

NN31545.1154.

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

PRESTATIES VAN DIEPPLOEGEN BIJ HET OPploegen
VAN (AF TE SCHUIVEN) ONDERGROND
(RESULTATEN 1979)

G.H. Horst

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

15N 119493-03

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. THEORIE EN METHODE	2
2.1. Prestatie-bepalende factoren	2
2.2. Invloed perceelsvorm	4
2.3. Kwaliteit van het werk	6
3. RESULTATEN	9
3.1. Tijdstudie	9
3.2. Kwalitatieve aspecten	14
3.3. Verschralingsgraad	15
4. BEREKENING PRODUKTIE NORMEN	18
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	20
LITERATUUR	22

1. INLEIDING

Bij het maken van begrotingen van grondwerk is inzicht nodig in de capaciteit van de in te zetten werktuigen, de kosten van deze werktuigen per tijdseenheid en de omvang van het werk.

De omvang van het grondwerk is af te leiden uit het bestek.

Voor de kosten van werktuigen gelden de zogenaamde 'Nivag'-normen. De capaciteit van de werktuigen (in m^3 of m^2 per tijdseenheid) worden verkregen door tijdwaarneming en eventueel nacalculatie (1).

Onderzoek naar prestaties van werktuigen op cultuurtechnische werken zijn verricht door (2) en (3). Door (3) werden de prestatienormen regelmatig bijgesteld, zodra technische ontwikkelingen van evidente invloed waren op de prestaties. Op het moment gebeurt dit echter niet meer op grote schaal, met als gevolg, dat een aantal normen verouderd zijn.

Op verzoek van de Landinrichtingsdienst is een onderzoek ingesteld naar onder meer de prestaties van diepploegen bij het opploegen van (af te schuiven) ondergrond.

Voor de realisering van perceelsvergroting wordt in Nederland jaarlijks gemiddeld ca. 1600 ha gediëpploegd om de hiervoor benodigde (onder-)grond te verkrijgen (LANDINRICHTINGSDIENST, 1968 t/m 1973). De opgeploegde ondergrond wordt met een bulldozer of kilver naar de plaats van bestemming geschoven.

Het onderzoek naar de prestaties van diepploegen voor het opploegen van (af te schuiven) ondergrond is gestart in mei 1979 en is uitgevoerd in het besteksgebied 'Hantum-Aalzum' in de ruilverkaveling Oost- en West-Dongeradeel.

In het onderzoek zijn een vijftal diepploegcombinaties betrokken geweest, te weten:

een John Deere 8630 (205 KW) met diepploeg (max. ploegdiepte \pm 1,00 m)
een John Deere 9630 (205 KW) met diepploeg (max. ploegdiepte \pm 0,90 m)
een John Deere 8430 (160 KW) met diepploeg (max. ploegdiepte \pm 0,90 m)
een Muir Hill 171 (132 KW) met diepploeg (max. ploegdiepte \pm 0,90 m)
een Muir Hill 171 (132 KW) met diepploeg (max. ploegdiepte \pm 0,70 m)

De diepteregeling van de diepploegen geschiedde in alle gevallen met behulp van een laserplane-installatie, welke semi-automatisch werkte, dat wil zeggen, dat er in de chauffeurscabine een lampjes-unit gemonteerd is, aan de hand waarvan de chauffeur de ploegdiepte kan controleren en/of bijstellen.

2. THEORIE EN METHODE

2.1. P r e s t a t i e - b e p a l e n d e f a c t o r e n

De prestatie van diepploegen is de oppervlakte grond, die per tijdseenheid wordt geploegd.

De werkfasen, die hierbij te onderscheiden zijn, zijn:

- inzetten : onder inzetten wordt de tijdsperiode verstaan tussen het moment, waarop de chauffeur de ploeg laat zakken en het moment, waarop de ploeg op ploegdiepte is;
- Ploegen : dit is het eigenlijke werk en de tijd, die hieraan besteed wordt (incl. inzetten en heffen), is dan ook de netto ploegtijd.
Bij het ploegen is nog weer onderscheid gemaakt tussen rondgaand en ophalend ploegen.
Bij rondgaand ploegen wordt zowel op de heen- als de terugweg een voor geploegd.
Bij ophalend ploegen daarentegen worden heen geploegd en terug gereden (bijvoorbeeld op de wendakkers);
- ploegbreedte: de ploegbreedte is de breedte van de moot grond, die per werkgang wordt geploegd;
- heffen : onder heffen wordt de tijdsduur verstaan tussen het moment, waarop de ploeg wordt opgehaald en het moment, waarop deze volledig uit de grond is;

- keren : dit is het transport vanaf het eind van de geploegde voor naar het begin van de volgende te ploegen voor.

We definiëren nu een ploegcyclustijd als de tijd die nodig is om een voor te ploegen en vervolgens te rijden naar het begin van de volgende te ploegen voor. De cyclustijd voor rondgaand ploegen kan als volgt berekend worden:

$$T_p = \frac{L}{V_p} + \frac{L_k}{V_k} \quad (1)$$

voor ophalend ploegen geldt dan:

$$T_o = \frac{B_w}{V_o} + \frac{B_w}{V_t}$$

hierin is:

T_p - cyclustijd (rondgaand) ploegen	(uur)
T_o - cyclustijd ophalend ploegen	(uur)
L - gemiddelde lengte van de voren	(m)
B_w - gemiddelde lengte wendakkers	(m)
L_k - keerafstand over wendakkers	(m)
V_p - snelheid (rondgaand) ploegen	(m/uur)
V_k - snelheid keren	(m/uur)
V_o - snelheid ophalend ploegen	(m/uur)
V_t - snelheid terugrijden	(m/uur)

De oppervlakte grond, die in deze tijd geploegd is, is gelijk aan $P_b \times L$ respectievelijk $P_b \times B_w$, zodat de netto-productie berekend kan worden met (P_b : ploegbreedte)

$$q_p = \frac{P_b \times L}{T_p} \quad \text{voor rondgaand ploegen en}$$

$$q_o = \frac{P_b \times B_w}{T_o} \quad \text{voor ophalend ploegen}$$

Wordt nu de ploeg cyclustijd gesubstitueerd door 1 respectievelijk 2, dan geldt:

$$q_p = \frac{Pb \times L}{\frac{L}{Vp} + \frac{Lk}{Vk}} \quad (3)$$

en:

$$q_o = \frac{Pb \times Bw}{\frac{Bw}{Vo} + \frac{Bw}{Vt}} = \frac{Pb}{\frac{1}{Vo} + \frac{1}{Vt}} \quad (4)$$

hierin is:

q_p - netto-produktie rondgaand ploegen in ha/uur

q_o - netto produktie ophalend ploegen in ha/uur

Pb - werkbreedte per ploeggang in m in ha/uur

Noemen we het oppervlak dat rondgaand wordt geploegd A en het oppervlak dat ophalend wordt geploegd B, dan is de produktie:

$$q_{tot} = \frac{A q_p + B q_o}{A + B}$$

Bij substitutie van q_p en q_o door respectievelijk 3 en 4, krijgen we:

$$q_{tot} = \frac{A \frac{Pb \times L}{\frac{L}{Vp} + \frac{Lk}{Vk}} + B \frac{Pb}{\frac{1}{Vo} + \frac{1}{Vt}}}{A + B} \quad (5)$$

2.2. Invloed perceelsvorm

De netto produktie van het ploegwerk wordt mede beïnvloed door de vorm van het te ploegen perceel. Hoewel niet het eigenlijke ploegen, maar meer het keren wordt beïnvloed door de perceelsvorm, kan de ploegproduktie per perceelsvorm, afgezien nog van het ploeginzicht van de chauffeur, aanzienlijk variëren. Wel kan het gedeelte van het perceel, dat ophalend geploegd moet worden, c.q. geploegd wordt, aanzienlijk oplopen bij een ongunstige perceelsvorm. Doch in de meeste gevallen zal er op een zodanige wijze geploegd worden, dat er vrijwel uitsluitend (uitgezonderd de wendakkers) rondgaand geploegd kan worden. Aan de andere kant kan opgemerkt worden, dat de percelen, die gediepploegd worden ten behoeve van perceelsvergroting en/of

egalisatie in de regel kruinige percelen zijn, zodat de wendakkers en/of perceelskanten veelal niet geploegd behoeven te worden, zodat de invloed van de perceelsvorm hierdoor weer enigszins geëlimineerd wordt.

Aangezien de perceelsvorm vrijwel alleen van invloed is op het keren, zal aan de hand van fig. 1 de invloed van de perceelsvorm op het keren bepaald worden.

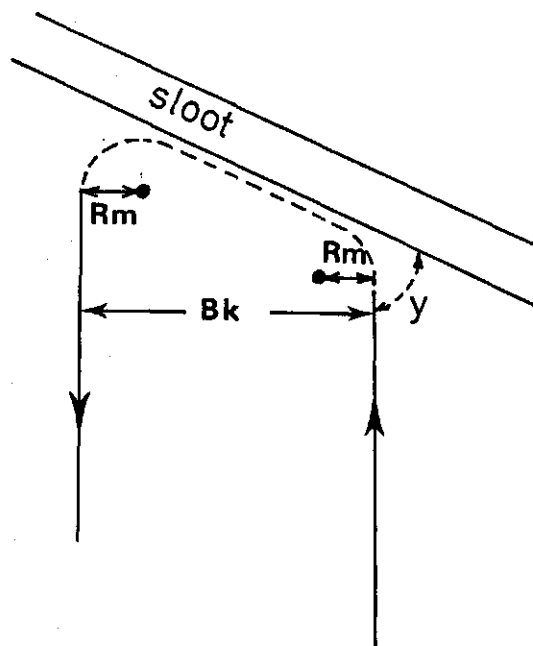


Fig. 1. Definitieschets bij vergelijking 11.

R_m - straal draaicirkel tractor

B_k - afstand tussen ploegvoren

→ - ploegvoor en ploegrichting

---- - keerroute

De keerafstand is derhalve:

$$L_k = \frac{180 - y}{360} 2\pi R_m + \frac{y}{360} 2\pi R_m + \frac{B_k - 2R_m}{\sin y}$$

$$L_k = \pi R_m + \frac{B_k - 2R_m}{\sin y}$$

waarin: L_k = de keerafstand over de wendakkers in m

y = de hoek tussen de beweringsrichting en de perceelskant

Wordt nu in plaats van de breedte van de werkstrook de gemiddelde breedte ervan ingevoerd, dan wordt de gemiddelde keerafstand gevonden, waarmede de produktie bepaald kan worden.

2.3. K w a l i t e i t v a n h e t w e r k

Bij het diepploegen komt de naar boven geploegde ondergrond op de niet vlak liggende ondergeploegde bouwvoor te liggen (zie fig. 2). De ondergeploegde bouwvoor wordt weer enigszins afgevlakt, wanneer er met een trekkerwiel tijdens ploegen over wordt gereden.

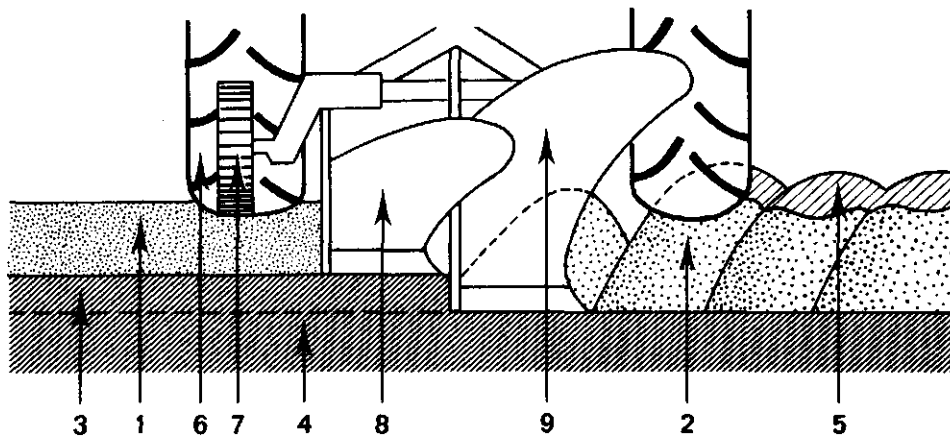


Fig. 2. Schematisch overzicht werkwijze bovenploegen ondergrond

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1 = vaste bouwvoor | 6 = achterwieltrekker |
| 2 = losse bouwvoor | 7 = steunwiel bouwvoorploeg |
| 3 = vaste ondergrond | 8 = bouwvoorploeg |
| 4 = idem | 9 = ondergrondploeg |
| 5 = losse ondergrond | |

Hoewel er naar gestreefd wordt de oorspronkelijke bouwvoor te handhaven, zal er bij het afschuiven vaak een gedeelte van de bouwvoor worden meegenomen, terwijl iets ondergrond achterblijft; de

'toppen' van de ondergeploegde bouwvoor worden weggeschoven, terwijl de 'dalen' opgevuld blijven met ondergrond. Hierdoor ontstaat een verschraling van de bouwvoor en wel meer naarmate de 'toppen' hoger en de 'dalen' dieper zijn.

Door (4) zijn modellen opgesteld voor de bepaling van de verschralingsgraad voor de gevallen als in fig. 3 zijn weergegeven. De verschralingsgraad wordt als volgt bepaald:

$$V = \frac{2\beta}{1 - \gamma + 2\beta} \quad \beta > 1/2 \gamma \quad (\text{fig. 3c})$$

$$V = \frac{(\gamma + 2\beta)^2}{4\gamma(2 - \gamma + 2\beta)} \quad - 1/2 \gamma < \beta < 1/2 \gamma \quad (\text{fig. 3a en b})$$

$$V = \quad (\gamma - 1) < \beta < - 1/2 \gamma \quad (\text{fig. 3d})$$

waarin: V = verschralingsgraad

$$\gamma = \frac{H1 - H2}{H1} \quad \text{en} \quad \beta = \frac{\Delta H}{H1}$$

H1 = grootste dikte bouwvoor

H2 = geringste dikte bouwvoor

ΔH = afwijking ten opzichte van gewenste maaiveldshoogte

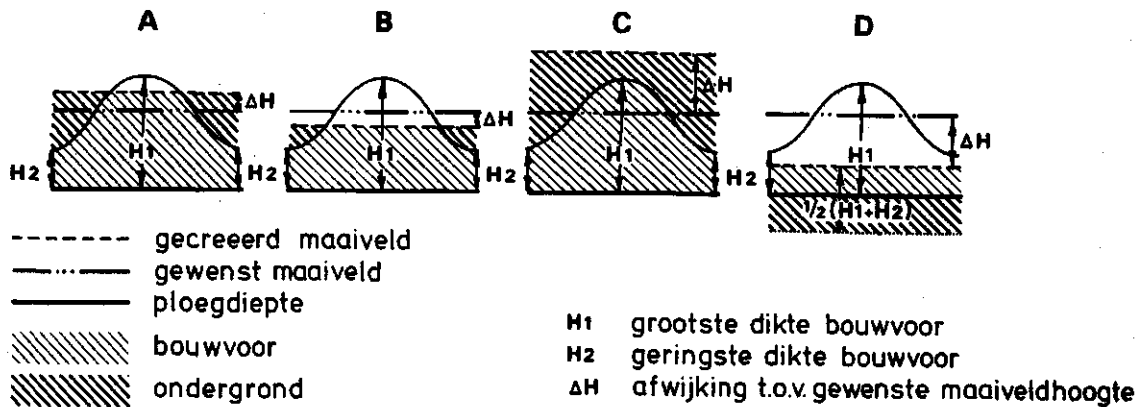


Fig. 3. Doorsnede van het ploegwerk, loodrecht op de ploegrichting
a, c te weinig afgeschoven respectievelijk te diep geploegd
b, d te veel geschoven respectievelijk te ondiep geploegd

In de vergelijkingen is $V = 0$ indien het percentage ondergrond in de nieuwe bouwvoor 0 bedraagt en $V = 1$ indien de nieuwe bouwvoor uitsluitend uit ondergrond bestaat.

Naast verschraling tengevolge van te diep ploegen, te ondiep ploegen en/of te weinig afschuiven of teveel afschuiven kan er ook nog verschraling optreden doordat te breed wordt gereden of doordat de ploeg te breed is afgesteld (fig. 4).

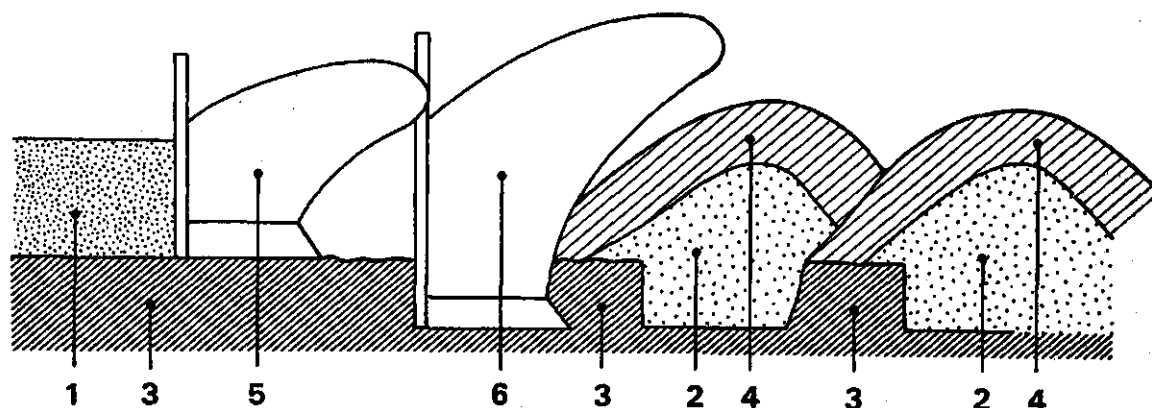


Fig. 4. Schematische weergaven ploegwijze bij te breed rijden en/of een te breed afgestelde ploeg

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1 = vaste bouwvoor | 4 = losse ondergrond |
| 2 = losse bouwvoor | 5 = bouwvoorploeg |
| 3 = vaste ondergrond | 6 = ondergrondploeg |

Bij te breed rijden en/of een te breed afgestelde ploeg (de juiste ploegbreedte van de ploeg wordt bepaald door de snijbreedte van het rister) zal er tussen de voren van de ondergrondploeg een moot vaste ondergrond blijven zitten (zie fig. 4). De mate waarin dit geschiedt is afhankelijk van het verschil tussen de gerealiseerde ploegbreedte en de standaard ploegbreedte (snijbreedte van het rister).

Er wordt aangenomen dat: zowel de open voor die met de ondergrondploeg is gemaakt, als de grondmoot die tussen de voren blijft staan door te breed ploegen, op de dwarsdoorsnede rechthoekig van vorm is. Voorts wordt aangenomen dat het volumegewicht van de bovengrond gelijk is aan die van de ondergrond en dat de dikte van de

oorspronkelijke bouwvoor gehandhaafd blijft. De verschrallingsgraad na het ploegen c.q. schuiven is dan gelijk aan de verhouding tussen de oppervlakte ondergrond in de nieuwe bouwvoor en de totale oppervlakte van de doorsnede van de nieuw ontstane bouwvoor.

De verschrallingsgraad V , ofwel de fractie ondergrond in de nieuwe bouwvoor, tengevolge van te breed rijden en/of een te breed afgestelde ploeg, kan als volgt berekend worden (fig. 5):

$$\text{voor } P_2 - P_1 < P_1 \text{ geldt: } V = \frac{(P_2 - P_1)(P_b - p_b^1)}{P_b \times P_1}, \text{ en}$$

$$\text{voor } P_2 - P_1 > P_1 \text{ geldt: } V = \frac{P_b - P_b^1}{P_b}$$

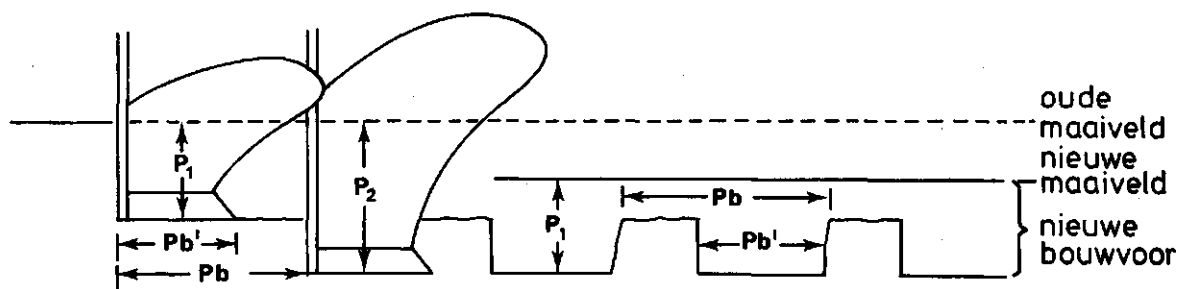


Fig. 5. Doorsnede van het ploegwerk, loodrecht op de ploegrichting

P_1 = werkdiepte bouwvoorploeg

P_2 = werkdiepte ondergrondploeg

P_b = gerealiseerde ploegbreedte

P_b^1 = standaard ploegbreedte

3. RESULTATEN

3.1. T i j d s t u d i e

Tijdens de verrichte detailwaarnemingen is de tijdsduur van vrijwel alle te onderscheiden werkonderdelen afzonderlijk gemeten. Voorts is tijdens deze waarnemingen de werkbreedte gemeten.

De geploegde oppervlakte is naderhand bepaald door de lengte van de ploegvoren op te meten.

Tabel 1. Resultaten detailwaarnemingen

Perceelnummer	Inzetten in cm/in	Ploegen incl. heffen in cm/in	Ploegafstand in m	Keren in cm/in	Werkstrookbreedte in m	Y in °	Keerfstand in m bij Keerf	Keerwiel in km/uur	Ploegen incl. in cm/in	Heffen in cm/in	Ploegafstand in m	Keren in cm/in	Werkstrookbreedte in m	Y in °	Keerfstand in m bij Tm5	Keerwiel in km/uur	Gemiddelde verbruikte in m	Maximale ploegdiepte in m	Gemiddelde ploegwiel in m	Netto productie in ha/uur	q _p	
																						Vt
Rondegaand ploegen:																						
Muir Hill 171 (ploeg 0,70 m)	3,75	193,00	161	23,50	18	54°	25,60	6,536	216,88	2,63	168	21,63	18	75°	23,99	6,655	0,60	± 0,62	4,742	± 0,28		
Muir Hill 171 (ploeg 0,70 m)	4,33	195,78	204	32,33	20	72°	26,22	4,866	219,44	3,44	210	24,89	20	90°	25,71	6,198	0,71	± 0,52	5,872	± 0,32		
Muir Hill 171 (ploeg 0,70 m)	4,33	79,11	100	51,44	40	47°	56,73	6,617	53,44	3,67	60	32,50	40	90°	45,71	8,439	0,60	± 0,65	6,830	± 0,41		
Muir Hill 171 (ploeg 0,90 m)	4,60	150,20	214	27,29	15	30°	25,71	5,653	134,30	1,80	189	13,30	15	80°	20,88	9,420	0,65	± 0,53	8,312	± 0,34		
John Deere 8630 (ploeg 0,90 m)	70,40		74	47,50	20	57°	27,63	3,290	61,50		61	26,25	20	90°	25,71	5,877	n.o.g.	-	6,141	± 0,40		
John Deere 8630 (ploeg 0,90 m)	4,00	167,80	215	24,20	20	72°	26,22	5,520	173,67	3,67	222	24,50	20	90°	25,71	6,145	0,60	± 0,59	7,510	± 0,45		
John Deere 8630 (ploeg 0,90 m)	4,78	129,67	148	20,25	15	84°	20,74	9,631	130,25	3,38	150	20,50	15	75°	20,89	6,296	0,64	± 0,65	6,670	± 0,43		
John Deere 8630 (ploeg 0,90 m)	4,00	121,60	134	30,70	28	81°	33,93	6,114	126,60	3,10	136	33,80	28	80°	33,99	6,033	0,66	± 0,55	6,345	± 0,40		
John Deere 8630 (ploeg 1,00 m)	3,20	65,00	92	28,90	24	83°	29,82	6,191	54,60	3,00	78	26,40	24	67°	30,92	7,027	0,62	± 0,57	8,108	± 0,30		
John Deere 8630 (ploeg 1,00 m)	3,40	84,20	116	32,30	32,65	90°	38,36	7,126	85,10	2,90	116	35,89	32,65	90°	38,36	6,413	0,63	± 0,85	7,922	± 0,30		
John Deere 8630 (ploeg 1,00 m)	4,95	73,80	105	31,90	29	55°	36,90	7,317	85,45	3,35	116	26,80	29	86°	34,76	7,782	0,64	± 0,60	7,912	± 0,31		
Opbalend ploegen:																						
Muir Hill 171 (ploeg 0,70 m)		67,40*	48	57,66*	57			5,931*												4,273	± 0,27	
Muir Hill 171 (ploeg 0,70 m)		79,75*	55	60,00*	44			4,600*												4,138	± 0,26	
John Deere 8630 (ploeg 1,00 m)		83,00*	100	75,33*	100			5,735*												7,229	± 0,46	
John Deere 8630 (ploeg 1,00 m)		53,86*	65	49,71*	65			4,588*												7,231	± 0,46	
John Deere 8630 (ploeg 1,00 m)		73,00*	80	67,67	80			7,093*												6,575	± 0,41	

* ploegen onder zeer natte terreinomstandigheden (onwerkbaar weer ??)
 y ploegen met 3 combinaties op één perceel, waarvan 2 langs dezelfde voor, zodat de traagste combinatie (M.H.171 met 0,70 m ploeg) de ploegsnelheid endaarvoor ook de produktie bepaalt
 Δ laatste keer terugrijden; de trekker (enkele wielen) glijdt regelmatig in de voor
 * inclusief 1 x schakelen (gen. 0 cm/in)

De resultaten van de detail-tijdstudies zijn samengevat voor de diverse ploegcombinaties weergegeven in tabel 1. De bovengenoemde detail-tijdstudies zijn steeds gedurende 18-45 minuten verricht.

Uit tabel 1 blijkt, dat de John Deere-combinaties met een vrij grote regelmaat werken. De Muir Hill 171 daarentegen niet. Zowel in ploegsnelheid als in ploegbreedte komt bij deze combinatie een vrij grote spreiding voor.

Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de geringere bestuurbaarheid onder minder gunstige terreinomstandigheden doordat deze trekkers met enkele wielmonstering zijn uitgerust. Voorts wordt de spreiding mee veroorzaakt door wisseling van chauffeurs en geringe vakbekwaamheid van deze chauffeurs.

Uit tabel 1 blijkt dat er geen relatie is tussen ploegdiepte en ploegsnelheid, dat wil zeggen de ploegsnelheid neemt niet af bij een grotere ploegdiepte, hetgeen impliceert, dat de tractoren (uitgezonderd de Muir Hill 171) voldoende vermogen, misschien wel een oververmogen, hebben voor dit ploegwerk.

Wel is er een relatie tussen de ploegbreedte en de ploegsnelheid, doch gezien de geringe spreiding in de ploegbreedte (uitgezonderd de Muir Hill 171) kunnen op basis van deze gegevens nauwelijks of niet betrouwbare berekeningen worden gedaan voor andere ploegbreedten.

Uit tabel 1 blijkt verder, dat de netto-productie (excl. keren voor rondgaand ploegen voor de Muir Hill 171 met een 0,70 m ploeg en de John Deere 8630 met 0,90 m ploeg gemiddeld op 0,42 ha/uur gesteld kan worden. De John Deere 8630 met 1,00 m ploeg daarentegen haalt een gemiddelde netto productie (excl. keren) van 0,50 ha/uur.

Aangezien de ploeg van de Muir Hill 171 en de 0,90 m ploeg van de John Deere 8630 van hetzelfde fabrikaat zijn, terwijl de 1,00 m ploeg van de John Deere 8630 van een andere fabrikaat is en het vermogen van beide John Deere's gelijk is, zou verondersteld kunnen worden, dat de meer-productie (19%) van de John Deere met 1,00 m ploeg het gevolg is van een voor deze grondsoort betere ploegconstructie c.q. ristervorm.

Om het één en ander met bewijzen te kunnen staven, zijn de karakteristieke maten van de waargenomen ploegen opgenomen (fig. 6). De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 2.

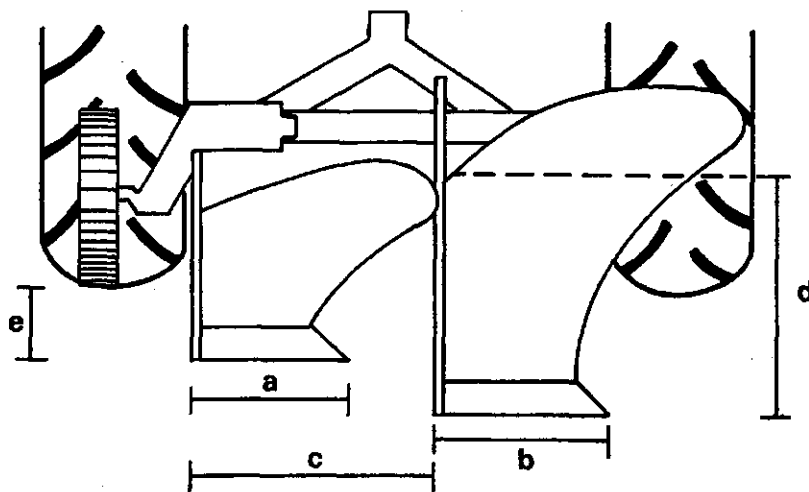


Fig. 6. Ploegafmetingen

Tabel 2. Maten van de gebruikte diepploegen (zie ook fig. 6)

Tractor	A	B	C	D	E
John Deere	0,45	0,45	0,69	$\pm 1,00$	$\pm 0,30$
John Deere	0,43	0,48	0,69*	$\pm 0,90$	$\pm 0,40$
Muir Hill	0,45	0,45	$\pm 0,60$	$\pm 0,70$	$\pm 0,40$

*bouwvoorploeg kan in horizontale richting heen en weer zwenken, dus kan C nog variëren

Uit tabel 2 blijkt, dat de ploegen, welke eigenlijk een werkbreedte hebben van 0,45 m, te breed zijn afgesteld (resp. 0,69 m, 0,69 m en $\pm 0,60$ m).

Voorts valt op, dat de ploegdiepte van de bouwvoorploeg bij de ploegen van 0,70 m en 0,90 m is afgesteld op 0,40 m in plaats van 0,30 m. Tijdens de terreinopnamen is gebleken, dat de ophanging van deze bouwvoorploegen niet erg degelijk is uitgevoerd, waardoor de ploegbreedte van de bouwvoorploeg tijdens het werk nogal kan variëren. De ploegdiepte en de afstelling van de bouwvoorploeg is van directe invloed op de benodigde trekkracht. Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden, dat het verschil in ploegsnelheid tussen de

John Deere 8630 met 0,90 m ploeg en de John Deere 8630 met 1,00 m geheel, zo niet grotendeels is toe te schrijven aan het verschil in model/constructie en afstelling van de ploegen.

De gemiddelde keersnelheid van de waargenomen ploegcombinaties is voor de:

Muir Hill 171	6,798 km/uur (afgerond 6,8)
John Deere 8630 (met 0,90 m ploeg)	6,287 km/uur (afgerond 6,3)
John Deere 8630 (met 1,00 m ploeg)	6,976 km/uur (afgerond 7,0)

Het verschil in snelheid tussen de John Deere-combinaties moet worden toegeschreven aan het verschil in werkritme en/of werkinzicht van de betrokken chauffeurs.

Er zijn geen produktieverschillen waargenomen tussen het diep-ploegen van bestaand grasland en het diepploegen van bestaand bouwland.

Wat het ophalend ploegen betreft, blijkt uit tabel 1, dat zowel de John Deere 8630 als de Muir Hill 171 dit werk met een grote regelmaat uitvoeren. Bovendien blijkt, dat de netto produktie van de John Deere een stuk hoger ligt dan die van de Muir Hill.

Dit aanzienlijke produktieverschil is zeer waarschijnlijk het gevolg van de smallere wielbasis van de Muir Hill ten opzichte van de John Deere en bovendien heeft de Muir Hill een enkele en de John Deere een dubbele wielmontering, waardoor de John Deere veel stabiel rijdt en daardoor beter in staat is de wendakkers te ploegen.

De netto-produktie (excl. terugrijden) bedraagt respectievelijk $\pm 0,44$ ha/uur voor de John Deere 8630 met 1,00 m ploeg en $\pm 0,27$ ha/uur voor de Muir Hill 171 met 0,70 m ploeg. De terugrijdsnelheid van de John Deere 8630 is 7m635 km/uur en van de Muir Hill 171 5,833 km/uur*.

*inclusief 1 x schakelen (ca. 6 cmin)

3.2. K w a l i t a t i e v e a s p e c t e n

De kwaliteit van het ploegwerk wordt primair bepaald door:

- de kwaliteit van het in te zetten materieel (waaronder ook de afstelling van de ploeg wordt gerekend),
- de vakbekwaamheid en het werkenthoustiasme van de chauffeurs,
- de kwaliteit van het uitzetten van de ploeghoogten ('ploegpiketten'), alsmede het opstellen van de laserplane en het afstellen van de laserontvanger.

In hoofdstuk 3.1 is reeds naar voren gekomen, dat de waargenomen ploegen alleen te breed afgesteld waren (0,60-0,69 m in plaats van 0,45 m). Voorts is gebleken, dat de constructie van de bouwvoorploeg van de 0,70 m en de 0,90 m ploeg en de diepte-afstelling ervan nogal wat te wensen overlaat.

Door te ploegen met te breed afgestelde ploegen zal de bouwvoorverschraling aanzienlijk toenemen. Bovendien komt, door de grote hoeveelheid bouwvoor die per werkgang wordt meegenomen, de bovengrond niet meer gekeerd, maar op de zijkant in de voor te liggen. De vakbekwaamheid en het werkenthoustiasme zijn van grote invloed op de kwaliteit van het ploegwerk. Veelal kan aan de manier van werken de betrokkenheid bij het werk afgeleid worden. Wanneer het werkenthoustiasme afneemt, zullen de afwijkingen in ploegdiepte en ploegbreedte (door te breed te rijden) toenemen.

De kwaliteit van het ploegwerk wordt in hoge mate bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de ploegpiketten worden uitgezet en de laserplane-installatie wordt opgesteld en afgeregeld. Tijdens de terreinwaarnemingen is gebleken dat:

- enkele chauffeurs niet of nauwelijks in staat waren om een correcte omrekening van ploegpikethoogte naar ploegdiepte via laserniveau uit te voeren,
- 2 of meer lasers binnen elkaars invloedssfeer stonden (b.v. drainage en ploegen),
- de laserplane zodanig is opgesteld, dat de laserstraal niet ten alle tijde ontvangen kan worden, bijvoorbeeld door grondwallen, gebouwen, cabine van de trekker,

- het werken met meer dan één ploeg op één laserplane. In vele gevallen moet de laser dan zodanig opgesteld worden, dat dit voor één en soms voor beide combinaties minder gunstig is,
- de hoogte van de ploegpiket niet correct was (b.v. een afwijking van -0,07 m).

Om de kwaliteit van het ploegwerk op de waargenomen percelen te kunnen beoordelen, is er per perceel na het ploegen een profielkuil (breedte ca. 3,00 m) gemaakt.

De resultaten van deze profielkuilen onderzoek zijn weergegeven in tabel 3.

Uit tabel 3 blijkt, dat er wat ploegdiepten betreft nogal vrij forse afwijkingen zijn geconstateerd (0,02 tot 0,23 m). Een oorzaak of een mogelijke oorzaak is niet altijd direct te vinden. Wel is er enigszins een relatie te vinden tussen de mate van de afwijking in ploegdiepte en de ligging van het desbetreffende perceel ten opzichte van een NAP-peilmerk. Deze afwijkingen zouden het gevolg kunnen zijn van een sommatie van geringe afwijkingen tengevolge van afrondingen in cm's en kleine sluitfouten bij het overbrengen van de hoogten door de uitzetters. Duidelijk is het evenwel, dat dergelijke afwijkingen in ploegdiepten de verschrallingsgraad aanzienlijk zullen verhogen.

3.3. V e r s c h r a l i n g s g r a a d

Onder verschrallingsgraad wordt verstaan de fractie ondergrond in de nieuwe bouwvoor.

De totale verschrallingsgraad tengevolge van ploegen is een sommatie van verschrallingen tegevolge van:

- bolle ligging van de ploegvoren
- afwijkingen in ploegdiepte
- afwijkingen in ploegbreedte

Van elk waargenomen perceel/perceelsgedeelte is zowel de verschralling tengevolge van de bolle ligging van de ploegvoren en afwijkingen in ploegdiepten als de verschralling tengevolge van afwijkingen in de ploegbreedte berekend.

Bij de bepaling van de verschralling tengevolge van de bolle ligging van de ploegvoren (zie fig. 7) is er van uitgegaan, dat de on-

Tabel 3. Resultaten ploegdieptebepaling

Combinatie	Perceel	Besteks- ploeg- diepte	Gemeten ploeg- diepte	Afstand tot peilmerk	(Mogelijke) oorzaak afwijking ploegdiepte
Muir Hill	171 met 0,70 m ploeg	16 ⁺	30 ⁺	+ 90 m	slechte opstelplaats laser, zeer natte terreinomstan- digheden en te kleine ploeg??
Muir Hill	171 met 0,70 m ploeg	13 ⁺	2 ⁻	+ 800 m	niet op de laser ploegen (zie perceel 14 John Deere)
Muir Hill	171 met 0,70 m ploeg	10 ⁺	4 ⁺	+ 650 m	- -
Muir Hill	171 met 0,90 m ploeg	12 ⁻	16 ⁻	+ 120 m	- -
John Deere	8630 met 0,90 m ploeg	13 ⁺	15 ⁺	+ 800 m	- -
John Deere	8630 met 0,90 m ploeg	25 ⁺	8 ⁺	+ 430 m	ploegpiket stond 7 cm te diep!! kop A op diepte van kop B (15 ⁺) geploegd??
John Deere	8630 met 0,90 m ploeg	20 ⁺	3 ⁻	+ 420 m	in plaats van 10 cm ondieper (bestek) 10 cm dieper ge- ploegd dan kop A??
John Deere	8630 met 1,00 m ploeg	22 ⁺	6 ⁺	+ 800 m	?
John Deere	8630 met 1,00 m ploeg	10 ⁺	4 ⁻	+ 420 m	ploegpiket zonder hoogte erop
John Deere	8630 met 1,00 m ploeg	0 ⁺	2 ⁻	+ 190 m	- -

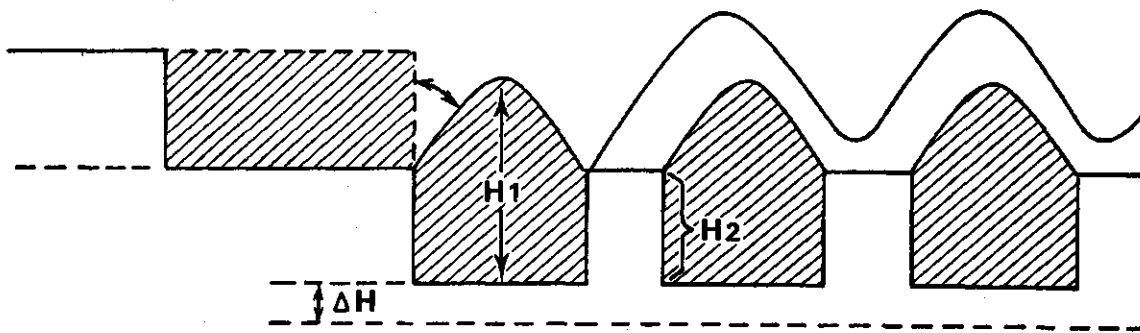



Fig. 7. Schematische weergave doorsnede ploegwerk

H_1 = de grootste vouwvoordikte

h_2 = de geringste bouwvoordikte

ΔH = de afwijking in ploegdiepte

 = bouwvoor

dergeploegde bouwvoor vrijwel geheel in de open voor van de ondergrondploeg komt.

Voorts is er van uitgegaan, dat de gemiddelde dikte van de af te schuiven laag gelijk is aan $2/3$ van de maximale dikte van de af te schuiven laag per perceel.

De berekende verschrallingsgraden van de waargenomen percelen/perceelsgedeelten zijn weergegeven in tabel 4.

Uit tabel 4 blijkt, dat de berekende verschrallingsgraad varieert van 26 tot 55% (gemiddeld 43,5%).

Wel dient in acht genomen te worden, dat deze verschralling uitsluitend het gevolg is van het ploegen. Afwijkingen in het schuiven ten opzichte van het schuifniveau kunnen de verschrallingsgraad nog beïnvloeden.

Voorts zij nog opgemerkt, dat ook wanneer er geheel correct geploegd en geschoven wordt (juiste ploegbreedte, ploegdiepte en schuifniveau), er altijd nog een verschralling van ca. 8% zal optreden als gevolg van de niet vlakke ligging van de ploegvoren.

Tabel 4. Berekende verschrallingsgraden

Perceels- nummer	ΔH	Gem. dikte af te schui- ven laag in cm	α	β	Verschrallingsgraad* in %		
					t.g.v. afwijkende ploegniveau	t.g.v. te breed ploegen	totaal
22	+ 14	21	0,45	0,25	25	22	47
14	- 15	15	0,45	0,27	26	15	41
76	- 6	23	0,45	0,11	14	24	38
183	- 4	15	0,45	0,07	11	15	26
14	+ 2	19	0,45	0,04	18	20	38
75 ^A	- 17	23	0,45	0,31	29	24	53
86	- 23	17	0,45	0,42	35	17	52
43	- 16	18	0,45	0,29	27	19	46
86	- 14	37	0,45	0,25	24	31	55
84	- 2	20	0,45	0,04	18	21	39

*voor een bouwvoor ter dikte van 0,30 m en bij een ploegbreedte van 0,65 m

4. BEREKENING PRODUKTIE-NORMEN

Met het hoofdstuk 2 ontwikkeld model en de in hoofdstuk 3 gevonden waarden voor de verschillende werkonderdelen kunnen produktie-normen worden berekend.

De formules worden dan:

$$\text{voor } 1,00 \text{ m ploeg} \quad : q_{\text{tot}} = \frac{A \frac{0,65 \times L}{L} + \frac{Lk}{8000} + B \frac{0,65}{7600} + \frac{l}{7000}}{A + B}$$

$$\text{oftewel:} \quad q_{\text{tot}} = \frac{A \frac{0,65 L}{L} + \frac{Lk}{8000} + 2368,5 B}{A + B}$$

$$\text{Voor } 0,70 \text{ en } 0,90 \text{ m ploeg: } q_{\text{tot}} = \frac{A \frac{0,65 L}{\frac{L}{6500} + \frac{Lk}{6400}} + B \frac{0,65}{\frac{1}{4200} + \frac{1}{5800}}}{A + B} \text{ of}$$

$$q_{\text{tot}} = \frac{A \frac{0,65 L}{\frac{L}{6500} + \frac{Lk}{6400}} + 1583,4 B}{A + B}$$

waarin: q_{tot} - produktie (m^2/uur)
 Lk - $5\pi + \frac{Bk - 10}{\sin y}$

Met deze formules is voor een aantal percelen met diverse vormen (en dus diverse voorlengten), waarvan tevens de produktie is gemeten, de produktie per uur berekend.

Wanneer de breedte van het perceel groter is dan ca. 60 m, wordt aangenomen dat het perceel in stroken wordt geploegd met een breedte van maximaal 40 m.

In fig. 8 zijn de berekende produkties uitgezet tegen de gerealiseerde produkties.

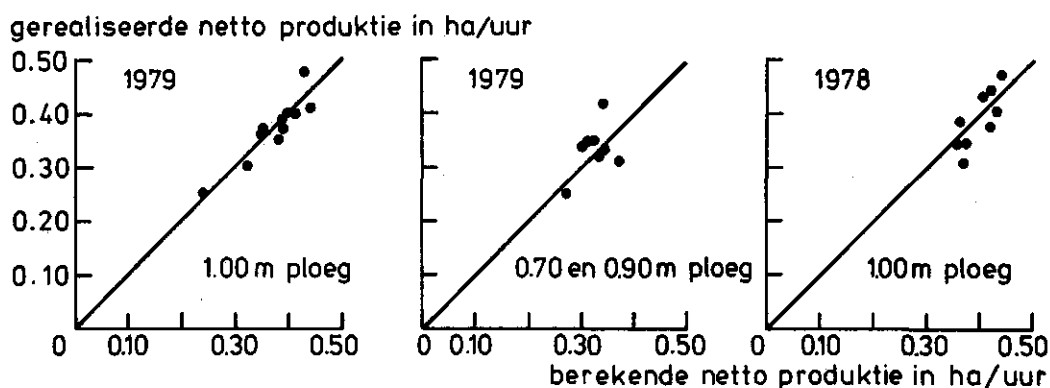


Fig. 8. Samenhang berekende netto-produkties en gerealiseerde netto-
 -produkties

Uit fig. 8 blijkt, dat vrijwel alle punten op en rond de 45-gra-
denlijn liggen, hetgeen impliceert, dat de betrouwbaarheid van de be-
rekenende produkties met het ontwikkelde model hoog is. Ook de gemeten
produkties van de 1,00 m ploeg van 1978 (een andere John Deere com-
binatie dan die van 1979) zijn vrij nauwkeurig met het model te be-
rekenen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat van de opnamen van
1978 weinig bekend is omtrent de ploegbreedtes. Bij de berekening is
daarom uitgegaan van dezelfde ploegbreedte als die van 1979 (0,65 m).
Om tot produktienormen voor goed ploegwerk te komen, zal evenwel uit
moeten worden gegaan van een ploegbreedte van 0,45 m (of des te klei-
ner of des te groter als waar het raster op gemaakt is).

Wanneer uitgegaan wordt van een ploegbreedte van 0,45 m bedraagt
de minimale netto-produktie 0,16 ha/uur en de maximale netto-produktie
0,36 ha/uur (er vanuitgaande, dat de ploegsnelheid bij een ploegbreed-
te 0,45 m niet of nauwelijks zal toenemen). In het algemeen zal de
produktie echter variëren van 0,21 tot 0,31 ha/uur (bij een ploeg-
breedte van 0,45 m) in afhaneklijkheid van de perceelsvorm.

Wanneer het te diepploegen perceel/perceelsgedeelte begreppeld
is, zal de ploegrichting primair bepaald worden door de greppelrich-
ting en secundair door de perceelsvorm. Bij een begreppeld perceel
zal de ploegrichting gelijk zijn aan de greppelrichting, zodat een
moeilijke en/of onmogelijke diepteregeling van de ploeg ter plaatse
van greppelkruisingen vermeden wordt.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Voor het berekenen van de kosten van diepploegen c.q. het opploe-
gen van ondergrond ten behoeve van perceelsvergroting en/of egalisa-
tie is inzicht nodig in de kosten van de ploegcombinaties en de pres-
taties ervan per tijdseenheid.

Een onderzoek is ingesteld ter bestudering van de prestaties van
diepploegcombinaties en de factoren, die de prestaties bepalen, als-
mede de factoren, die de kwaliteit van het ploegwerk bepalen.

Het onderzoek is uitgevoerd in het besteksgebied 'Hantum-Aalsum'
van de ruilverkaveling Oost- en West-Dongeradeel. In het onderzoek

zijn een vijftal combinaties betrokken geweest met een maximale ploegdiepte variërend van 0,70 tot 1,00 m. Al deze ploegen werden getrokken door vierwiel aangedreven tractoren in vermogen variërend van 132 tot 205 kW en veelal uitgerust met dubbele montering. Bij de verwerking van de gegevens is een onderscheid gemaakt tussen de 1,00 m ploeg en de 0,70 m en 0,90 m ploeg.

Gebleken is, dat de produktie van de 1,00 m ploeg ca. 25% hoger ligt dan de produktie van 0,70 en 0,90 m ploeg. De oorzaak van dit aanzienlijke produktieverschil is grotendeels zometeer geheel toe te schrijven aan:

- verschil van ploegconstructie,
- verschil in afstelling van de ploeg en met name de afstelling van de bouwvoorploeg,
- stabiliteit van de trekker (met name van de Muir Hill's),
- eventueel de vakbekwaamheid en de betrokkenheid bij het werk van de chauffeurs.

De ploegsnelheid van de John Deere met 1,00 m ploeg (8,0 km/uur) ligt hoger dan die van de John Deere met 0,90 m ploeg en de Muir Hill (6,5 km/uur). De keersnelheden bedragen respectievelijk 7,0 en 6,4 km/uur).

De kwaliteit van het ploegwerk van de 1,00 m ploeg is minstens zo goed als die van de 0,70 en 0,90 m ploeg. De kwaliteit van het ploegwerk laat evenwel te wensen over.

Met name de ploegbreedte, waarop de ploeg is afgesteld, is niet in overeenstemming met de snijbreedtes van de risters (de ploegen waren afgesteld op een ploegbreedte van resp. 0,60 en 0,69 m, terwijl de risters een snijbreedte hebben van 0,45 m). Voorts is gebleken, dat de kwaliteit verder nog nadelig wordt beïnvloed door afwijkingen in ploegniveau (tot 0,23 m). Deze afwijkingen in ploegniveau zijn ontstaan door verschillende oorzaken en soms door een sommatie van oorzaken.

De kwaliteit van het ploegwerk is uitgedrukt in een verschrallingsgraad, dit is de fractie ondergrond in de nieuwe bouwvoor. De voor de waargenomen percelen berekende verschrallingsgraad varieert van 26 tot 55% (gemiddeld 43,5%).

Tot slot is een formule opgesteld, waarmee de produktie kan worden berekend voor diepploegen. Hierin is zowel rondgaand als ophalend ploegen en het keren verwerkt. Met deze formule is voor verschillende percelen van verschillende vormen, waarvan ook de produktie is gemeten, de produktie berekend. De resultaten zijn in fig. 7 weergegeven. Gebleken is, dat bij de inzet van goed materieel en vakbekwame chauffeurs en bij een juiste ploegafstelling de produktie veelal zal variëren afhankelijk van de perceelsvorm van 0,21 tot 0,31 ha/uur. De in de praktijk gemeten produkties zijn tengevolge van te breed afgestelde ploegen hoger.

LITERATUUR

- VERHAGEN, A., 1969. In Cultuurtechnische Verhandelingen Staatsuitgeverij Den Haag.
- GILST, VAN W.J., 1963. Machines op Cultuurtechnische werken in Nederland. I.L.R. 75 (I.L.R. is het huidige I.M.A.G.).
- KONINKLIJKE NEDERLANDSE HEIDE MAATSCHAPPELIJ, 1963. Calculatie Vademecum.
- BOELS, D., 1976. Bepalen van kwaliteit van ploegen en afschuiven op lichte zavelgronden. p. 259-266 in Cultuurtechnisch Tijdschrift.
- SPRIK, J.B. en J.A. KESTER, 1968. Exploitatieverliezen op perceelskanten op akkerbouwbedrijven in de Friese kleibouwstreek. I.C.W.-nota 492.