeer lage bodemdruk is noodzakelijk in veengebieden waarin turf gewonnen wordt. Momenteel vindt turfwinning voornamelijk plaats in Canada, Finland, Rusland, Belarus en Duitsland. De gewonnen turf (gedroogd veen) wordt gebruikt als brandstof voor energiecentrales en voor gebruik in de groensector.

Voorafgaand aan de turfwinning wordt de houtige vegetatie van het veld verwijderd en wordt geëgaliseerd. Dit “rijp maken” gebeurt op percelen die nog ontwaterd moeten worden en dus erg drassig zijn. Hierbij worden machines gebruikt die zijn uitgerust met zeer brede stalen rupsen (Figuur 17).

Alle bewerkingen worden uitgevoerd met door tractoren getrokken machines. Om een gelijke droging van het product te krijgen en een kwalitatief homogeen product moet er gewerkt worden op een vlak maaiveld, d.w.z. dat insporing voorkomen moet worden. De ondergrond is echter, afhankelijk van de ontwatering, beperkt draagkrachtig. Trekkers en wagens voor het bewerken en de oogst van turf hebben daarom een zeer lage bodemdruk nodig.



Figuur 17. *New Holland Bi-directional tractor (links) en een Ford 7840 (Gegevens over contactoppervlak en gewichten zijn niet beschikbaar).*

Bij de bewerkingen rondom oogst en transport worden vooral wieltrekkers en werktuigen gebruikt, uitgerust met brede en veel banden. Wagens voor het transport zijn vaak uitgerust met voor en achter een as met 2 of meerdere banden en met schamelbesturing (Figuur 18, Tabel 16). Voor “kleine” percelen of bedrijven worden ook wel zelfladende wagens gebruikt waarbij de lader achter de bak is gemonteerd. Met deze laatste machine wordt het vrijwel droge product opgezogen en verzameld in de wagen. Ook voor deze wagens geldt dat ze uitgerust worden met veel brede banden (Figuur 19, Tabel 17).

Bij de turfwinning wordt er alles aan gedaan om insporing te voorkomen. In dat kader worden ook zo licht (massa) mogelijke trekkers gebruikt, gegeven de behoefte aan motorvermogen voor aangedreven werktuigen. Een voorbeeld van een veel gebruikte trekker voor de turfwinning in Finland is de Valtra met een relatief zeer lage massa per kW motorvermogen (Figuur 19, Tabel 18).

In Figuur 20 wordt een zelfgebouwde wagen voor het transport van turf getoond. Omdat het een zogenaamde “eigen bouw” is zijn er geen gegevens van bekend. Ondanks gebruik van een zwaar chassis is de bouw duidelijk gericht op veel en breed rubber.



Figuur 18. Turf wagen (Bron: www.vapo.fi).

Tabel 16. Technische gegevens van de VAPO turf wagens (Figuur 18).

	Type	
	JPV-45	JPV-28
Benodigd tractorvermogen (kW)	85-110	70-100
Laadvermogen (m ³)	39-45	28
Eigen gewicht (kg)	7800	4500
Aftakas toerental (rpm)	1000	1000
Lengte (mm)	11900	
Breedte (mm)	3980	
Hoogte (mm)	3700	
Banden voor/achter	Michelin 900/50R42 MACHXBIB (0,6 bar)	Michelin 900/50R42 MACHXBIB (0,6 bar)



Figuur 19. VAPO JMK-55V zelfladende turfswagen met brede banden voor en brede banden in dubbele montering achter (Bron www.vapo.fi).

Tabel 17. Technische gegevens VAPO JMK-55V zelfladende turfwagen.

Benodigd tractorvermogen (kW)	120-140
Capaciteit m ³ /uur	100-170 (compacted)
Werksnelheid (km/h)	5-10
Gewicht machine (kg)	9000
Lengte (mm)	12000
Breedte (mm)	5140
Hoogte (mm)	4400
Benodigd aftakas toerental (omw/min)	1000
Banden voor	Michelin 900/50R42 MACH XBIB (0,6 bar)
Banden achter	Michelin 710/70R38 XM28 (0,6 bar)

Tabel 18. Technische gegevens landbouwtractor Valtra.

Vermogen (kW)	147
Koppel (Nm)	820 bij 1400 omw/min
Lengte (mm)	4940
Breedte (mm)	2338
Hoogte (mm)	2830
Bodemvrijheid (mm)	535
Wielbasis (mm)	2558
Spoorbreedte voor (mm)	1450-2150
Spoorbreedte achter (mm)	1610-2115
Gewicht voor/achter/totaal (kg)	2288/2912/5200
Gewicht maximum toelaatbaar (kg)	14200
Beschikbare aftakas toerentallen (omw/min)	540/540e/1000
Banden voor	Michelin 540/65R28 enkellucht; 40 kPa (max 30 km/uur) dubbellucht; 40 kPa (max 30 km/uur)
Banden achter	Michelin 650/65R38 Enkellucht, 40 kPa (max 30 km/uur) Dubbellucht, 40 kPa (max 30 km/uur)

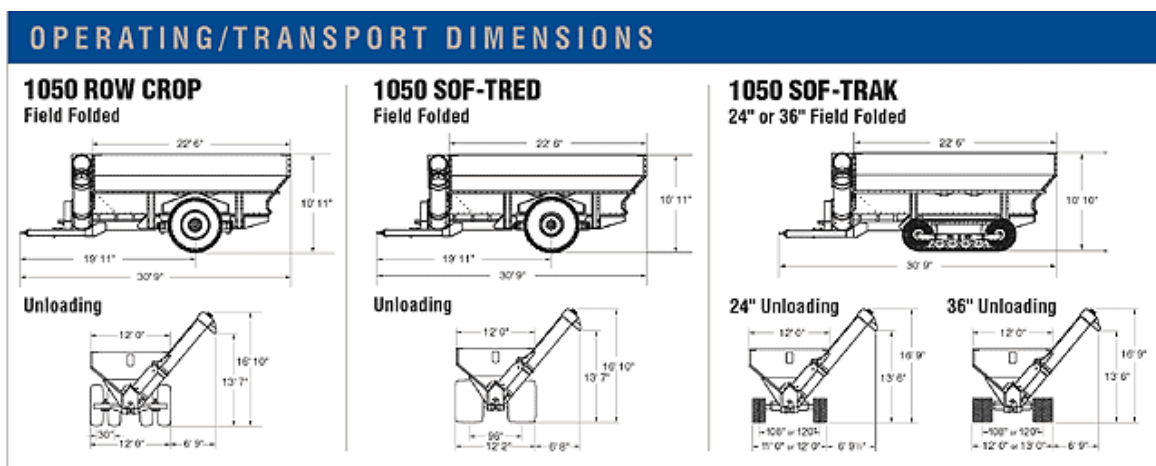


Figuur 20. Turfwagen met 24 banden (4 assen á 6 banden), (Bron: www.farmphoto.com).

Meer informatie is te vinden op Finse internet sites. Ook in Rusland is de techniek voor de turfwinning gemoderniseerd, maar er zijn minder technische details beschikbaar (<http://www.rustorf.ru/eng/main.asp>) dan op de Finse internet sites.

4.2 Overlaadwagens

De wijze van transport van landbouwproducten vanaf de oogstmachine hangt af van het soort gewas. Suikerbieten worden vanaf de rooier over het veld of (verhard) pad naar een stortplaats getransporteerd en later met een vrachtauto naar de fabriek getransporteerd. Verse producten als spinazie en bonen worden in containerbakken geoogst en, voor een snelle verwerking, met een vrachtauto naar de fabriek gebracht. Aardappelen worden gerooid en met kipwagens en trekkers van het veld naar de opslagplaats getransporteerd. Soms moeten hierbij grote transportafstanden overbrugd te worden. Vaak wordt in Nederland voor transport over het veld en transport over de weg dezelfde kipwagen ingezet. In Amerika, waar transport over nog grotere afstanden plaats moet vinden, wordt op het veld vaak een zogenaamde overlaadwagen ingezet. Bij het combinen verzorgt deze wagen het transport van het graan van 1 of meerdere combines naar een bij de weg geparkeerde vrachtauto. De overlaadwagens worden dus alleen voor transport op het veld ingezet. Er zijn diverse fabrikanten van de zogenaamde grain carts. Kinze (USA) levert Grain Carts met diverse wielconfiguraties (Figuur 21, Tabel 19).



Figuur 21. Wielconfiguraties van de Kinze 1050 grain cart.

Tabel 19. Gegevens van de 850 en 1050 Kinze Grain Carts.

	Type	
	850	1050
Standaard banden	30.5 x 32 16 ply	520/85R38 (20.8 x 38) dubbel
Lage druk banden		480/80R42 (18.4 x 42) dubbel
Rupsen	1050/50R25 (66 x 43 x 25)	1250/45-32 (76 x 50 x 32)
	24 of 36 inch	24 of 36 inch
Leeg gewicht (kg)	5925 (banden 30.5x32)	8943 (520/85R38 banden)
	6335 (banden 1050/50R25)	8915 (480/80R42 banden)
	9513 (24" rupsen)	8363 (1250/45R32 banden)
	9926 (36" rupsen)	10417 (24" rupsen)
		10921 (36" rupsen)
Laadvermogen (kg)	22465	27751
Oplegdruk leeg / vol (kg)	1533 / 2177	1551 / 2331
Bandspanning, volbeladen wagen	> 250 kPa	> 250 kPa
Rups: Contactoppervlak (cm ²) /	24" 33445 / 76	24" 33445 / 91
bodemdruk (kPa)	36" 50167 / 51	36" 50167 / 61

Uit de technische gegevens in Tabel 19 blijkt dat de grain carts in de uitvoeringen met banden alleen met zeer hoge bandspanning (>250 kPa) gebruikt kunnen worden. Door een groot contactoppervlak kan met rupsen wel een relatief lage bodemdruk (50 – 100 kPa) bereikt worden.

Door J&M Manufacturing wordt onder de merknaam "Storm" rubber rupsonderstellen geleverd. De onderstellen kunnen voor diverse doeleinden ingezet worden. Door J&M Manufacturing worden ze o.a. gebruikt als onderstel voor overlaadwagens voor graan (Figuur 22), waarmee een lage bodemdruk van 73 kPa bereikt kan worden ondanks de grote inhoud van de wagen (ca. 37,5 m³).



Figuur 22. Grain cart van J&M Manufacturing op "Storm" rubber rups onderstel.

Tabel 20. Technische gegevens van het J&M Manufacturing onderstel.

Breedte rups (cm)	91,4
Breedte voor- en achterwiel (cm)	84
Gewicht (kg)	9592
Lengte totaal (cm)	371
Contactlengte (cm)	267
Contactoppervlak 2 rupsen (cm ²)	48774
Bodemdruk volle grain cart (kPa)	73
Loopwielen (aantal)	16 (in 4 sets)

In Nederland blijken traditionele oogstwagens onvoldoende ingezet te kunnen worden in een zeer nat oogstjaar. Naar aanleiding van een dergelijk nat oogstseizoen heeft Veenhuis een overlaadwagen ontwikkeld (Figuur 23). Met deze wagen wordt het geoogste product van het natte veld vervoerd naar een plaats waar de ondergrond harder en/of droger is en waar dus wel conventionele (vracht)wagens kunnen komen. Het product wordt dan overgeladen voor verder transport. De bak kan met hydraulische cilinders tot 4,5 m hoog geheven worden voor het overladen. Het lossen vindt plaats met hydraulisch aangedreven bodemkettingen. De overlaadwagen is met een dissel gekoppeld aan de trekker en staat achter op twee grote 1050/50R32 banden. Door de bouw van de wagen wordt bij volle bunker een aanzienlijk deel van de massa overgedragen op de achteras van de trekker. De inhoud van de wagen is 26,5 m³, maar in geval van zeer natte omstandigheden kan de wagen uiteraard ook minder vol geladen worden. Verdere specificaties zijn van deze wagen niet bekend. Bij 10 km/uur en cyclische belasting kunnen twee 1050/50R32 banden een maximale totale last dragen van 6740 kg dragen bij 40 kPa en ca. 13400 kg bij 100 kPa banddruk. Schatten we de massa van de wagen op 5,5 ton, dan zou de overlaadwagen bij 40 kPa slechts een nuttig laadvermogen hebben van 1240 kg en bij 100 kPa een laadvermogen van 7900 kg. Het concept van deze overlaadwagens zou wellicht gebruikt kunnen worden om wagens met nog meer banden op een as (zie ook Tabel 8) of met twee assen te bouwen, die bij zeer lage bodemdruk een acceptabel laadvermogen hebben.

Om de tractie van de combinatie te verbeteren onder slechte omstandigheden is de as van de wagen hydraulisch aangedreven. Bij bodemvriendelijke oogst zou dit niet nodig moeten zijn en kan de aandrijving vervallen.



Figuur 23. Veenhuis overlaadwagen met aangedreven wielen en banden in de maat 1050/50R32.

4.3 Wagens voor inzet op gazons

Bij het onderhoud van sportvelden is het vermijden van insporing essentieel voor de functie van het veld. Trekkers en werktuigen zijn dan ook uitgerust met brede banden en wordt er geprobeerd om op acceptabele bandspanningen te rijden. Om beschadiging van de grasmat door banden te voorkomen worden zelfs speciale grasbanden ingezet, zonder nokken. Een gevolg van het toepassen van lage nokken is dat de trekkrachtlevering beperkt is. Voor transport van zand en andere producten over het sportveld worden vaak relatief kleine wagens met veel rubber ingezet. Voorbeelden hiervan zijn de wagens van Bailey trailers (UK), waarbij de 4 wielen verdeeld over de volle breedte van de kipwagen zijn gemonteerd (Figuur 24). De getoonde kipwagens zijn op maat gemaakt in overeenstemming met de wensen van de koper. Eis van de koper was in dit geval dat de grond over de volle breedte werd bereiden met maximaal 100 kPa bandspanning.



Figuur 24. Op specificatie van de koper gemaakte kipwagens waarbij de banden bijna over de volle breedte van de wagen zijn gemonteerd.

4.4 Scraperbakken

Voor grondtransport tijdens egalisatiewerk worden bij transportafstanden > 50 m ook wel scrapers gebruikt. De scrapers hebben een bak die over de volle breedte volgeschoven kan worden. Wanneer de bak vol is wordt deze opgetild en elders weer leeg geschoven. Door het rijdende weg leegschuiven wordt de grond weer als een laag op de onderlaag weggelegd. De machine heeft aan de achterzijde één of twee assen met 2 of meer wielen. De voorzijde van de machine steunt af op een speciaal ophangpunt aan een trekker. Afhankelijk van merk en type worden deze scraperbakken wel uitgerust met brede tot zeer brede banden waardoor afsteuning op de grond over de gehele breedte van de scraperbak plaats vindt. Een andere mogelijkheid om het contactoppervlak te vergroten is het gebruik van rubber ombouwruptswielen (Figuur 25), die op de bestaande wielflenzen gemonteerd worden. Door de eenvoudige (de)montage kunnen ze afhankelijk van de bodemomstandigheden ingezet worden. In Tabel 21 worden enkele technische gegevens over een willekeurig type scraperbak weergegeven. Het ontwerp van een scraper is (veel) te zwaar en niet praktisch voor oogstwerkzaamheden in de agrarische sector. Ook de bandkeus en mogelijke belasting met bijbehorende bandspanningen zijn ongeschikt voor de landbouw. Wel wordt geïllustreerd dat het gebruikte ontwerp mogelijkheden biedt voor montage van meerdere banden op min of meer 1 lijn achter een transportbak en dat er mogelijkheden zijn voor uitwisseling met rubber rupswielen.



Figuur 25. Scraperbak met berijding over bijna de volle werkbreedte. Een scraperbak uitgerust met rubber rupsen.

Tabel 21. Enkele technische gegevens van de E-Ject Systems E-17 Pull Scrapers.

Afmeting:

• Lengte (m)	8,92
• Breedte (m)	3,29
• Hoogte (m)	2,36
• Laadvermogen (m ³ en kg)	9 m ³ afgevlakt, 13 m ³ met kop of 19958 kg
• Gewicht (kg)	11.295
• Gewichtsverdeling leeg (trekhaak / achteras; % en kg)	28 / 72 = 3163 / 8132
• Gewichtsverdeling vol (trekhaak / achteras; % en kg)	29 / 71 = 9063 / 22190 (per band 4066 / 11095)
• Banden: standaard	875/65 R29 Radials Draagvermogen ca 18000 kg bij 530 kPa
optie	29.5/25 Bias 28 Ply of 29.5/R25 Radials
• Optie	Rubber Track Packs (geen gegevens bekend)

5. Zelfrijdende transportvoertuigen

5.1 Vrachtauto

Naast het gebruik van tractoren zijn ook wel vrachtwagens ingezet voor het vervoer van agrarische producten naar of vanaf het veld. In het verleden werd dit vooral gedaan omdat vrachtauto's sneller over de weg konden dan tractoren en vroeger een groter laadvermogen hadden dan de kipwagens. Om te voldoen aan het wegenverkeersreglement voor langzaam verkeer werden de hoogste versnellingen van de vrachtwagens geblokkeerd. Voor meer tractie op het land en verhogen van de bodemvrijheid werden o.a. de wegbanden vervangen door grotere banden met een tractieprofiel. Bekende voorbeelden zijn de Ginafs die werden ingezet bij de maïsoogst of bij het transport en uitrijden van mest.

In het kader van verlaging van bodemdruk en toename van trekkracht heeft Veldhuizen wagenbouw, gespecialiseerd in fabricage/verhuur en onderhoud, een vrachtauto uitgerust met rubber rupsen. Hierbij is/zijn de achteras(sen) vervangen door een frame met aangebouwde rupswielen. Op het frame kan een bak of tank geplaatst worden (Figuur 26) tot een totaalgewicht van 52 ton. Ook kan een haakarm container afzetsysteem gemonteerd worden. Specificaties van de hover track zijn zeer beperkt beschikbaar. Naar schatting is het afsteunend oppervlak per rups 1,2 m², zal bij maximale belasting de last per track ca 20 ton zijn en zal daarmee de bodemdruk maximaal ca. 170 kPa zijn. Voor snel transport over de weg kan de vrachtauto uitgerust worden met een hydraulisch bediend wielstel. Hiermee wordt het rupsonderstel vrij geheven van de weg (Figuur 27).



Figuur 26. Inzet van een vrachtwagen met achter een rubber rups onderstel bij het hakselen van maïs.



Figuur 27. Vrachtwagen met rubber rups geheven ten behoeve van het wegtransport.



Figuur 28. Trekker oplegger combinatie met banddrukwisselsysteem voor agrarisch gebruik.

Ook wordt wel een trekker/oplegger combinatie ingezet welke is uitgerust met een banddrukwisselsysteem op de voorste 6 wielen (Figuur 28). De trekker heeft een 8 tons vooras en twee 16 tons achterassen. De banden op de wielen van de vooras zijn 495/70R24 XM47 Michelin banden (draagvermogen 2430 kg bij 100 kPa bij 10 km/uur en 4460 kg bij 410 kPa bij 40 km/uur). De banden op de wielen van de achterste assen zijn Michelin XS 24R20,5 (61 cm breed). Meer informatie is te vinden op <http://www.hovertrack.nl/>.

De Michelin XS 24R20,5 band wordt vaak gebruikt in combinatie met een drukwisselsysteem. Deze band is eigenlijk een vrachtwagenband die volgens opgave van de fabrikant bij drukken vanaf 280 kPa gebruikt mag worden. Echter, in de praktijk blijkt de band ook met lage druk gebruikt te kunnen worden, uiteraard met aangepaste lasten. Op voertuigen met een drukwisselsysteem is de band populair en wordt dan in het veld vaak met een druk van rond de 100 kPa gebruikt. Op de trekker-opleggercombinatie zal dit bij volle belasting echter niet gehaald worden.

5.2 Multipurpose trac-type voertuigen

Voor het uitrijden en inwerken van mest worden naast de getrokken tanks met inwerkwerktuigen ook zelfrijdende machines met brede banden ingezet. Meestal zijn hiervoor basisvoertuigen gemaakt en wordt afhankelijk van de wensen van de klant een opbouw opgemaakt. Omdat alleen binnen bepaalde data mest uitgereden mag worden is gezocht naar een bredere inzetbaarheid van deze kostbare zelfrijdende machines in de landbouw en het grondverzet. Afhankelijk van de haalbare bodemdrukken kunnen deze machines ook interessant zijn voor bodemvriendelijk oogsten. Fabrikanten/leveranciers van deze zelfrijdende voertuigen zijn bijvoorbeeld Vredo, Ag-Chem en Vervaet.

5.2.1 Vredo Trac

Door Vredo worden twee typen basisvoertuigen met verschillende opbouw mogelijkheden gemaakt. De voertuigen zijn eventueel ook te gebruiken als tractor voor ploegen, zaaien, maaien, etc. Voor deze werkzaamheden kan eventueel ook een fronthef en frontaftakas gemonteerd worden. De opbouw op het voertuig kan bestaan uit systemen voor verwerking van mest, een opvangbak voor een in de fronthef gemonteerde hakselaar, een universeel strooier of een kiepbak voor grondverzet c.q. transport van agrarische producten (Figuur 29). Technische gegevens van de machines zijn vermeld in Tabel 22.

Uit de informatie van de bandenleverancier blijkt dat geen van de gemonteerde banden gebruikt mogen worden beneden de 100 kPa. In de tabel staan vermeld de bandspanningen bij de maximaal toelaatbare belasting van het voertuig en voor 10 en 40 km per uur.

Om lagere bodemdrukken onder de VT2516 te realiseren zouden banden gemonteerd moeten worden die lager in druk mogen. Bij de diameter van de nu gebruikte banden zijn deze mogelijkheden zeer beperkt. Ook bij gebruik van banden met een grotere diameter zou een druk van 40 kPa alleen voor het lege voertuig (zonder opbouw) mogelijk zijn (bij 10 km/u) omdat het voertuig zelf 9100 kg weegt. Toenemende mogelijkheden zijn er bij 60 en 80 kPa.



Figuur 29. Vredo-trac ingezet bij de oogst van maïs (foto links, rijden in hondegang; foto rechts, 4 wielbesturing).

Tabel 22. Technische gegevens van de Vredo-Trac *).

	Type VT2516	Type VT3936
Motorvermogen (kW)	187	286
Besturing	2 wiel, 4 wiel, hondegang	2 wiel, 4 wiel, hondegang
Gewicht leeg (kg)	9100	12080
Draagvermogen chassis (kg)	16000	20000
Max. totaal gewicht	25100	32080
Banden	standaard 850/50R30.5 (Michelin CargoXBIB) optie	1050/50R32 (Michelin MechaXBIB) 800/65R32 (Michelin MechaXBIB)
Banddruk bij max totaal gewicht		
Standaardband	10 km/u 100 kPa 40 km/u 160 kPa	130 kPa max. 7500 kg bij 240 kPa
Optieband	10 km/u 40 km/u)	190 kPa max. 6300 kg bij 240 kPa

*) Gegevens banddruk ontleent aan specificaties genoemd in de Michelin Betriebsanleitung Landwirtschaftsreifen, Ausgabe 2007.

Veronderstellingen: 1) gelijke verdeling van het gewicht over de vier wielen; 2) 1050/50R32 band type MechaXBIB M28; 3) 800/65R32 band type MechaXBIB 172 A8.

5.2.2 Ag-Chem TerraGator

De TerraGator voertuigen zijn niet alleen ontwikkeld voor de landbouw. Ze worden ook ingezet bij boorinstallaties, kranen, bij transport over toendra's, enzovoort. Voor de agrarische sector de TerraGator gebruikt met opgebouwde mesttank, mestverspreider en kiepbakken of containers voor landbouwproducten. In combinatie met een dumperbak wordt de machine ingezet bij het grondverzet (Figuur 30). Voor een bredere toepassing wordt op het chassis ook wel een extra grote bak gebouwd voor bijvoorbeeld het transport van turf.

De TerraGator 2104 kan uitgerust worden met banden of rubber rupsen. Ook kan de machine geleverd worden met 91 cm brede tracks aan de achteras gecombineerd met 1050/50R32 banden aan de vooras (Figuur 31).

Technische informatie van de TerraGator 2104 met banden en rubber rupsen is weergegeven in Tabel 23. Bij de uitvoering met banden is bij de achteras een minimale banddruk van 160 kPa nodig bij 10 km/u. Bij de uitvoering met rupsen is het technisch mogelijk om de hoge lasten bij drukken ver beneden de 100 kPa af te steunen. In theorie zou met de machine met rupsen, indien gecombineerd met hondegang, een zeer bodemvriendelijke afvoer van producten in bijvoorbeeld een rijpadenteeltsysteem mogelijk zijn, door eenmalig belasten met zeer lage bodemdruk (40 tot 60 kPa).



Figuur 30. TerraGator op banden met universeel strooier (links) en op rupsen voor gebruik in het grondverzet (rechts).

Tabel 23. Bodemdruk gegevens van de TerraGator 2104.

	Met Michelin1050/50R32 banden *)		Met Ag-Chem Grecav 3,91-D2 tracks Breedte: 91,4 cm, Contactlengte: 192,5 cm	
Motor	300 pk (325 peak), 8.1 liter, 6-cylinder, turbocharged			
Gewichten (kg)	leeg	vol	leeg	vol
Vooras	8.780	12.480	11.030	14.900
Achteras	6.520	17.580	8.770	19.900
Totaal	15.300	30.060	19.800	34.800
	Benodigde minimale banddrukken (kPa)		Bodemdruk (kPa)	
Vooras	100 (40 km/u)	100 (10 km/u) 150 (40 km/u)	32	43
Achteras	100 (40 km/u)	160 (10 km/u) 190 (15 km/u) Max 7500 kg bij (40 km/u)	25	57

*) Gegevens over banddrukken zijn ontleend aan specificaties voor gebruik onder oogstmachines van de Michelin MegaXBIB M28 band (Betriebsanleitung Landwirtschaftsreifen, Ausgabe 2007).



Figuur 31. TerraGator met haakarm systeem en alleen op de achteras rupsen.

5.2.3 Vervaet Track Trike

Vervaet heeft op basis van de Hydro Trik en Hydro Trik US ook een Track Trike ontwikkeld (Figuur 32). Het frame met de rupsonderstellen en de cabine worden door Claas geleverd. De overige componenten worden ingekocht c.q. gefabriceerd en gemonteerd. Door de constructie als driewieler wordt de grond onder de gehele breedte van de machine bereiden. Het frame is geschikt voor diverse opbouwen zoals een kiepbak of een haakarmsysteem voor o.a. containers. De bodemdruk onder de tracks is 84 kPa bij een nuttige last van 28 ton (Tabel 24). De bandlast op de voorband (Michelin 1000/50R25) is volbeladen ca. 8200 kg. Bij 10 km/h moet de banddruk daarbij minimaal ongeveer 170 kPa zijn (Bron: Michelin Betriebsanleitung Landwirtschaftsreifen, Ausgabe 2007, voor type MegaXBIB T1).



Figuur 32. Vervaet Track Trike met rupsonderstel, grondbak en drukwisselsysteem voor de voorband.

Tabel 24. Technische gegevens Vervaet Track Trike

Track Trike Voertuig		Tracks	
Gewicht, vol:	40000 kg	Merk rups:	Claas-Caterpillar
Laadvermogen:	28000 kg	Draagvermogen:	20.000 kg per stuk
Eigen Gewicht:	12000 kg	Breedte:	90 cm
Motor:	Daf XE280 kW /380 PK	Lengte:	210 cm
Aandrijving:	Hydr./Mech.	Hoogte:	114 cm
Lengte:	9,15 m	Contactoppervlak:	18900 cm ² per stuk
Breedte:	3,20 m	Bodemdruk:	Leeg 34 kPa
Hoogte:	3,80 m		Geladen 84 kPa (met kiepbak)
Max.Snelheid:	30 km/u		

5.2.4 Dammann - trac

Dammann is van oorsprong een fabrikant van spuitmachines voor de gewasbescherming. Naast de getrokken uitvoeringen (waaronder ook een met een tandemonderstel) worden ook zelfrijdende uitvoeringen gebouwd. Grootste zelfrijder is een hydrostatisch aangedreven drie-asser met een tankinhoud van 8.000 of 10.000 liter. De besturing vindt plaats met alle drie de assen. Optioneel is een uitvoering waarbij de spoorbreedte al rijdende hydraulisch verstelbaar is van 1800 mm naar 2250 mm. De machine bestaat uit het trac deel en de opbouw, bestaande uit de tank, de spuitbomen, pompen, etc. De spuitopbouw is te demonteren. Door Dammann wordt ook een kunstmeststrooier als opbouwunit geleverd. De beschikbare ruimte zou ook gebruikt kunnen worden voor een laadbak. Totaal toelaatbare gewicht van de machine is 21000 kg en volgens de gegevens van de fabrikant wordt dit gewicht gelijk verdeeld over de 3 assen. De gebruikte banden zijn Continental 340/85R48. De bandspanning bij het maximum gewicht is 2,8 bar bij 10 km/uur, 3,0 bar bij 20 km/uur en 3,6 bar bij 40 km/uur. De machine biedt, gezien de opbouw mogelijkheden en de misschien aan te passen hydraulisch verstelbare spoorbreedte wellicht mogelijkheden voor o.a. de afvoer van producten bij het systeem van rijbanenteelt.

5.3 Rupsdumpers

Dumpers op rupsen worden gefabriceerd door o.a. Takeuchi, Morooka, Hitachi, Yanmar, Mitsubishi, Komatsu, Kubota en Scot-Track. In tegenstelling tot de beschreven voertuigen in de vorige paragraaf zijn de rupsdumpers special ontwikkeld voor de inzet van (grond)transport op zeer natte terreinen. Besturing van de dumpers vindt alleen plaats door het afremmen c.q. versnellen van een van de rupsen (schraken). De rupsonderstellen zijn bijna even lang als het voertuig. Hitachi levert ook rupsdumpers waarbij de bovenwagen op een draaikrans is geplaatst zoals bij een mobiele kraan. Hierdoor kan zijdelings van de rupsdumper gelost worden zonder dat eerst de hele dumper gedraaid hoeft te worden. In de agrarische sector wordt de rupsdumper wel ingezet tijdens de maïsoogst in een nat jaar of op percelen waar tractoren niet meer ingezet kunnen worden (Figuur 33). Een andere toepassing is de inzet bij de winning van veen. Het frame en de laadbak van een rupsdumper zijn berekend op het transport van zand, grond, puin, etc. Door het plaatsen van een opbouw op de bak kan de machine ingezet worden voor transport van grotere volumes landbouwproducten. Met rupsdumpers zijn er zeker mogelijkheden om bij de oogst de producten met zeer lage bodemdruk af te voeren. Mogelijke laadcapaciteiten zijn bijvoorbeeld 11 ton product bij een bodemdruk van 43 kPa (Tabel 25) en 15,5 ton product bij een bodemdruk van 44 kPa (Tabel 26).



Figuur 33. Enkele voorbeelden van de inzet van rupsdumpers.

Tabel 25. Technische gegevens Hitachi rups dumpers (rubber rupsen).

		Type		
		Eg40-R	EG70-R	EG110-R
Motor		Isuzu A-4BG1T	Isuzu CC-6BG1T	Isuzu AA-6HK1TC
Vermogen (kW)		73,6 bij 2000 rpm	132,6 bij 2200 rpm	183,9 bij 2000 rpm
Eigen gewicht (kg)		6200	10800	16100
Laadvermogen (kg)		4000	6500	11000
Bakinhoud (m ³)		1,55	2,20	4,06
Laadvermogen (m ³)		2,51	3,76	6,87
Breedte rupsen (cm)		50	70	80
Bodemdruk (kPa)	Leeg	23	20	26
	Geladen	38	32	43
Max. rijsnelheid (km/h)	laag	6	7	7
	hoog	11	10	10
Lengte (cm)		410	561	624
Breedte (cm)		221	269	320
Hoogte (cm)		243	301	317

Tabel 26. Technische gegevens Morooka rupsdumpers.

		Type		
		MST-1500VD	MST-2200VD	MST-3300VD
Motor		Mitsubishi 6D16-TE1	Hino K13D-F	Cummins N14-C400
Vermogen (kW)		150 bij 2700 rpm	173 bij 2200 rpm	294 bij 2100 rpm
Eigen gewicht (kg)		9200	13500	19000
Laadvermogen (kg)		6300	10000	15500
Bakinhoud (m ³)		2,7	3,5	5,6
Breedte rupsen (cm)		70	75	90
Bodemdruk (kPa)	Leeg	17	22	24
	Geladen	29	41	44
Max. rijsnelheid (km/h)	laag	7,6	8,0	7,0
	hoog	12,0	12,0	9,5
Lengte (cm)		530	597	626
Breedte (cm)		264	291	322
Hoogte (cm)		290	314	336

5.4 TUMOBA onderkruiper op rupsen

De Tumoba onderkruiper is een machine op rupsbanden die ontwikkeld is voor het vervoeren van trailers in het veld. Het rupsvoertuig met hefplateau wordt onder de wagen gereden en tilt de wagen van de grond. De rupsbanden worden aangepast aan de gevraagde toepassing van de klant. Deze machine is een oplossing voor het transporteren van trailers in het veld met lage bodemdruk, vooral toegepast in de vollegrondsgroententeelt. Tumoba te Barendrecht fabriceert ook rupsvoertuigen geheel volgens specificaties van de klant (<http://www.tumoba.nl>). De rijsnelheden die met de toegepaste rupsen gehaald worden zijn relatief laag voor de akkerbouw, maximaal 4,5 km/h.



Figuur 34. Transport van een trailer met de Tumoba onderkruiper.

5.5 Pistenvoertuigen

Pistenvoertuigen worden vaak pistenbully rupsvoertuigen genoemd omdat Pistenbully een bekende merknaam voor deze machines is; er zijn echter nog meer fabrikanten die deze machines bouwen. De machines zijn ontworpen voor het prepareren en verzorgen van ski-pistes en het ruimen van sneeuw. Door het gebruik van zeer brede rupsen bij een laag eigen voertuiggewicht is de bodemdruk zo extreem laag dat ze bovenop de sneeuw blijven lopen (Tabel 27). Ze worden ingezet op plaatsen waar wielvoertuigen of normale bulldozers niet kunnen komen of niet gewenst zijn in verband met de beschadigingen die deze voertuigen aanrichten aan de pistes. Door de zeer lage bodemdruk is de Pistenbully ook ontdekt door de civiele sector voor het transport over zeer drassige gronden of waar beschadiging van de bodem te allen tijde voorkomen dient te worden; de machines zijn echter licht geconstrueerd waardoor er beperkte aan- en opbouw mogelijkheden zijn voor werktuigen. Toepassingen zijn onder andere het schuiven van turf op nog zeer natte turfvelen, insectenbestrijding, mulchen of maaien in moeraslanden, kunstmest strooien in het vroege voorjaar en het egaliseren van steile taluds. De pistenvoertuigen worden meestal uitgerust met stalen of aluminium tracks, eventueel met rubber dwarsstrippen met ingevulcaniseerde harde stalen kern.



Figuur 35. Pistenbully in gebruik voor kunstmeststrooien en het bijeen schuiven van turf.

Tabel 27. Technische gegevens van Pistenbully rupsvoertuigen.

	Type	
	Canyon	100 All Season
Motor	Volkswagen TDI Diesel 1900 cc	Mercedes Benz OM 904 LA
Vermogen (kW)	75 bij 3200 rpm	130
Gewicht (kg)	2500 (met 82 cm tracks)	3250 (met tracks)
Maximum toelaatbaar gewicht	3700	
Laadvermogen platform (kg)	500	1850
Breedte (cm)	250 (met 82 cm tracks)	250 (bij 2,5 m frame)
	292 (met 103 cm tracks)	274 (bij 2,8 m frame)
Lengte (cm)	353	390
Hoogte (cm)	239	250
Bodemvrijheid (cm)	32	32
Afmeting laadplatform (cm)	113 x 150	162 x 192
Breedte rupsen (cm)	82, 103	
Bodemdruk (kPa / kg/cm ²)	4,6 / 0,0458	5,9 / 0,059
Max. rijsnelheid (km/h)	25	25
Accessoires (o.a.)	Front schuif, elektrische lier, personen cabine, verdichtingsbalk	Driepunts hefinrichting categorie II, front schuif, sneeuw blazer, personen cabine, diverse werktuigen voor civiele taken

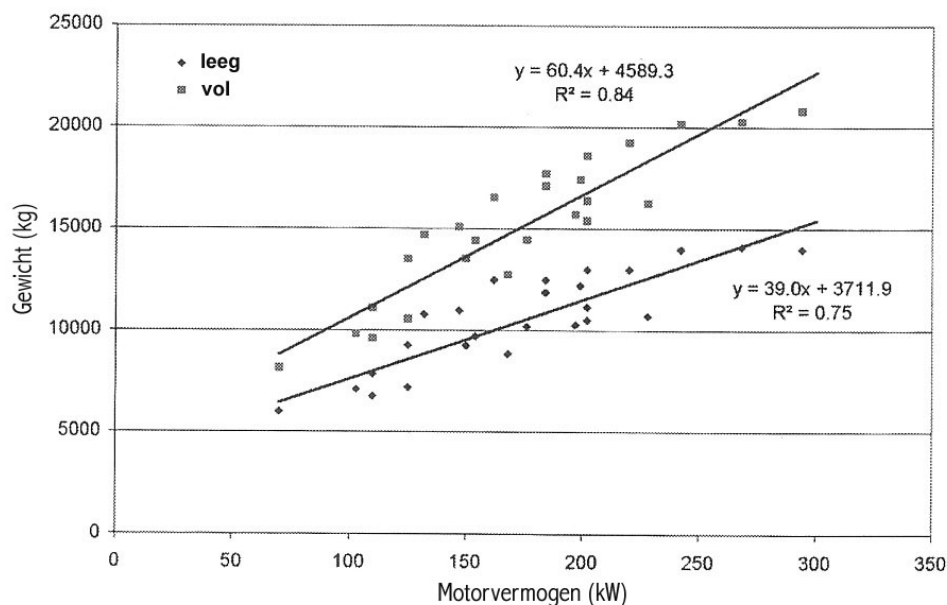
Het maximum laadvermogen dat men tegenkomt bij Pistebullys is ca 2200 kg. Er zijn geen andere merken of typen pistenvoertuigen gevonden die een voor de agrarische sector relevant laadvermogen hebben zodat ze ingezet zouden kunnen worden voor het transport van producten als aardappelen of bieten.

6. Zelfrijdende oogstmachines

De gangbare oogstmachines zijn niet berekend op werken bij banddrukken beneden de 1 bar. Hieronder is voor maaidorsers, veldhakselaars en bietenrooimachines weergegeven wat de huidige situatie is wat betreft minimaal benodigde banddrukken. Een aantal fabrikanten leveren oogstmachines met rupsonderstellen, meestal geplaatst onder de bunker. De bodemdrukken die hiermee bereikt kunnen worden, zonder wezenlijke veranderingen aan de machines zelf, staan beschreven in hoofdstuk 6.4.

6.1 Maaidorsers

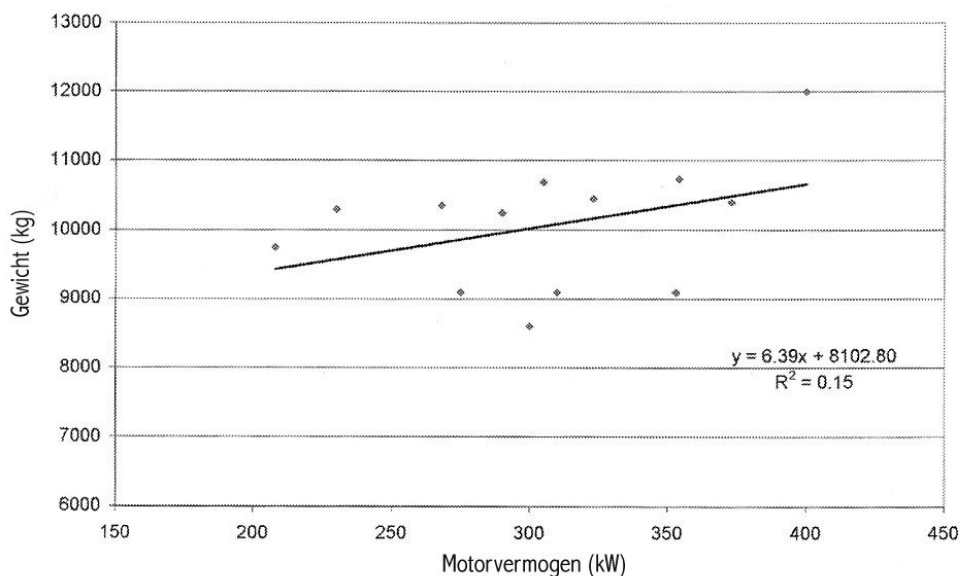
Een overzicht van fabrieksgegevens over totaalgewichten en banden van maaidorsers op de Duitse markt wordt gegeven door Weissbach (2002). Het totaalgewicht is sterk afhankelijk van de machinecapaciteit in termen van maaibordbreedte, graantankvolume en motorvermogen. Het totale machinegewicht, leeg en vol, is vermeld in Figuur 36. Het meeste gewicht (circa 75%) rust op de voorwielen. De voorwiellast van de grootste maaidorsers kan daarom tot 9,5 Mg bedragen. De bandkeuze wordt beperkt door de chassisbreedte en de totale machinebreedte. Er worden voornamelijk banden van 620 tot 690 mm breedte toegepast, die een bandspanning van ongeveer 380 kPa vereisen om in het veld 9,5 Mg te kunnen dragen.



Figuur 36. Totaalgewicht van maaidorsers in relatie tot het motorvermogen (bron: Weissbach, 2002).

6.2 Veldhakselaars

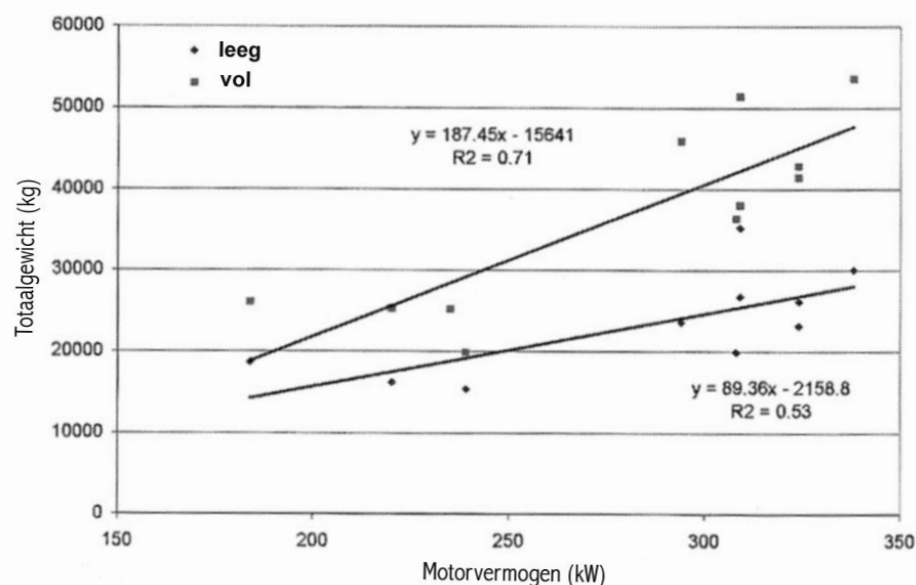
Het motorvermogen van veldhakselaars varieert tussen 200 en 400 kW (Weissbach, 2002). Het gewicht van de basismachine neemt slechts weinig toe met de toename van het motorvermogen. Het maïsvoorzetsstuk voegt echter veel gewicht toe aan de voorzijde van de machine dat moet worden geneutraliseerd met eveneens extra gewicht aan de achterzijde van de machine. Om goed bestuurbaar te zijn, moet 30% van het machinegewicht op de achteras rusten. Op die manier kan het totale machinegewicht 18 Mg bedragen en de voorwielbelasting 6.3 Mg. Ook voor veldhakselaars is de totale machinebreedte de beperkende factor voor de breedte van de banden die kunnen worden gemonteerd. Meestal worden 650/75R32-banden gebruikt, wat resulteert in een totale machinebreedte van 3 m. De minimaal vereiste bandenspanning van een veldhakselaar met maïsvoorzetsstuk is daarbij ongeveer 180 kPa in het veld en 290 kPa op de weg.



Figuur 37. Totaalgewicht van veldhakselaars in relatie tot het motorvermogen (bron: Weissbach, 2002).

6.3 Bietenrooimachines

Een overzicht van het totale gewicht van bietenrooimachines, leeg en vol, afhankelijk van motorvermogen (Weissbach, 2002) is weergegeven in Figuur 38. Tijdens een oogstdemonstratie in het Belgische Watervliet werden diverse oogstmachines gedemonstreerd met een totaalgewicht (vol) variërend tussen 28 en 59 Mg (Tabel 28, Van der Linden & Vandergeten, 1999). In Nederland wordt gewoonlijk gebruik gemaakt van zesrijige zelfrijdende bietenrooiers met een bunkerlaadvermogen tussen 9 en 27 Mg en een totaal gewicht (vol) tussen 28 en 46 Mg (Tijink, 2005). De rooimachines zijn voorzien van vier, vijf of zes banden. Belangrijk voor het verdichtingspotentieel van bietenrooimachines is de verdeling van het totale gewicht over de gemonteerde banden. Sommige rooimachines vertonen grote verschillen tussen de last per band en bij andere is de last goed verdeeld over alle wielen. Eveneens belangrijk voor het verdichtingspotentieel is dat bij sommige rooimachines het land slechts één keer met een band bereiden wordt (hondegang), wat het verdichtingsrisico vermindert. Afhankelijk van de bunkerinhoud, het aantal wielen en het ontwerp (gewichtsverdeling over de wielen) varieert de maximale wiellast tussen 9 en 13 Mg (Van der Linden & Vandergeten, 1999). De breedte van de banden op zesrijige bunkerrooiers varieert van 62 tot 105 cm. Afhankelijk van het machine-ontwerp varieert de aanbevolen bandenspanning (bij cyclische belasting in het veld) voor het wiel met maximale last tussen 140 en 290 kPa (Tijink, 2005). De hoogste wiellasten traden op bij vierwielige rooimachines die een relatief grote bunkerinhoud hebben. In de laatste jaren zijn ook negenrijige en twaalfrijige bunkerrooiers ontwikkeld. Om toch voldoende lengte te kunnen rooien zonder tussentijds de bunker te moeten lossen zijn bietenrooiers ontwikkeld met 6 wielen. De besturing wordt gedaan door alle 6 de wielen. Op de voorste 2 assen zijn de banden 800-70 x 38, 900/60R32 of 1050/50R32 gemonteerd. Op de achteras 800-65 x 32 of 900-60 x 32 of 1050/50R32. Zowel bij 6 rijige als de 9 en 12 rijige uitvoeringen zijn de achterwielen tegen elkaar aan gebouwd en lopen midden tussen de voorwielen. Hierdoor wordt de grond over de totale werkbreedte van de machine bereiden. Bij de 9 en 12 rijige uitvoeringen (werkbreedte 4,5 en 6 m) kan de voorste as hydraulische in-uitgeschoven worden zodat de bodem over een breedte van 4,2 tot 4,5 meter bereiden wordt. Gespecificeerde wiellasten van deze rooimachines zijn nog niet gepubliceerd.



Figuur 38. Totaalgewicht van bietenrooimachines in relatie tot het motorvermogen (bron: Weissbach, 2002).

Tabel 28. Gewichten en wiellasten van zes bietenrooimachines zoals gemeten tijdens een bietenrooidemonstratie in het Belgische Watervliet in 1999 (Van der Linden & Vandergeten, 1999) en de minimaal benodigde bandspanningen behorend bij deze wiellasten.

Machine	Vervet 17	Holmer Terra Dos	Riecam RBM 300-S	Ropa Euro Tiger	WKM Big Six	Kleine SF 40
Bruto voertuiggewicht (kN)	382	461	401	589	447	518
Voertuiggewicht, leeg (kN)	226	274	246	314	262	285
Bunkerlaadvermogen (kN)	156	188	155	275	185	233
Wiellast vol, links voor (kN)	114	104	109	101	83	75
Wiellast vol, rechts voor (kN)	114	99	124	94	64	73
Wiellast vol, links midden (kN)				109	76	93
Wiellast vol, rechts midden (kN)				117	65	79
Wiellast vol, links achter (kN)	77	129	76	84	92	92
Wiellast vol, rechts achter (kN)	77	130	93	84	68	107
Bandspanning, links voor (kPa)	255	225	240	215	165	175
Bandspanning, rechts voor (kPa)	255	210	290	195	95	165
Bandspanning, links midden (kPa)				205	140	140
Bandspanning, rechts midden (kPa)				220	165	85
Bandspanning, links achter (kPa)	150	265	140	170	185	135
Bandspanning, rechts achter (kPa)	150	270	190	170	110	195

6.4 Oogstmachines met rupsonderstellen

Een aantal fabrikanten van oogstmachines leveren momenteel ook rooimachines met rupsonderstellen, waarmee de bodemdruk zelfs bij grote bunkers terug kan en in de buurt van 1 bar of lager kan komen te liggen. Zonder in veel detail te treden wordt onderstaand voor een aantal fabrikanten van oogstmachines op rupsonderstellen nagegaan wat de bodemdrukken ongeveer zijn.

6.4.1 Claas combines

Claas levert de serie Lexion combines typen 560, 570, 580 en 600 zowel op banden als op rupsen. Het gewicht van de combines varieert van 14.500 kg voor het lichtste type tot ca 21.500 kg voor de grootste uitvoering op rupsen. Capaciteiten van de graantanks gaan van 10.500 tot 12.000 liter. De vooras van het grootste type (600) kan tot 28 ton belast worden. Bandmaten die voor deze typen combines gebruikt worden 650/75 R 32, 680/85 R 32, 710/75 R 32, 800/65 R 32, 30.5L R 32, 900/60 R 32, 1050/50 R 32 voor de vooras en 16,5/85-24, 500/70 R 24, 600/55-26,5 voor de achteras.

Het contactvlak van de rupsen voor bovenstaande combines is 2 keer 183 cm lang en 89 cm breed (totaal contactoppervlak 32574 cm²). Bij een maximale belasting van de vooras van 28 ton (Mg) bij de grootste combine geeft dit een contactdruk van 86 kPa. Het totaalgewicht van de kleinste combine met volle graantank is ca 22.500 kg. Bij een gewichtsverdeling van 75/25 % op voor- en achteras geeft dit een bodemdruk van ca 52 kPa. Door de Cranfield University in Silsoe is praktijkonderzoek gedaan naar "Soil Management and Profitability" van een Claas combine op banden of op rupsen. In het onderzoek is bekeken welke voorbanden het meest optimaal zijn voor de betreffende combine en welke combinatie van voor- en achterbanden het meest ideaal zijn. Vanuit de voorgaande onderzoeken is een vergelijking gemaakt tussen de ideale voorbanden en de combine op tracks en welke achterbanden het meest geschikt zijn in combinatie met de tracks. Hiervoor zijn o.a. penetrometer waarnemingen gedaan en zijn berekeningen uitgevoerd naar het benodigde vermogen om de verdichting die gemaakt is door een band of door een track, weer op te heffen.

Op andere merken combines kunnen ook tracks gemonteerd worden. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van de losse onderstellen zoals die geleverd worden door bijvoorbeeld Westtrack, Tidue of Soucy.

6.4.2 Grimme aardappel- en bietenrooiers

Grimme heeft twee zelfrijdende 4 rijige aardappelrooiers die uitgerust kunnen worden met een rubber rupsunits en een 6 rijige bietenrooier die standaard op rubber rupsen staat. De rupsonderstellen worden door Claas geleverd.

De aardappelrooier SF 3000 heeft op de achteras rupsen van 64 cm breed en 297 cm lang. Bij deze totale lengte is het contactvlak ca 183 cm lang. Het totaalgewicht van deze machine is 21,5 ton (met loofklapper 23,0 ton) waarvan 3,5 ton (met loofklapper 5,0 ton) op de vooras en 18,0 ton op de achteras. De rooier heeft geen bunker. De bodemdruk komt bij deze rooier op ca 77 kPa.

De aardappelrooier TECTRON 415 met 15 tons bunker heeft de rupsen op de vooras en op de achteras een wielstel dat tussen de rupsen loopt (banden 620/75R26, strak naast elkaar gebouwd), waardoor bijna de totale werkbreedte van de machine bereden wordt. De rupsen zijn 89 cm breed en 183 cm lang. Er is geen informatie bekend over de gewichtsverdeling van de machine.

De bietenrooier Maxtron 620 is een 6 rijige rooier met zoals bij (vrijwel) alle rooiers het ontbladerdeel en het rooierdeel vóór de wielen/rupsen. De rupsen zitten aan de vooras van de machine; de achterwielen zijn van de maat 900/60R32 en zijn tegen elkaar aan gemonteerd. Op deze wijze wordt de grond over de volledige werkbreedte van de machine bereden Omdat het rupsonderstel relatief laag is kunnen de bieten over de volle rooibreedte van de machine naar achteren worden geleid. Het opvoeren "over" het rupsonderstel gebeurt met een zeefketting en

reinigingsrollen. Daarna worden de bieten met een elevator naar een 22 tons (33 m^3) bunker getransporteerd. Het rupsonderstel is 89 cm breed en 297 cm lang (lengte contactvlak 183 cm). Ook voor de Maxtron 620 was geen informatie bekend over de gewichtsverdeling over voor- en achteras.

6.4.3 Vervaet bietenrooier

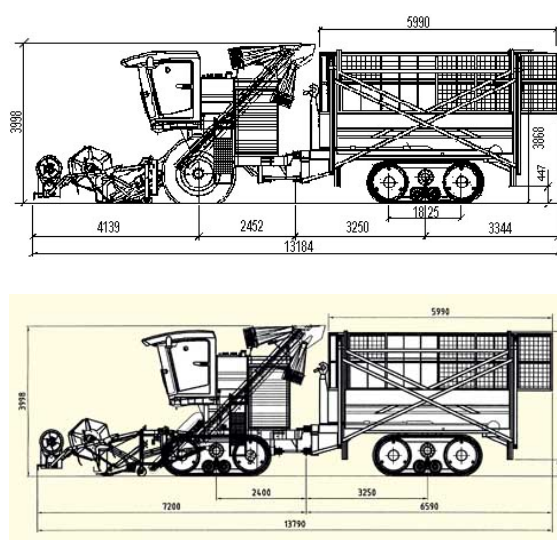
Door Vervaet kan de 6 rijige bietenrooier model beeteater 617 ook op rupsen geleverd worden. Eenmalig dienen er aan de rooier enkele modificaties te worden uitgevoerd om de rupsen te kunnen monteren. Daarna zijn de rupsen snel uitwisselbaar met wielen. De rupsen zijn bijna 80 cm breed en hebben een contactlengte van ruim 1,6 m. Het contactoppervlak komt daarmee op ongeveer 12500 cm^2 per rupswiel. Per rupswiel is de maximale belasting 10 ton. Bij deze maximale belasting is de bodemdruk 80 kPa. Bij toepassing van 92 cm brede rupsen is de bodemdruk 70 kPa. De rupsonderstellen die gemonteerd kunnen worden zijn van Westtrack.



Figuur 39. Vervaet bietenrooier met rubber rupsen.

6.4.4 Ploeger spinaziemaaiers

Bij de spinaziemaaiers met rupsonderstellen van Ploeger is het oogstdeel van de machine “gescheiden” van het deel waarin het te oogsten product verzameld wordt; de bunker/opvangbak wordt door een aparte lastdrager gedragen. Eén type (MKC 2TR) heeft alleen rupsonderstellen onder de bunker en een tweede type (MKC 4 TR) heeft ook rupsonderstellen onder het oogstdeel (Figuur 40). De vooras van de MKC-2TR heeft 1.05 m brede banden. De gebruikte rupsen hebben een contactvlak met de bodem met een lengte van 183 cm (h.o.h. loopwielen) en een breedte van 89 cm. Het contactoppervlak is dus $1,62 \text{ m}^2$. De rupsonderstellen worden door Claas geleverd en hebben dezelfde specificatie als bij de Claas combines. Beide typen machines maken gebruik van afzetcontainers. Het laadvermogen wordt bepaald door het formaat container dat wordt gebruikt en varieert van 8 tot 11 Mg. Voor een laadvermogen van 10 Mg zijn de voertuiggewichten, de lasten op de voor- en achteras, leeg en vol, en band- en bodemdrukken van beide machines weergegeven in Tabel 29.



Figuur 40. Ploeger MKC 2TR (boven) en MKC 4TR (onder) spinaziemaaiers met rupsonderstellen.

Tabel 29. Lasten, band- en bodemdrukken van de Ploeger spinaziemaaiers met een 10 Mg container.

	Type MKC-2TR	Type MKC-4TR
Voertuiggewicht leeg (kg)	23.060	25.720
Voertuiggewicht vol (kg)	33.060	35.720
Vooraslast leeg (kg)	11.080	15.480
Vooraslast vol (kg)	9.541	12.658
Achteraslast leeg (kg)	11.980	10.240
Achteraslast vol (kg)	23.519	23.061
Benodigde banddruk (leeg) (kPa)	60 (10 km/u) ; 100 (25 km/u)	-
Bodemdruk rupsen vooras leeg (kPa)	-	48
Bodemdruk rupsen vooras vol (kPa)	-	39
Bodemdruk rupsen achteras leeg (kPa)	37	32
Bodemdruk rupsen achteras vol (kPa)	72	71

7. Samenvatting en conclusies

Innovatie voor een duurzaam bodembeheer in de open teelten is nodig voor verbetering van gewasopbrengsten, het bedrijfsrendement en onze leefomgeving (waterberging, schoon grond- en oppervlaktewater, gasvormige emissies).

Een aantal biologische telers is recent overgegaan op een teeltsysteem met vaste rijpaden en daartussen brede, onbereden teeltbedden. Aangetoond is dat hierdoor een goede bodemstructuur in het groeiseizoen en andere voordelen gerealiseerd kunnen worden (Vermeulen *et al*, 2007). Echter, tijdens de oogst en het ploegen wordt nog gewoon over het land gereden. Als ook de oogst bodemvriendelijker uitgevoerd zou worden zijn verdere verbeteringen van de bodemstructuur (langere termijn structuurvorming) te verwachten. Mogelijk is ploegen dan vaak niet meer nodig. Minder intensief grondbewerken betekent o.a. besparing op kosten en energie.

Oogst en afvoer van producten via de vaste rijpaden is zowel technisch als economisch een uitdaging. Een alternatief voor oogst via de rijpaden is om oogstmachines en wagens met een zeer lage bodemdruk toe te passen, dat wil zeggen dat de totale last van machine plus product op een relatief groot grondoppervlak afgesteund wordt, op de teeltbedden plus rijpaden. Onderzoek is gaande naar welke gronddruk (en banddruk) onder verschillende bodemomstandigheden nog toelaatbaar is om schade aan de bodemstructuur te voorkomen. Anticiperend op de uitkomsten hiervan is de doelstelling van het voorliggende rapport om te inventariseren wat momenteel de technische mogelijkheden zijn om een lage gronddruk bij oogst en transport te realiseren. Voor de inventarisatie is uitgebreid gezocht op internet en werd informatie bij fabrikanten opgevraagd.

Om lage bodemdrukken met banden te bereiken is gekeken naar de relatie tussen afmetingen van de band, banddruk en draagvermogen. Hierbij is er van uitgegaan dat bij landbouwbanden een lage banddruk tevens een lage druk op de bodem betekent. Bij banddrukken van respectievelijk 40, 50, 60 en 80 kPa kunnen banden gemiddeld 1,5, 2,1, 2,4 en 2,7 Mg per m² inbouwruimte (de projectie van de band op de bodem) dragen bij snelheden tot 40 km/uur. Ruwweg 40% hogere draagvermogens zijn maximaal mogelijk als o.a. de snelheid beperkt wordt tot 10 km per uur en er alleen in het veld gereden wordt (Tabel 30). Vaak is dan een drukwisselsysteem nodig.

Tabel 30. Gemiddelde en range van het draagvermogen (in Mg) per m² inbouwruimte (projectie op de bodem) van trekkerbanden, wagenbanden, afhankelijk van banddruk en rijnsnelheid, volgens fabrieksspecificatie.

	Banddruk			
	40 kPa	50 kPa	60 kPa	80 kPa
Trekkerbanden 30 of 40 km/uur	1,5 (0,8 – 2,1)		2,4 (1,4 – 2,9)	2,7 (1,9 – 3,2)
Trekkerbanden 10 km/uur	2,7 (1,9 – 3,4)		3,1 (2,4 – 3,7)	3,6 (2,9 – 4,2)
Wagenbanden 30 of 40 km/uur		2,1 (1,7 – 3,2)	3,4	2,9 (2,1 – 3,6)
Wagenbanden 10 km/uur		3,0 (2,2 – 4,5)	4,8	3,6 (2,8 – 4,3)

Als op een as van 3 meter breedte zoveel mogelijk (grote) banden geplaatst worden kan de as maximaal 9,7 Mg bij 40 kPa, 14,0 Mg bij 60 kPa en 15,6 Mg bij 80 kPa banddruk dragen bij snelheden tot 40 km/uur. Toegepast op een wagen met 2 assen en rekening houdend met het eigen gewicht van de wagen is berekend dat de nuttige last dan maximaal 11,2 Mg bij 40 kPa, 18,7 Mg bij 60 kPa en 21,9 Mg bij 80 kPa banddruk kan zijn. Bij maximaal 10 km/uur zijn de berekende nuttige lasten 21,6, 26,2 en 31,1 Mg bij respectievelijk 40, 60 en 80 kPa banddruk.

Niet alleen de bodemdruk is bepalend voor het verdichtingseffect; herhaald berijden is ook ongunstig. Verstelbare spoorbreedte en rijden in hondegang zijn mogelijkheden om herhaald berijden te voorkomen.

Rupswielen met stalen rupsen kunnen relatief hoge lasten dragen, kunnen een hoge trekkracht leveren en zijn uitermate geschikt voor inzet op weinig draagkrachtig en ruw terrein. Van oudsher worden deze rupswielen met stalen kettingen gebruikt in het grondverzet, in de mijnbouw, voor militaire voertuigen en voor speciale toepassingen in de landbouw (rupstrekkingen). De grootste nadelen voor de landbouw waren de beperkt mogelijke rijnsnelheid en het feit dat met de stalen rupswielen niet over de openbare weg gereden mag worden. Sinds ca. 1985 worden in toenemende mate rubber rupswielen gebruikt, zonder de problemen van lage rijnsnelheid en minder problemen met transport over de weg. Rubber rupswielen worden gebruikt voor vele toepassingen, zowel voor montage op standaard rupstrekkingen en transportonderstellen, maar ook ter vervanging van wielen met banden op bestaande trekkers en machines of voor ombouw van wielen met banden tot halftracks.

Bij aanname dat van de projectie van een rupswiel gemiddeld 10% niet bestaat uit contactvlak met de grond, is het draagvermogen per m² inbouwruimte voor rupswielen respectievelijk 3,6, 5,4 en 7,2 Mg bij bodemdrukken van 40, 60 en 80 kPa. Vergeleken met banden zijn deze draagvermogens een factor twee tot drie hoger. Dat wil zeggen dat rupswielen bij dezelfde inbouwruimte en bodemdruk veel meer kunnen dragen dan wielen met banden.

Voor rubber rupswielen geldt een maximale belasting die veroorzaakt wordt door de sterkte van de componenten en de constructie. Bij omrekening van de maximaal toelaatbare belasting naar gemiddelde bodemdruk blijkt dat deze maximaal 110 kPa is voor rubber rupswielen die een relatief hoge belasting mogen hebben. Rubber rupswielen zijn daarom bij technisch verantwoorde toepassing altijd als relatief bodemvriendelijk te beschouwen, vergeleken met banden.

Veel voorbeelden van machines, al dan niet met mogelijkheden om een relatief lage bodemdruk in de praktijk te bereiken, zijn in dit rapport besproken als alternatief voor oogst en transport vanaf vaste rijpaden. Als algemene conclusie geldt dat zeer lage gemiddelde bodemdrukken bij oogst en transport van landbouwproducten alleen praktisch mogelijk zijn bij toepassing van rubber rupswielen, dat wil zeggen bij de grote machinecapaciteiten die momenteel nodig zijn om efficiënt te kunnen werken.

Referenties

Hattum, B. van, 2005.

1 Bar meestal onmogelijk. Sleepslangbemester bodemvriendelijkst. De Boerderij 90 (16): 16-21.

Tijink, F.G.J., 2005.

Personal communication.

Van der Linden, J.P. & Vandergeten, J.-P., 1999.

Aandacht voor rooiwerk bespaart tot 200 gulden per hectare. Een terugblik op de rooidemonstratie in het Belgische Watervliet. CSM-informatie No 521, december 1999. pp 10-12.

Vermeulen, G.D. & J.J. Klooster, 1992a.

The potential of a low ground pressure traffic system to reduce soil compaction on a clayey loam soil. Soil & Tillage Res. 24: 337-358.

Vermeulen, G.D. & J.J. Klooster, 1992b.

Bodem bezwaard; Over de grote invloed van bodembelasting in het voorjaar op de opbrengst. Landbouwmecanisatie 43(2): 58-60 (In Dutch language).

Vermeulen, G.D., J. Mosquera, C. van der Wel, A. van der Klooster & J.W. Steenhuizen, 2007.

Potential of controlled traffic farming with automatic guidance on an organic farm in the Netherlands. In: Stafford, J.V. (Ed.) Precision Agriculture '07. Papers presented at the 6th European Conference on Precision Agriculture, 3-6th June 2007, Skiathos, Greece, Wageningen Academic Publishers, the Netherlands p. 473-482

Weissbach, M., 2002.

Landtechnische Untersuchungen zur Wirkung bodenschonender Fahrwerke an Scheppern und Arbeitsmaschinen mit verschiedenen Radlasten. Habilitationsschrift, Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 210 pp.

Geraadpleegde websites op internet

<http://www.asvi.com>

<http://www.ati-tracks.com/>

<http://www.cat.com/cda/layout?m=37681&x=7>

<http://www.cgs-tyres.com/Continental-EN.136.0.html>

<http://www.challenger-ag.com>

<http://www.claas.de>

<http://www.dammann-technik.de>

<http://www.ejectsystems.com>

<http://www.firestoneag.com>

<http://www.goodyear.ca/tires/farm/>

<http://www.harain.de>

<http://www.hovertrack.nl>

<http://www.jm-inc.com>

<http://www.michelinag.com>

<http://www.morooka.com>

<http://www.omnitrac.com>

<http://www.puddingsworld.com>

<http://www.katvpb.com/>

http://www.vapo.fi/eng/peat_machines/?id=881

<http://www.ploeger.com>

<http://www.raiselift.fi>

<http://www.sheltonsdrainage.com>

<http://www.soucy-track.com>

<http://www.suokone.com>

<http://www.tidue.com>

<http://www.trelleborg.com>

<http://www.verhoevenbv.nl/>

<http://www.vervaet.nl/>

<http://www.westtrack.nl/>