

VERBROKKELING VAN GROND MET BEHULP VAN VIBRASIES

deur

GERHARDUS VENTER

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van
die vereistes vir die graad

D.Sc. Ing. (Landbou)

in die Fakulteit Ingenieurswese
(Departement Landbou-Ingenieurswese)

Universiteit van Pretoria

PRETORIA

MEI 1968

DANKBETUIGING

Dank word uitgespreek teenoor dr. B.J.G.W. Grobler vir die ondersteuning en leiding wat van hom as promotor ontvang is.

Dank word ook uitgespreek teenoor alle ander persone wat behulpsaam was met die uitvoer van hierdie studie.

INHOUDSOPGAWE

| | | <u>Bladsy No.</u> |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| I. | INLEIDING | 1 |
| II. | LITERATUUROORSIG | 6 |
| | FAKTORE WAT DIE ENERGIEVEREISTES VAN GRONDBEWERKINGSWERKTUIE BEÏNVLOED | 6 |
| | - Invloed van bewerkingsdiepte op die spesifieke energievereistes van grondbewerkingswerktuie | 6 |
| | - Invloed van die bewerkingswydte op die energie- vereistes..... | 7 |
| | - Invloed van snelheid op die energievereistes | 7 |
| | - Invloed van die implement-vorm op die spesifieke energievereistes | 8 |
| | - Invloed van adhesie en wrywingskoeffisiënt tussen grond en staal op die spesifieke energievereistes | 9 |
| | - Ander faktore wat die spesifieke energievereistes mag beïnvloed | 10 |
| | DIE TEORIE VAN GRONDBEWERKING | 12 |
| | VIBRASIE -WERKTUIE | 15 |
| | - Frekwensie van vibrasie | 16 |
| | - Amplitude van vibrasie | 16 |
| | - Rigting van vibrasie | 18 |
| | - Voorwaartse snelheid | 19 |
| | - Bewerkingsdiepte | 19 |
| | - Tipes werktuie wat gebruik is, en die besparings wat t.o.v. totale energieverbruik verkry is | 20 |
| | - Invloed van vibrasie op die verlaging van die trek- stangtrek..... | 20 |
| | - Invloed van vibrasie op die bewerkingsintensiteit | 21 |
| | - Algemeen | 21 |
| III. | DIE SPESIFIEKE ENERGIEVEREISTES VAN NIE- VIBRERENDE GRONDBEWERKINGSWERKTUIE | 23 |
| | INLEIDING | 23 |
| | TEORETIESE ONTLEDING VAN DIE ENERGIE- VEREISTES VAN 'N NIE-VIBRERENDE SKUINS LEM ... | 23 |
| | - Berekening van die energievereistes van 'n eenvoudige skuins lem | 24 |
| | - Bespreking | 37 |
| | - Tekortkominge van die konvensionele rysterplaatploeg t.o.v. die minimum energievereistes | 40 |
| | - Tekortkominge van die konvensionele skottelploeg t.o.v. die minimum energievereistes | 38 |

| | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| | PRAKTIESE BEPALING VAN DIE ENERGIEVEREISTES VAN 'N EENVOUDIGE SKUINS LEM | 41 |
| | - Prosedure wat gevolg is | 41 |
| | - Beskrywing van apparaat wat gebruik is | 48 |
| | - Kalibrasie van die apparaat wat gebruik is | 55 |
| | - Metode van ontleding van resultate | 57 |
| IV. | PRAKTIESE RESULTATE WAT MET DIE EENVOUDIGE SKUINS LEMME VERKRY IS | 58 |
| | EIENSKAPPE VAN DIE VYF GRONDE WAARIN DIE EKSPERIMENTE MET DIE SKUINS LEMME UITGEVOER IS | 58 |
| | RESULTATE VAN DIE PRAKTIESE BEPALING VAN DIE TREKKRAGVEREISTES VAN DIE SKUINS LEMME | 58 |
| | - Resultate van die trekkrag-bepalings | 58 |
| | - Bepaling van die praktiese spesifieke energievereistes ... | 63 |
| | RESULTATE VAN DIE TEORETIESE VOORSPELLING VAN DIE TREKKRAGVEREISTES VAN DIE SKUINS LEMME | 63 |
| | - Afwykings vanaf die teoretiese benadering by diep- bewerking | 65 |
| | - Herberekening van W vir gevalle waar die lemwydtes klein is in verhouding tot die bewerkingsdiepte | 65 |
| | - Monsterberekening van die teoretiese waardes van die spesifieke energievereistes van 'n skuins lem..... | 66 |
| | VERBAND TUSSEN DIE TEORETIESE EN PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE SKUINS LEMME | 70 |
| | - Monsterberekening vir die bepaling van die 95 persent betroubaarheidsgrense | 76 |
| | - Bespreking van die praktiese resultate | 79 |
| V. | ONTWERP, KONSTRUKSIE EN TOETS VAN 'N VIBRERENDE LEM | 88 |
| | INLEIDING | 88 |
| | - Redes vir die keuse van 'n vibrerende werktuig | 88 |
| | - Voorlopige beskouing oor die moontlike verlaging van die energievereistes | 90 |
| | TEORETIESE ONTLEDING VAN DIE ENERGIEVEREISTES VAN 'N VIBRERENDE SKUINS LEM | 95 |
| | - Berekening van die verplasing, snelheid en versnelling .. | 95 |
| | - Bestudering van die verplasingkrommes | 98 |
| | - Berekening van die energievereistes | 101 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| - Faktore wat die totale energievereistes beïnvloed | 111 |
| - Faktore wat die trekstangtrek sal beïnvloed | 113 |
| - Voorwaardes dat die grond nie weer op die lem terug sal val nie | 114 |
| ONTWERP VAN 'N VIBRERENDE GRONDBEWERKINGS- WERKTUIG | 115 |
| - Bepaling van die aantal siklusse per voet voorwaartse beweging | 116 |
| - Keuse van die voorwaartse snelheid | 117 |
| - Keuse van die amplitude..... | 118 |
| - Bepaling van die vibrasie- en lemhoeke..... | 118 |
| - Monsterberekening | 120 |
| - Finale afmetings wat gebruik is, en redes vir die bou van 'n enkellem vibrasieploeg | 121 |
| - Ontwerp en konstruksie van 'n enkellem vibrasieploeg..... | 122 |
| PRAKTIESE BEPALING VAN DIE ENERGIEVEREISTES EN BEWERKINGSEIENSKAPPE VAN DIE ENKELLEM VIBRASIEPLOEG | 122 |
| - Prosedure wat gevolg is | 124 |
| - Beskrywing van die apparaat wat gebruik is | 127 |
| - Kalibrasie van die apparaat | 132 |
| VI. | |
| PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE ENKELLEM- VIBRASIEPLOEG | 136 |
| ALGEMENE RESULTATE | 136 |
| - Die vorming van die primêre afskuifvlakke by 'n rysterplaatploeg | 136 |
| - Bepaling van die grondkonstantes | 136 |
| PRAKTIESE RESULTATE WAT MET DIE ENKELLEM- VIBRASIEPLOEG VERKRY IS | 137 |
| - Spesifieke energievereistes | 137 |
| - Graad van verbrokkeling wat verkry is | 139 |
| BEREKENDE SPESIFIEKE ENERGIE-WAARDES | 144 |
| - Berekening van die spesifieke energievereistes..... | 144 |
| - Vergelyking tussen teoretiese en praktiese waardes | 145 |
| VII. | |
| ONTWERP, KONSTRUKSIE EN TOETS VAN 'N VOL- WYDTE PROTOTIPE VIBRASIEPLOEG | 147 |
| TEORETIESE ONTLEDING VAN 'N VIBRERENDE LEM | 147 |
| ONTWERP VAN DIE PROTOTIPE VIBRASIEPLOEG | 155 |

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| | PRAKTIESE BEPALING VAN DIE ENERGIEVEREISTES EN BEWERKINGSEIENSKAPPE VAN DIE PROTOTIPE VIBRASIEPLOEG | 159 |
| VIII. | PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE PROTOTIPE VIBRASIEPLOEG..... | 162 |
| | PRAKTIESE RESULTATE WAT VERKRY IS | 162 |
| | BESPREKING VAN DIE PRAKTIESE RESULTATE..... | 162 |
| | - Trekstangtrekkragevereistes | 162 |
| | - Spesifieke Energievereistes | 171 |
| | - Kluitgrootte-ontledings | 171 |
| | - Lugdeurlaatbaarheid | 178 |
| | - Samevatting | 180 |
| IX. | ALGEMENE BESPREKINGS EN AANBEVELINGS | 181 |
| | TOEKOMSMOONTLIKHEDE VAN DIE METODE VAN TEORETIESE ONTLEDING WAT GEVOLG IS | 181 |
| | ALGEMENE BESPREKING VAN DIE VIBRASIEPLOEG | 182 |
| X. | OPSOMMING | 188 |
| BYLAE | | |
| A | PRAKTIESE RESULTATE WAT MET DIE NIE- VIBRERENDE LEMME VERKRY IS | 190 |
| BYLAE | | |
| B | PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE VIBRERENDE WERKTUIE | 213 |
| | LITERATUURVERWYSING | 219 |

I. INLEIDING

Die beginsel van die eenvoudige hefboom is reeds eeue lank aan die mens bekend, en word algemeen aangewend om kragte in ruimte te manuevreer. Die manuevrering van kragte in tyd is egter eers gedurende die afgelope half-eeu ontwikkel, en het tot fenomenale resultate gelei deur slegs van klein, periodiese kragte gebruik te maak. So is die aanwending van 'n statiese, konstante druk byvoorbeeld nie altyd die enigste of die beste metode wat vir die opbreking of behandeling van 'n materiaal aangewend kan word nie. Dieselfde resultate kan dikwels met aansienlike energiebesparings verkry word deur die aanwending van 'n periodiese krag teen die natuurlike frekwensie van die substans.

Vibrasietegniese is vir die eerste keer in 1938 in die landbou aangewend toe ene M.M. Krynov, 'n ingenieur, dit op skeurploeë toegepas het. 'n Energiebesparing van 10 tot 20 persent is verkry teenoor gevalle waar identiese skeurploeë sonder vibrasies gebruik is (Dubrovskii - 1962).

Op die gebied van grondbewerking het H.B. Walker (1930) beweer dat ongeveer 'n derde van alle plaastrekkragvereistes vir die bewerking van die grond benodig word. Die toestand het oor die afgelope paar dekades geensins verander nie. So beweer Throckmorton en Poyner (1965) byvoorbeeld dat daar tans ongeveer 600,000 pond grond per acre verskuif word vir saadbedvoorbereiding alleen.

Hoewel bogenoemde syfers vir die Verenigde State van Amerika geld, wyk die toestande in Suid-Afrika nie veel daarvan af nie. Uit 'n opname van totale implement-verkope in Suid-Afrika (vergelyk: Afdeling Landbou Ingenieursdienste - 1966), blyk dit dat die totale verkope van trekker-tipe rysterplaat- en skottelploeë in 1965 op 6,651 en 4,140 eenhede respektiewelik te staan gekom het. Die geskatte waarde van genoemde items kom op ongeveer R2.8 miljoen te staan, wat ongeveer 9 persent van die totale implemente-verkope vir die betrokke jaar uitmaak.

Die verhoogde meganisasie van die produksie-prosesse het nie alleen veroorsaak dat groter oppervlakte van individuele plase in Suid-Afrika onder bewerking gekom het nie, maar het ook daartoe gelei dat areas wat vroeër as ongeschik beskou was vir gewasverbouing, tans bewerk word. Aangesien die meeste van hierdie gebiede egter in die laer reënvalstreke geleë is, het die belangrikheid van die tydsfaktor dienooreenkomstig skerp toegeneem. Hier word veral verwys na die verbouing van mielies en grondbone in die Noord-Westelike deel van die Vrystaat, Wes-Transvaal en Noord-Transvaal.

Anders as in die dae van die trekdier, is die algemene neiging tans om nie alleen teen hoër snelhede te ploeg en te plant nie, maar dat die grond ook dieper bewerk word. In gebiede wat onderhewig is aan winderosie, is dit dikwels nie wenslik om die grond voor die lente te bewerk en in gereedheid te bring vir die plant van saad na die lentereëns nie.

Bogenoemde tendense het daartoe gelei dat daar steeds hoër eise ten opsigte van die perdekragte van trekkers gestel word, en die stadium is reeds bereik waar die moderne trekker soms meer perdekrag ontwikkel as wat doeltreffend deur die trekstang benut kan word.

'n Hoër graad van benutting van die enjinperdekrag van 'n trekker is alleen moontlik indien

- addisionele gewigte bygevoeg word om sodoende traksie te verhoog,
- die trekker teen hoër snelhede gebruik word,
- van vierwiel-aandrywing of kruipbande gebruik gemaak word,
- 'n gedeelte van die enjinperdekrag via die kragas aan die grondbewerkingsimplement oorgedra kan word, of
- werktuie ontwerp word wat laer energievereistes toon.

Bogenoemde metodes het egter ook elk hulle nadele. Die toevoeging van gewigte het byvoorbeeld die nadeel dat die trekker se gewig verhoog word, met die gevolg dat rolweerstand en grondkompaksie daardeur verhoog word. Hierdie faktore lei dus direk tot verhoogde brandstofverbruik, swak belugting, groter weerstand teen die indringing van plantwortels, verlaagde infiltrasietempo's en voghouvermoëns, en dus verhoogde afloop en erosie.

Verhoogde snelhede bied wel die moontlikhede van gewigsbesparing maar bevat self ook ernstige tekortkominge. Die trekkragevereistes van getrekte grondbewerkings-implemente is byvoorbeeld eksponensiaal afhanklik van die spoed, en neem dus vinnig toe met 'n toename in spoed. Verder is daar ook die nadeel van hoër energieverliese as gevolg van 'n toename in die rolweerstand, en die voorkoms van breuke aan implemente en trekkers as gevolg van die groter hoeveelheid energie wat teen hoër snelhede geabsorbeer moet word indien soliede voorwerpe getref word. Sommige van hierdie probleme kan uitgeskakel word deur van veiligheidshake gebruik te maak. Die kwaliteit van bewerking kan ook afneem by toename in spoed omdat die operateur se reaksietyd dan 'n beperkende faktor kan word.

Hoewel vierwiel-aandrywing en kruiptrekkers 'n groter persentasie van die enjinperdekrag kan benut as gewone trekkers, is hulle nie alleen heelwat duurder nie, maar dikwels ook swaarder op brandstof, en onprakties vir algemene gebruik op die plaas en op openbare paaie.

Dit blyk dus dat die beste metodes wat vir beter perdekragbenutting aangewend kan word, waarskynlik daarop neerkom dat 'n deel van die enjinperdekrag via die kragas aan die implement beskikbaar gestel moet word, of dat van implemente gebruik gemaak moet word wat tot beter energiebenutting in staat is as die konvensionele werktuie. Eersgenoemde metode is reeds dikwels benut by sulke implemente soos die roterende kapploeg ("rotavator"), spitmasjien ("spading machine"), ensovoorts. Volgens W. Söhne (1962) gaan daar tussen 30 en 60 persent van die energie wat aan die agterwiele van 'n trekker beskikbaar gestel word, verlore as gevolg van die ondoeltreffende wyse waarop die energie deur die agterwiele via die grond aan die implement oorgedra word. Aangesien maksimum trekstangtrek by ongeveer 15 tot 20 persent wielglip voorkom, kan die oordrag van energie via die kragas dus ook 'n besparing teweeg bring as gevolg van die hoër doeltreffendheid, afgesien van die besparings wat moontlik verkry kan word as gevolg van die beter aanwending van die energie in die grond self.

Hoewel enkele navorsers soos Eggenmüller (1958 en 1959), Gunn en Tramontini (1956), Hendrick (1962) en andere reeds waardevolle werk ten opsigte van die toepassing van vibrasie-energie vir grondbewerking gedoen het, is die enigste bekende gevalle waar dit kommersiële toepassing gevind het, die geval van die vibrerende tandimplemente wat vir die lê van kables, bedrading en pype gebruik word (Kemnitz, Glen en Lloyd -1966), en die sogenaamde "Vibra tiller" wat in werklikheid 'n vibrerende beitelploeg was. Volgens persoonlike mededellings van die beamptes van die U.S.D.A. tillage laboratory in Auburn, Alabama, was die werktuig nie baie suksesvol nie, omdat probleme met die sentrifugaalkragte van die roterende eksentriese gewig ondervind is.

Uit die navorsingsliteratuur oor vibrasietoepassings blyk dit duidelik dat, hoewel groot besparings ten opsigte van trekkrage vereistes verkry is, die totale energieverbruik egter min of meer onveranderd gebly het. In alle opsigte is daar egter gevind dat die intensiteit van bewerking met vibrasie groter was as in die gevalle waar identiese implemente sonder vibrasie aangewend is. Die rede waarom geen noemenswaardige energiebesparings verkry is nie, is waarskynlik te wyte aan die volgende, naamlik

- Navorsing was hoofsaaklik op verlaging van trekstangtrek toegespits, en te min aandag is aan die moontlikhede vir die verlaging van die totale energievereistes gegee.
- Hoewel daar allerweë gevind is dat die bewerkingsintensiteit toeneem met vibrasie, is daar geen navorsing gedoen om te probeer bepaal watter energiebesparings verkry kan word indien 'n eenvoudige implement met vibrasie gebruik sou word om dieselfde intensiteit van bewerking te

gee as wat met 'n konvensionele, meer ingewikkelde implement (soos 'n ploeg) sonder vibrasie verkry sou word nie.

Weinig pogings is aangewend om die invloed van die verskillende faktore op die spesifieke energieverbruik teoreties te ontleed en implemente daarvolgens te ontwerp om aan die vereistes van lae energieverbruik te voldoen.

Daar is vervolgens besluit om 'n breë ondersoek in te stel na die moontlikhede van vibrasietoepassing vir grondbewerking. Die doel van die ondersoek kan in die volgende hoofpunte saamgevat word, naamlik

- Weens die groot aantal veranderlikes wat die spesifieke energieverbruik van vibrerende en nie-vibrerende werktuie kan beïnvloed, is besluit om teoretiese ontledings vir die energieverbruik per eenheidsvolume bewerkte grond vir albei gevalle te herlei en deur middel van praktiese resultate te staaf ten einde die aantal waarnemings te verlaag.
- 'n Vibrerende implement sou dan ontwerp en gebou word volgens die hoofvereistes wat uit die teoretiese ontledings en praktiese resultate te voorskyn kom. Hierdie implemente sou vir minimum energievereistes ontwerp word met die doel om min of meer dieselfde intensiteit van bewerking as 'n konvensionele rysterplaatploeg te gee, maar met besparing in totale energieverbruik en trekstangtrek.

Om uitvoering te gee aan die doel, moes die projek in verskillende fases, wat in hoofsaak uit die volgende aspekte bestaan het, aangepak word, naamlik

- 'n Teoretiese ontleding van die spesifieke energievereistes van 'n eenvoudige skuins lem wat deur die grond beweeg, is gemaak ten einde te bepaal wat die invloed van sulke faktore soos snelheid, hellingshoek, grondeienskappe, ensovoorts op die spesifieke energievereistes sou wees.
- 'n Reeks praktiese resultate is met skuins lemme met verskillende hoeke in 'n reeks tipiese landbougronde teen verskillende snelhede uitgevoer om die geldigheid van die teoretiese afleidings onder veldtoestande te ondersoek.
- 'n Teoretiese ontleding van die spesifieke energievereistes van 'n eenvoudige vibrerende werktuig is gemaak ten einde te bepaal wat die invloed van sulke faktore soos frekwensie, amplitude en rigting van vibrasie, voorwaartse snelheid, grondkonstantes ensovoorts op die spesifieke energievereistes sou wees.
- 'n Teoretiese ontleding van die energievereistes van 'n eenvoudige pendulum wat aan geforseerde vibrasies onderwerp word, is ook uitgevoer

om te verklaar hoedat die energievereistes van so 'n sisteem deur sulke faktore soos die veerkonstante, demping, ensovoorts beïnvloed kan word. Hierdie ontleding was veral nuttig vir die verlaging van die energievereistes van die vibrerende werktuig self.

- 'n Reeks praktiese waarnemings is op 'n konvensionele rysterplaatploeg by veldkapasiteit uitgevoer om te bepaal wat die frekwensies van primêre afskuifvlakvorming in verskillende landbougronde sou wees. Hierdie resultate was nodig vir die ontwerp van 'n vibrerende werktuig wat min of meer dieselfde graad van bewerking sou lewer as die rysterplaatploeg.
- 'n Enkellem-vibrerende werktuig is volgens die bevindinge van die voorgaande teoretiese ontledings en praktiese resultate ontwerp en gebou om voorlopige inligting oor die werkverrigting, energievereistes ensovoorts in te win voordat 'n prototipe gebou sou word.
- 'n Prototipe vibrasieploeg, wat tot 96 duim wyd kon werk, is gebou volgens die neergelegde vereistes. Praktiese resultate ten opsigte van energievereistes en trekstangtrek onder veldtoestande is vir beide die vibrasieploeg en die rysterplaatploeg in verskillende grondsoorte verkry ten einde 'n direkte vergelyking tussen die twee implemente te kon maak. Hierdie resultate het getoon dat die vibrasieploeg se energieverbruik, ongeveer 40 persent laer was as die rysterplaatploeg s'n, en dat die trekstangtrek feitlik die helfte laer was. Hierdie besparings is verkry sonder 'n verlaging in die graad van verbrokkeling of die lugdeurlaatbaarheid van die grond wat met die vibrasieploeg bewerk is teenoor die grond wat met die rysterplaatploeg bewerk is.

Afgesien van die teoretiese en praktiese werk soos hierbo aangedui, blyk dit uit verdere besprekings dat so 'n vibrerende werktuig groot moontlikhede inhou as 'n werktuig wat nie alleen as ploeg en skoffel gebruik kan word nie, maar ook met geringe wysigings as skeurploeg, ploeg-plant implement of grondbone-uithaler gebruik kan word. Die intensiteit van verbrokkeling kan ook beheer word deur die verhouding tussen die voorwaartse snelheid en die frekwensie van vibrasie te varieer.

Dit blyk dus dat die aanwending van vibrasie vir verbrokkeling van grond nie alleen groot voordele ten opsigte van energiebesparings inhou nie, maar ook kan lei tot 'n verlaging in die aantal implemente wat benodig word vir grondvoorbereiding, plant en uitlig van landbougewasse. Ekonomiese voordeel kan dus getrek word uit beide kleiner kapitale uitgawes en verlaagde gebruikskoste.

II. LITERATUUROORSIG

Weens die feit dat die aard van die ondersoek so 'n wye veld dek, kan die literatuuroorsig in die volgende onderafdelings verdeel word, naamlik:

- Literatuur wat handel oor navorsing wat uitgevoer is ten opsigte van die faktore wat die energievereistes van grondbewerkingsapparaat kan beïnvloed.
- Literatuur wat handel oor teoretiese aspekte van grondbewerking.
- Literatuur oor vibrasie-tipe grondbewerkingsapparaat.

FAKTORE WAT DIE ENERGIEVEREISTES VAN GRONDBEWERKINGSWERKTUIE BEÏNVLOED:-

Ten spyte van die feit dat 'n groot aantal navorsers hulle toegespits het op die verskillende faktore wat die energievereistes van landbou-implemente mag beïnvloed, was daar nie veel gegewens wat werklik van nut was en wat 'n mens in staat kon stel om akkurate voorspellings oor die energievereistes van implemente te maak nie. Die hoofrede hiervoor moet gevind word in die feit dat die navorsers meer in die rigting van toegepaste navorsing op enkele aspekte (gewoonlik ook net by een grondtipe) gewerk het, met die gevolg dat slegs algemene tendense aangedui kon word. Enkele navorsers soos W. Söhne (1956), Emori en Schuring (1956), Young (1966) en andere het egter daarin geslaag om teoretiese kennis met basiese navorsing te kombineer. Hulle was in staat om baie nuttige formules en gegewens daar te stel vir verdere gebruik, navorsing, en soms ook aanvulling. Na 'n kort bespreking van die tendense wat deur die verskillende navorsers ten opsigte van verskillende faktore bevind is, word 'n beknopte weergawe van die belangrikste navorsingsresultate van laasgenoemde groep dus ook verskaf.

- Invloed van die bewerkingsdiepte op die Spesifieke Energievereistes van Grondbewerkingswerktuie:-

Uit die navorsingspublikasies wat gehandel het oor ploë, (Capparini - 1957, Getzlaff - 1951 en 1952, en andere), skottel-êe (Harrison en Reed - 1962), roterende kapploeë (Böttcher - 1957, en Mursch - 1957), en eenvoudige lem- en tandimplemente (Knoll - 1952, en Payne -1956), is daar gevind dat die spesifieke energievereistes eksponensiaal toeneem met 'n toename in die diepte van bewerking. Bogenoemde resultate is verkry in grondtipes wat gewissel het van ligte sandgronde tot swaar kleigronde. Verder het Getzlaff (1953) en Randolph en Reed (1938) weer gevind dat daar weinig toename in die spesifieke energievereistes van rysterplaat-ploeë tot op 'n diepte van 10 duim voorkom, maar dat dit by groter dieptes skerp toeneem. Hoewel geen verklarings vir bogenoemde waarnemings gegee word nie,

word daar vermoed dat die toename in spesifieke energievereistes in 'n groot mate toegeskryf kan word aan die feit dat die onderliggende lae 'n groter digtheid het as die bolae, veral wanneer daar op groter dieptes as die normale ploegdiepte gewerk word. 'n Verdere oorsaak vir die toename in energievereistes mag moontlik ook gevind word in die feit dat die invloed van die toenemende gewig van die bolae met toename in diepte, die vorming van skuifvlakke teëwerk. Dit veroorsaak dat die normaalkragte op die skuifvlakke toeneem, met die gevolg dat meer energie in die vorm van wrywing en die oorkoming van kohe-siekragte verlore gaan. In die geval van ploë en kapploë word die lighoogte van die grond en die afstande waaroor afskuiwing voorkom, ook aansienlik vergroot namate die bewerkingsdiepte toeneem.

- Invloed van die bewerkingswydte op Energievereistes:-

Hoewel Randolph en Reed (1938) geen tendense oor die invloed van die bewerkingswydte op die spesifieke energievereistes van rysterplaatploë kon uitwys nie, het Capparini (1957) gevind dat die spesifieke energievereistes eers afneem met 'n toename in bewerkingswydte per ploegbodem, maar dat dit vir wydtes groter as 24 duim min of meer konstant bly. Die verklaring vir die aanvanklike afname in energievereistes is vermoedelik te wyte aan die feit dat die groter aantal skuifvlakke wat in 'n vertikale rigting in lyn met elke ploegbalk gevorm word, toeneem met 'n toename in die aantal ploegbodems per voet wydte, en dat die grond dus meer intensief bewerk word. Verder mag die reeds bewerkte grond ook 'n relatief groter invloed op die werking van die ploegbodem hê by smal werkwydtes. Die bewering dat die energievereistes konstant bly by werkwydtes van 24 duim en groter, is baie aanvegbaar as gevolg van die feit dat die eksperimente slegs tot op 'n wydte van 30 duim uitgevoer is. Daar word gevoel dat die spesifieke energievereistes later moet begin styg by verdere toename in die werkwydte per bodem. Hierdie toename word verwag as gevolg van die groter afstand waardeer die grond verskuif sal moet word, met die gevolg dat die wrywingsverliese en ook die intensiteit van bewerking sal begin toeneem.

- Invloed van Snelheid op die Energievereistes:-

Die invloed van snelheid op die spesifieke energievereistes van ploë is deur 'n groot aantal navorsers by verskillende tipes gronde, vogpeile en met verskillende tipes ploegbodems ondersoek, en daar is algemeen gevind dat die spesifieke energievereistes eksponensiaal toeneem met toename in snelheid. (Boltinski - 1961, Fountaine - 1958, Lehoczky - 1961, McKibben en Reed - 1952, Rowe en Barnes - 1961, en andere). McKibben en Reed (1952) het verder gevind dat die

spesifieke energievereistes afhanklik is van v^k , waar v die spoed, en k 'n konstant voorstel. Die waardes van k het gewissel van waardes net groter as 1 tot waardes wat selfs groter as 2 was. Boltinski (1961) het gevind dat selfs die hoëspoedploeg 'n toename van 31 persent ten opsigte van die spesifieke energieverbruik getoon het by 'n spoed-verdubbeling. Hoewel hierdie toename ongeveer 30 persent laer was as die 47 persent wat onder identiese toestande met 'n konvensionele rysterplaatploeg ondervind is, is daar ook gevind dat die hoëspoedploeg by lae snelhede 'n hoër trekstangtrek getoon het as die gewone rysterplaatploeg. Geen verklarings word vir bogenoemde verskynsels gegee nie, maar indien die waarnemings korrek was, word daar vermoed dat dit toegeskryf kan word aan die feit dat die hoëspoedploeg met 'n langer rysterplaat toegerus was as die gewone ploeg, met die gevolg dat die wrywingsverliese, wat 'n funksie van die lengte van die skuifpad is, by die hoëspoedploeg hoër was. Hierdie nadeel word egter weer by hoë snelhede oorkom deurdat die meer egalige beweging van die grond oor die rysterplaat tot groter besparings in versnellingsenergie lei. Die graad van verbrokkeling is in so 'n geval ook kleiner as in die geval van die gewone rysterplaatploeg wat 'n korter rysterplaat met 'n skerper kromming bevat. Die moontlikheid is egter nie uitgesluit nie dat die hoëspoedploeg by lae snelhede nie oor die volle lengte van die rysterplaat in kontak was met die grond nie.

Resultate wat met ander implemente soos roterende kapploeë, (Böttcher - 1957 en Mursch - 1957) skottel-êe, (Harrison en Reed - 1962) en 'n hele reeks eenvoudige grondbewerkingswerktuie ("tillers") uitgevoer is, (Telischi, McColly en Ericson - 1956) het ook almal op toenames in trekstangtrek en energievereistes gedui by toenemende snelheid. Daar kan dus op hierdie stadium beweer word dat daar nog nie 'n implement gebou is wat 'n afname in spesifieke energievereistes by 'n toename in spoed kon toon nie, en die hoofrede hiervoor lê opgesluit in die feit dat die verhoogde snelhede gepaard gaan met verhoogde versnellingskragte wat die totale energievereistes verhoog.

- Invloed van die Implement-vorm op die spesifieke energiewaardes:-

Uit die navorsingsresultate van die verskillende navorsers op die gebied van grondbewerkingsimplemente het daar heelwat nuttige aanbevelings en wenke tevoorskyn gekom wat by die ontwerp van nuwe grondbewerkingswerktuie aangewend kan word. Die belangrikste aanbevelings word kortliks bespreek.

. Die vorm van die balk of skag van 'n Grondbewerkingswerktuig:-

Nichols en Reaves (1958) het gevind dat 'n verlaging van 25 persent van die trekkragevereistes van 'n gewone skeurploeg moontlik is indien daar

van 'n geboë skaggedeelte gebruik gemaak word in plaas van die konvensionele reguit, vertikale skag waaraan die lem gewoonlik bevestig word. Ook Tanner (1960) het gevind dat 'n eenvoudige beitelvormige lem verkieslik nie 'n hoek van meer as 50 grade met die horisontaal moet maak nie. Die rede hiervoor lê opgesluit in die feit dat 'n druksone direk voor so 'n lem gevorm word wanneer die hoek groter as 50 grade word, met die gevolg dat die beweging van die grond en die vorming van afskuifvlakke bemoeilik word. Hierdie area van verhoogde druk-intensiteit was vermoedelik ook die oorsaak vir die verlaagde energievereistes wat in die eerste geval verkry is deur van 'n geboë skag in plaas van 'n reguit, vertikale skag gebruik te maak.

Wydte en Skerppte van 'n Tandimplement, balk of skag wat deur die grond beweeg:-

Payne (1956) het gevind dat die trekkragevereistes van 'n tand wat deur die grond beweeg, min of meer lineêr toeneem met die wydte daarvan. Willat en Willis (1965) het verder ook gevind dat 'n skag of lem wat aan die voorkant skerp gemaak is, laer trekkrage vereis, en hulle beveel aan dat die voorkant so skerp gemaak moet word dat dit 'n hoek van 45 grade of minder moet onderspan. Uit hulle waarnemings blyk dit egter ook dat, hoewel die trekkrage sal toeneem indien die onderspande hoek groter gemaak sou word, die toename nie noemenswaardig groot is totdat die onderspande hoek 90 grade oorskry nie.

Volgens Nichols, Reed en Reaves (1958) moet die snykante van ploegskare skerp wees om die trekstangtrek tot 'n minimum te beperk. Hulle het ook gevind dat 'n toename in die dikte van die snykant 'n area van verhoogde druk voor die snykant vorm, met die gevolg dat die trekstangtrek dan toeneem. Die ronding van so 'n stomp punt veroorsaak ook swakker penetrasie-eienskappe en 'n groter smeer-effek op die bodem van die ploegvoor.

- Invloed van Adhesie en die Wrywingskoeffisiënt tussen Grond en Staal op die Spesifieke Energiewaardes:-

Riek (1965) en Nikiforov en Bredun (1965) het die volgende waarnemings ten opsigte van die adhesie van gronde gemaak, naamlik:

- Adhesie neem toe met 'n toename in voginhoud tot by 'n sekere waarde (30 persent by kleileem),
- Adhesie is min of meer direk afhanklik van die aangewende druk,
- Adhesie neem in 'n geringe mate toe met 'n toename in spoed, en
- Adhesie neem af namate die rofheidsfaktor van die metaal toeneem.

Hoewel laasgenoemde bevinding foutief mag lyk in die lig van praktiese waarnemings met ploë, waar aanpakking oorkom kan word deur die ploegoppervlakte met olie te smeer, kan laasgenoemde verskynsel as volg verklaar word.

Volgens Riek kom aanpakking van implemente voor wanneer die adhesiespannings groter is as die kohesiespannings in die grond. Wanneer grond egter oor 'n metaal-oppervlakte skuif, sal 'n geroeste of rowwe oppervlakte 'n hoër wrywingskoëffisiënt tussen die grond en staal hê, met die gevolg dat hierdie wrywingskoëffisiënt die interne wrywingskoëffisiënt tussen die grondlae kan oorskry. In sulke gevalle sal die grond dan eerder op 'n vlak net voor die metaaloppervlak afskuif, en aanpakking kan dan ook voorkom selfs al is die adhesiespanning laer as die kohesiespanning.

Uit bogenoemde is dit dus duidelik dat die rofheid van die metaal verkieslik nie hoog moet wees indien lae energiewaardes verlang word nie.

Op die gebied van die wrywingskoëffisiënt tussen grond en staal, is die volgende belangrike resultate verkry, naamlik:

- Scotton en Iacopozzi (1951) het vir verskillende gronde gevind dat die wrywingskoëffisiënt onder droë toestande onafhanklik is van druk, maar dat dit onder nat toestande afneem by 'n toename in druk. Hierdie afname is vermoedelik te wyte aan die smeer-effek van die vog, wat by hoë druk uitgepers word. Söhne (1953) het hierdie resultate gestaaf, maar verder daarop gewys dat die verlaging van die wrywingskoëffisiënt by nat sandgronde minimaal is. Uit die energie oogpunt gesien, blyk dit dus dat die druk tussen die grond en metaal so laag moontlik gehou moet word vir minimum energievereistes.

- Nikiforov en Bredun (1965) het verder gevind dat die wrywingskoëffisiënt tussen 'n kleileem en staal baie effens afneem by 'n toename in spoed tot 10 myl per uur, Payne (1956) het egter weer gevind dat die wrywingskoëffisiënt in die geval van tandimplemente wat deur sandgrond beweeg nie deur die spoed beïnvloed word nie.

Dit blyk dus dat, hoewel 'n verhoogde spoed onder sekere toestande tot effens verlaagde wrywingskoëffisiënte kan lei, dit twyfelagtig is of daar op hierdie beginsel gekonsentreer kan word ten einde die spesifieke energievereistes te probeer verlaag, aangesien ander aspekte soos verhoogde versnellingskragte en sovoorts die geringe besparing sal oorskadu en uitwis.

- Ander Faktore wat die Spesifieke Energievereistes mag beïnvloed:-

Afgesien van bogenoemde faktore wat die spesifieke energievereistes van grondbewerkingswerktuie kan beïnvloed en dus by die ontwerp van sulke werktuie in gedagte gehou moet word, is daar ook enkele ander losstaande faktore wat vermelding verdien. Die belangrikste faktore is die volgende, naamlik:

- Die trekstangtrek van swaar gronde is eweredig aan die voginhoud tot die mag "n", waar "n" groter is as een. (Telischi, McColly en Erickson - 1956,

en Fox en Bockhop - 1965). Dit blyk dus dat baie swaar gronde met definitiewe besparings in energie onder droë toestande bewerk kan word teenoor nat toestande.

- Hendrick en van den Berg (1961), het gevind dat wanneer 'n grondmassa aan kragte onderwerp word, 'n hoë beladingstempo gunstiger is vir die vorming van breuke in gronde deurdat dit minder vervorming veroorsaak en so ook minder energie vereis om die breuk te vorm. Hierdie aspek is veral van groot belang by die ontwerp van 'n vibrasie-werktuig waar die beladingstempo op sekere stadia relatief hoog kan wees.

- Nichols (1932a) het gevind dat die afskuifspanning van gronde toeneem met toename in druk. Hierdie gevolgrekking stem ooreen met Tersachi (1962) se teorie oor die afskuifspanning, naamlik:

$$\tau = c + N \tan \phi$$

waar τ = afskuifspanning
 c = kohesiespanning
 N = normaal-drukspanning
 ϕ = interne wrywingshoek van die grond

Dit blyk dus dat lae interne drukke in die grond wat bewerk word, 'n vereiste is vir lae energievereistes deurdat die afskuifspannings so laag gehou kan word.

- Hendrick (1962) het gevind dat die kragte wat nodig is om grond met drade van verskillende diktes te sny, feitlik onafhanklik is van spoed, en ook min afhanklik is van die deursnee van die snykant van die implement. Hy het byvoorbeeld gevind dat 'n vyfvoudige toename in die snykant-deursnee slegs 'n dertig persent toename in die vereiste trekkrag veroorsaak. Die deursnee van die drade wat gebruik is om die snykante van implemente na te boots, het gewissel van 0.008 duim tot 0.014 duim. Daar word egter vermoed dat hierdie resultate nie noodwendig ook by baie groter deursnee sal geld nie, want in sulke gevalle sal versnellingskragte en die vorming van afskuifvlakke 'n definitiewe rol begin speel.

Dit blyk dus dat, hoewel dit wenslik is om 'n skerp snykant te handhaaf vir lae energievereistes, die spoed waarteen die grond gesny word, nie juis 'n invloed op die energievereistes van die sny-proses sal hê nie. Met gewone implemente word die snykant egter met 'n skuins vlak gekombineer wat wel 'n sterk spoedafhanklikheid toon.

DIE TEORIE VAN GRONDBEWERKING:

Hoewel navorsers reeds meer as drie dekades gelede begin het om 'n teorie vir die bewerking van grond daar te probeer stel deur die verskillende eenskappe van gronde te bestudeer, (Nichols - 1930, 1932) was dit nie voor 1956 dat enige belangrike vordering op hierdie gebied gemaak is nie. Söhne (1956), was die eerste navorsers wat 'n volledige teoretiese ontleding gemaak het, van die faktore wat die trekkrigte van implemente beïnvloed, en word vandag nog algemeen erken as die eintlike voorloper op hierdie gebied. Sy navorsing het hoofsaaklik bestaan uit 'n teoretiese kragte-ontleding van 'n eenvoudige skuins lem wat deur die grond beweeg, en die volgende vergelyking is vir die trekstangtrek van so 'n lem herlei, naamlik

$$W^* \frac{\cos \delta - \mu_E \sin \delta}{\sin \delta + \mu_E \cos \delta} + \frac{\cos \beta + \mu_S \sin \beta}{\sin \beta + \mu_S \cos \beta} = G + \frac{cF_1 + B}{\sin \beta + \mu_S \cos \beta}$$

| | | |
|------|----------|----------------------------------------------------------|
| waar | W^* | = snyweerstand van die grond, |
| | δ | = hoek wat die lem met die horisontaal maak, |
| | μ_E | = wrywingskoëffisiënt tussen die grond en die lem, |
| | μ_S | = wrywingskoëffisiënt van die grondlae op mekaar, |
| | β | = die hoek wat die afskuifkrag met die horisontaal maak, |
| | G | = gewig grond op die lem, |
| | c | = kohesiespanning, |
| | F_1 | = area van die afskuifvlak en |
| | B | = versnellingskrag. |

Hoewel Söhne se afleiding baie handig en nuttig is, is dit slegs gedoen vir die eenvoudige geval waar die bewerkingsdiepte van die lem baie vlak was, en waar die effek van die skuins wegbreking aan die sykante van die lem weglaatbaar klein was. Verder het dit ook nie 'n duidelike beeld gegee van die wyse waarop die verskillende faktore die spesifieke energievereistes van so 'n werktuig beïnvloed nie, en kon dit dus nie geredelik gebruik word vir die ontwerp van enige implement vir minimum energievereistes nie. In die verdere toepassing van die teorie, waar die invloed van die lemhoek onder andere bestudeer is, is die kragte ook in terme van die lighoogte van die lem uitgedruk. Hierdie metode van ontleding het veroorsaak dat minimum trekkrigvereistes by 'n lemhoek van 15 grade met die horisontaal verkry is. Indien die trekkrigte egter in terme van die lemhoogte ontleed was, sou daar gevind word dat die trekkrigte nie weer by baie lae lemhoeke sou begin styg nie. Hierdie styging is veroorsaak deur die feit dat 'n baie langer lem by klein lemhoeke vereis word om dieselfde lighoogte

as by groter lemhoeke te verkry, en dat die wrywings en ander kragte daardeur benadeel word, met die gevolg dat die trekkragevereistes dan styg.

'n Verdere nadeel van die metode wat deur Söhne gebruik is, is dat so 'n kragte-ontleding vir elke tipe werktuig wat beskou word gedoen sal moet word, en dat die metode dus nie algemeen toegepas kan word vir die berekening van die trekkragevereistes van implemente nie.

Telischi, McColly en Erickson (1956) het min of meer in dieselfde tydperk as Söhne probeer om die trekkragevereistes van getrekte implemente teoreties te ontleed deur van praktiese eksperimente en dimensionaal-ontleding gebruik te maak. Die volgende vergelyking is deur hulle herlei, naamlik:

$$\frac{1}{Q} = \frac{A_1}{SD^2} + \frac{B_1}{V^2 \Gamma D^2} + \frac{C_1}{VD \mu} + \frac{G_1}{A \Gamma D^3}$$

waar

| | | |
|----------|---|-----------------------------------|
| Q | = | trekkrage, |
| S | = | afskuifsterkte van die grond, |
| D | = | 'n ongespesifiseerde lengte, |
| V | = | snelheid, |
| Γ | = | digtheid van die grond, |
| μ | = | viskositeit (ongespesifiseerd) en |
| A | = | versnelling. |

Hoewel bogenoemde vergelyking wel aantoon dat sekere konstantes wel die trekkrage beïnvloed, is dit nie volledig nie as gevolg van die feit dat sulke faktore soos die kohesie, interne wrywingskoëffisiënt van die grond en die wrywingskoëffisiënt van die grond op staal nie in berekening gebring is nie. Verder is die konstantes A_1 , B_1 , C_1 en G_1 ook nie goed gedefinieer nie en dus moeilik bepaalbaar. Die betrokke navorsing is dus nie van veel nut vir die ontwerp van implemente nie, en volgens die navorsers word daar erken dat heelwat verdere navorsing nodig sal wees voordat die teorie toegepas sal kan word. Hierdie bewering is ook onlangs deur Young (1966) gestaaf by sy navorsing oor modelstudies.

In dieselfde tydperk het Payne (1956) ook die meganiese eienskappe van grond bestudeer met die oog op die werkverrigting van tandimplemente. Sy werk was egter in hoofsaak toegespits op die vorming van 'n wig grond aan die voorkante van sulke tandimplemente, en is dus ook nie vir die algemene ontwerp van grondbewerkingsimplemente van veel nut nie. Hierdie werk is later opgevolg deur Tanner (1960), maar weens die feit dat teoretiese ontledings ontbreek, en dat die werk weereens slegs ten opsigte van tandimplemente uitgevoer is, kon geen definitiewe gevolgtrekkings gemaak word ten opsigte van die algemene ontwerp van grondbewerkings-

werkingswerktuie, en die wyse waarop die betrokke faktore die energie- of trekkragsvereistes sal beïnvloed nie.

Onlangse navorsing deur Osman (1964) Hettiaratchi, Witney en Reece (1966) en Hettiaratchi (1967) het weggebreek van die wig-teorie van Söhme en daar is gebruik gemaak van die logaritmiese spiraalmetode wat deur siviele ingenieurs gebruik word. Hierdie teorie is oorspronklik afgelei vir die berekening van die druk teen stutmure, en gee 'n baie goeie korrelasie tussen die teorie en praktyk vir sulke mure. Die volgende ernstige besware kan egter teen die toepassing van bo genoemde teorie op grondbewerkingsapparaat ingebring word, naamlik:

- Die teorie is ontwikkel vir mure wat min of meer vertikaal is, en waarvan die hoeke met die horisontaal aansienlik groter is as $45^\circ - \frac{\phi}{2}$, die hoek waarteen die grond normaalweg sou uitbreek. (ϕ = weerstandshoek teen afskuiwing) Aangesien die meeste grondbewerkingsimplemente, egter skuins vlakke bevat wat 'n kleiner hoek met die horisontaal maak, vereenvoudig die teorie weer tot die wig-teorie, en is so 'n afleiding dus onnodig ingewikkeld en moeilik ontleedbaar. Die toepassing van so 'n teorie op smal tande laat ook veel te wense oor omdat die druk teen 'n smal tand nie noodwendig sal ooreenstem met die druk teen 'n oneindige lang muur soos dit vir die afleiding van die teorie gebruik is nie. (Vergelyk ook Payne - 1956).

- Die teorie is afgelei vir mure, en word deur die betrokke navorsers toegepas op implemente waarvan die bokante nie onderkant die grondvlak lê nie. Die enigste werktuie wat so aangewend word, is pad- en stootskrapers, en gevolglik kan die teorie nie sonder meer vir die ontwerp van grondbewerkingswerktuie soos skoffels, ploë en dies meer gebruik word nie.

- Al die eksperimente word met semi-statiiese passiewe skuins lemme, wat net genoeg beweeg word om 'n skuifvlak te vorm, uitgevoer, en die invloed van versnellingskragte, energie om die grond te lig, ensovoorts word dus gladnie in berekening gebring soos dit voorkom wanneer die werktuig aktief deur die grond beweeg nie.

- Die teorie en eksperimentele werk is slegs toegespits op die voorspelling van die drukkragte op sulke werktuie wat by die grondoppervlak gebruik word, en geen idee kan verkry word van die energievereistes wat nodig is om sulke lemme op verskillende dieptes of teen verskillende snelhede deur die grond te trek nie.

- Die toepassing van die teorie geskied ook deur middel van dimensionaalontleding, en heelwat eksperimentele werk is nodig om die konstantes wat betrokke is, vir verskillende grondsoorte, implemente ensovoorts te bepaal.

Onlangse navorsing deur Gupta en Pandya (1967) wat ten opsigte van skot-

telploeë uitgevoer is, toon 'n volledige analitiese ontleding van die energievereistes van so 'n werktuig, maar kan ook nie by die algemene ontwerp van grondbewerkingswerktuie gebruik word nie as gevolg van die feit dat dit slegs vir skottelploeë in hulle geheel afgelei is. Die teorie behoort egter handig te pas te kom indien daar op die ontwerp en werking van skottelploeë verbeter wil word.

VIBRASIE-WERKTUIE:

Die aanwending van vibrasie-energie in die landbou was in die verlede hoofsaaklik toegespits op graanskeidingsapparaat soos gebruik in dorsmasjiene, stroppers ensovoorts. Hoewel dit ook reeds in 1938 deur M.M. Krynov gebruik is by bewerking van grond met behulp van 'n skeurploeg (Dubrovskii - 1962), was dit nie voor heel onlangs dat verdere ondersoeke in die verband uitgevoer is nie. Hierdie ondersoeke het hernude belangstelling in die moontlikhede van vibrasie-energie by grondbewerking aangewakker, en belowende resultate ten opsigte van trekkragerverlaging is verkry. Hoewel daar nie noemenswaardige besparings ten opsigte van totale energievereistes getoon kon word nie, is allerweë gevind dat die intensiteit van bewerking heelwat hoër was in gevalle waar vibrasie toegepas is.

Die rede vir die feit dat geen noemenswaardige energiebesparings verkry is nie, moet ten eerste toegeskryf word aan die feit dat navorsing hoofsaaklik toegespits was op die verlaging van trekstangtrek. Indien die betrokke navorsers egter 'n kritiese ontleding van die toepassing van vibrasie-energie, gerugsteun deur die nodige teoretiese agtergrond, uitgevoer het, sou dit gou duidelik geword het dat groot besparings in trekstangtrek verkry behoort te kan word deur 'n groot gedeelte van die bewerkingsenergie in die vorm van vibrasies via die kragas aan die implement te voorsien. So 'n groot oordrag van energie kon byvoorbeeld verkry word deur van hoë frekwensies en groot amplitudes gebruik te maak, maar dit sou nie noodwendig die mees doeltreffende aanwending lewer nie, met die gevolg dat die totale energievereistes selfs sou kon toeneem.

'n Tweede rede vir die feit dat besparings ten opsigte van totale energievereistes teleurstellend was, moet gevind word in die feit dat daar gepoog is om van bestaande implemente soos ploë, skoffels ensovoorts gebruik te maak. Hierdie implemente was nie ontwerp vir die oordra van vibrasie-energie nie, met die gevolg dat die energievereistes met vibrasies dikwels selfs hoër was as in die gevalle waar die implemente sonder vibrasies aangewend is. Uit die literatuur blyk dit ook dat daar geen wetenskaplike benadering was waarvolgens sulke belangrike eienskappe soos vibrasie-frekwensies, amplitudes, voorwaartse snelhede, rigtings van vibrasies ensovoorts bepaal is nie, met die gevolg dat 'n wye

reeks waardes gedek is sonder dat definitiewe resultate verkry kon word. 'n Groot aantal tendense kon egter wel uitgewys word maar onvoldoende teoretiese agtergrondbeskouinge het veroorsaak dat die resultate nie met vertroue aangewend kon word vir die ontwerp van vibrasiewerktuie nie.

Frekwensie van Vibrasie:-

Die frekwensies wat deur die verskillende navorsers gekies is om die trekkragevereistes van implemente te bestudeer, het gewissel van sulke lae waardes as twee siklusse per sekonde (Hendrick - 1962) tot oor die duisend siklusse per sekonde (Hertz), (Sien Dzyuba - 1963). Figuur 1 toon 'n histogram wat die aantal navorsers teenoor die frekwensies wat gebruik is, voorstel tussen die grense van 0 tot 80 hertz. Uit die histogram kan gesien word dat die meeste navorsers by frekwensies van tussen 30 en 40 hertz gewerk het, met 'n definitiewe neiging tot die laer frekwensies.

Die frekwensies wat deur die mees prominente navorsers op die gebied gebruik is, was as volg, naamlik:

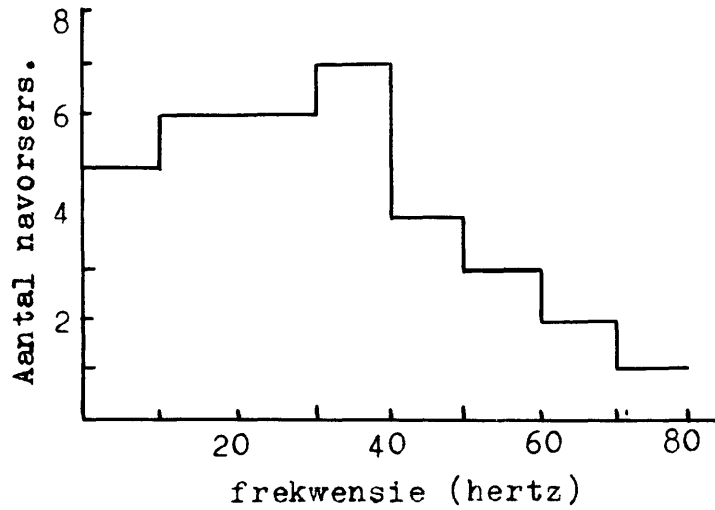
| | |
|---------------------------------|------------------------|
| Aleksandryan (1963) | van 8 tot 50 hertz |
| Dzyuba (1963) | van 603 tot 1025 hertz |
| Eggenmüller (1958, 1959) | van 16 tot 60 hertz |
| Fischer-Schlemm en Moser (1964) | van 5 tot 9 hertz |
| Gunn en Tramontini (1956) | 35 hertz |
| Hendrick (1962) | van 2 tot 21 hertz |
| Shkurenko (1958) | van 100 tot 210 hertz |

Aleksandryan (1963), Eggenmüller (1958, 1959) en Hendrick (1962) het ook gevind dat hoër frekwensies gunstig is vir die verlaging van die trekstangtrek, maar Eggenmüller (1958, 1959) en Hendrick (1962) het ook gevind dat dit die energievereistes benadeel. Bogenoemde bevindings is ook deur Gunn en Tramontini (1956) gestaaf toe hulle bevind het dat die verhouding tussen die voorwaartse en vibrasiespoed so laag moontlik moet wees vir die verlaging van die trekstangtrek.

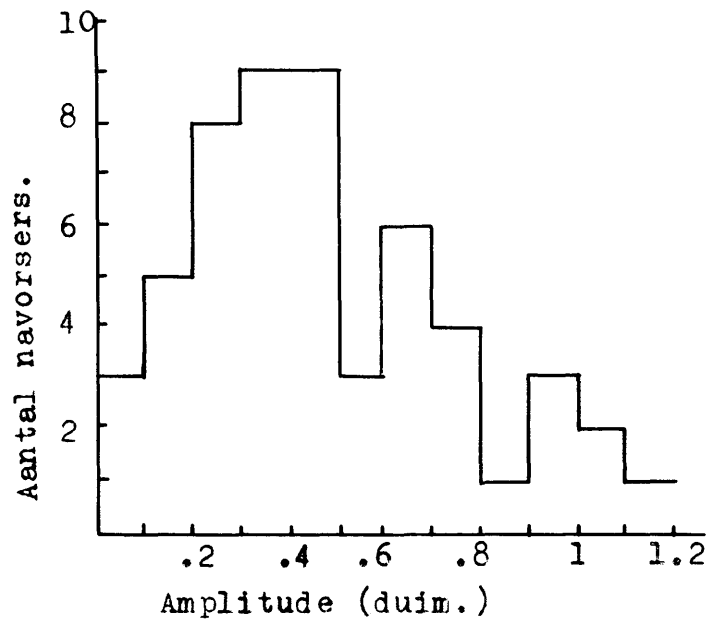
Geen definitiewe motiverings is deur enigen van die navorsers verstrekkend ten opsigte van die frekwensies wat gebruik is nie, en hoewel sekere tendense wel uitgewys kon word, is daar geen definitiewe gegewens beskikbaar ten opsigte van die frekwensies wat vir ontwerpdoeleindes gebruik behoort te word nie. Die frekwensies wat deur die verskillende navorsers gebruik is, is ook slegs oor baie beperkte gebiede gekies, met die gevolg dat veralgemenings ten opsigte van die tendense met die nodige versigtigheid bejeën moet word.

Amplitude van Vibrasie:-

Net soos in die geval van die frekwensies, toon 'n ontleding van die



Figuur 1. Histogram van die frekwensies wat deur die verskillende navorsers gebruik is.



Figuur 2. Histogram van die amplitudes wat deur die verskillende navorsers gebruik is.

amplitudes wat deur die verskillende navorsers gebruik is ook 'n wisseling oor 'n wye gebied, naamlik tussen 0.0393 duim (Aleksandryan - 1963) en 5.12 duim (Fischer-Schlemm en Moser - 1964). Figuur 2 toon 'n histogram wat die aantal navorsers teenoor die amplitudes wat deur hulle gebruik is, voorstel tussen die grense van 0 tot 1.2 duim. Ook in hierdie geval is daar 'n definitiewe neiging tot die laer waardes, en die meeste waarnemings is by amplitudes van tussen 0.3 duim en 0.5 duim uitgevoer.

Uit die resultate wat verkry is, blyk dit weereens dat groter amplitudes gunstig is vir die verlaging van die trekstangtrek, maar dat die totale energievereistes daardeur benadeel word (Vergelyk Aleksandryan - 1963, Eggenmüller - 1958 en 1959; Gunn en Tramontini - 1956, Hendrick - 1962 en Shkurenko - 1958). hier word egter weereens slegs tendense aangetoon en geen gegewens word verstrekk oor die beste waardes wat vir algemene ontwerpdoeleindes gebruik moet word nie.

Die amplitudes wat deur die meer prominente navorsers gebruik is, was as volg, naamlik:

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| Aleksandryan (1963) | van 0.04 tot 0.2 duim |
| Dzyuba (1963) | van 0.16 tot 0.59 duim |
| Eggenmüller (1958 en 1959) | van 0.24 tot 1.18 duim |
| Fischer-Schlemm en Moser (1964) | van 0.98 tot 5.1 duim |
| Gunn en Tramontini (1956) | van 0.32 tot 0.65 duim |
| Hendrick (1962) | van 0.22 tot 0.91 duim |

Rigting van Vibrasie:-

Hoewel die vibrasies feitlik deurgaans teen 'n sekere hoek met die horisontaal, en in die bewegingsrigting, aangewend is, was daar tog enkele uitsonderings. So het Shkurenko (1958) byvoorbeeld van vertikale vibrasies gebruik gemaak om die invloed daarvan op die snykrag wat deur 'n vertikale lem vereis word, te bestudeer. Verder het Vernyaev (1959) en Smirnov en Dyachenko (1964) horisontale skoffellemme deur verskillende hoeke om 'n vertikale as laat ossilleer. Die doel met hierdie navorsing was egter nie soseer die verlaging van trekkragvereistes nie, maar wel om 'n skoonmaak-effek op die skoffelskare te kry en dus aanpakking te verminder.

Die meeste navorsers het die vibrasies eenvoudig horisontaal en in die rigting van beweging aangewend, maar enkeles het dit ook teen verskillende hoeke met die horisontaal aangewend. Eggenmüller (1958) het aanvanklik met hoeke van -30° tot $+30^{\circ}$ ge-eksperimenteer, maar later (1959) net van hoeke tussen 0 en 30° gebruik gemaak. Fischer-Schlemm en Moser (1964) het ook tussen 0 en 30° gewerk, terwyl Hendrick (1962) weer tussen 5° en 20° gewerk het.

Eggenmüller (1958 en 1959) was die enigste navorser wat die invloed van verskillende vibrasiehoeke redelik duidelik kon uitwys, en volgens hom is 'n toename in die vibrasiehoek gunstig vir 'n verlaging in die trekstangtrek. Kleiner hoeke begunstig egter weer die totale energievereistes.

Voorwaartse Snelheid:-

Hoewel die voorwaartse snelheid van die vibrerende werktuie nie in alle gevalle aangegee is nie, was dit in die meeste gevalle betreklik laag en onder twee myl per uur. (Vergelyk Eggenmüller - 1958 en 1959, Fischer-Schlemm en Moser - 1964, Tetsuka en Endo - 1962 en andere). Die laagste snelheid wat gebruik was, was 0.5 myl per uur (Eggenmüller - 1958 en 1959) terwyl die hoogste snelheid ongeveer 6 myl per uur was (Hendrick - 1962).

Volgens Eggenmüller (1958 en 1959), Gunn en Tramontini (1956) en Shkurenko (1958) is daar gevind dat klein voorwaartse snelhede bevorderlik is vir lae trekstangtrekwaardes. Daar word egter nêrens vermeld wat die invloed van die voorwaartse snelheid op die totale energievereistes sal wees nie, maar uit die bestudering van grafieke wat deur bogenoemde navorsers gegee word, lyk dit asof hoër snelhede 'n geringe verbetering ten opsigte van die totale energievereistes mag toon indien die ander faktore soos frekwensie, amplitude en dies meer, dieselfde sou bly. (Hendrick - 1962 en Eggenmüller - 1958 en 1959).

Bewerkingsdiepte:-

Die bewerkingsdieptes wat deur die verskillende navorsers gebruik is, het baie gewissel maar was feitlik sonder uitsondering vlakker as 8 duim. Hoewel Aleksandryan (1963) op 'n diepte van 18 duim gewerk het, was die betrokke navorsing op 'n skeurploeg uitgevoer. Die invloed van die bewerkingsdiepte op die spesifieke energievereistes van vibrerende werktuie het nie baie aandag geniet nie en geen definitiewe gegewens kon in die verband verkry word nie. Eggenmüller (1958) en Hendrick (1962) het egter gevind dat die spesifieke energievereistes toeneem met 'n toename in diepte, en dat 'n redelike hoeveelheid energie benodig word om die werktuig te vibreer selfs al is dit nie in die grond nie. Die oorsaak moet gevind word in die feit dat die vibrasie-werktuie nie spesifiek ontwerp was vir lae energie-vereistes nie. Die aanbring van 'n veer met die nodige styfheid kon byvoorbeeld veroorsaak het dat so 'n lem 'n natuurlike frekwensie van vibrasie sou hê wat by die aandrywingsfrekwensie sou aanpas, sodat minder energie vereis sou word om die sisteem aan te dryf.

Tipes Werktuie wat gebruik is, en die besparings wat ten opsigte van totale energieverbruik verkry is:-

Die werktuie wat in die ondersoek oor vibrasie gebruik is, het uit die volgende bestaan, naamlik:

- Eenvoudige tandimlemente (Dubrovskii - 1962)
- Skeurploë (Aleksandryan - 1963 en andere)
- Verskillende tipes lemme soos vir wortel- en beetligters met twee tande (Dzyuba - 1963), skoffels (Eggenmüller - 1958, Vernyaev - 1959 en andere) en ertappeluithalers (Fischer-Schlemm en Moser - 1964)
- Horisontale, skuïns of vertikale plate (Eggenmüller - 1958 en 1959, Hendrick - 1962, Shkurenko - 1958)
- Veranderde ploegbodems met vibrerende onderdele (Eggenmüller - 1958 en Kalyuzhnye en Goikhman - 1964)

Dit was opvallend dat die verandering van konvensionele ploë en ander werktuie gladnie suksesvol was vir die doeltreffende aanwending van vibrasie-energie nie. So het Eggenmüller (1958) byvoorbeeld 'n toename van tussen 30 persent en 100 persent in die totale energievereistes van 'n gewone ploeg ondervind wanneer vibrasies daarop toegepas word. Met 'n eksperimentele ertappeloperter was die toename selfs hoër, naamlik tussen 30 persent en 170 persent (Eggenmüller - 1959). Met meer eenvoudige werktuie soos skeurploë (Aleksandryan - 1963) en skuïns lemme (Hendrick - 1962) is besparings van tot 35 persent van die totale energie verkry.

Teoretiese ontleding van die energievereistes van vibrerende werktuie sou aangedui het dat 'n swaar werktuig met 'n lang bewegingspad van die grond daaroor heen baie energie sou verg wanneer vibrasie daarop toegepas word. Bogenoemde rede is ook die hooforsaak vir die beter resultate wat met eenvoudiger en ligter werktuie verkry is ten spyte van die feit dat geen teoretiese ontledings gemaak is nie.

Invloed van Vibrasie op die Verlaging van die Trekstangtrek:-

Uit die literatuur blyk dit duidelik dat die verskillende navorsers almal sukses behaal het met die verlaging van die trekstangtrek van imlemente deur van vibrasies gebruik te maak. Aleksandryan (1963) het byvoorbeeld tot 60 persent verlaging in die trekstangtrek van 'n skeurploeg verkry, terwyl Eggenmüller (1958) tot 80 persent verlaging in die trekstangtrek van verskillende eenvoudige lemme gekry het. Trekstangtrek-verlagings van meer as 50 persent het algemeen voorgekom, en die minimum verlaging wat verkry is, was 28 persent, (Kalyuzhnye en Goikhman - 1964). Laasgenoemde verlaging was egter met 'n vibrerende rysterplaatploeg verkry.

Hoewel bogenoemde resultate baie belowend voorkom, het dit egter geblyk

dat al die groot trekkragsbesparings met hoë energieverbruik gepaard gegaan het.

Invloed van Vibrasie op die Bewerkingsintensiteit:-

Dit blyk uit die literatuur dat die bewerking met vibrerende werktuie sonder uitsondering meer intensief was as met nie-vibrerende implemente van dieselfde ontwerp, en dat beter verbrokkeling dus verkry is. Ongelukkig is hierdie aspek slegs kwalitatief benader en is geen navorsing gedoen om te bepaal hoeveel groter die intensiteit van bewerking met vibrasie, teenoor bewerking sonder vibrasie, was nie.

Afgesien van beter verbrokkeling, het verskeie navorsers ook gevind dat vibrerende implemente 'n kleiner neiging tot aanpakking getoon het. (Eggenmüller - 1958, Smirnov en Dyachenko - 1964, Vernyaev - 1959).

Eggenmüller (1959) het ook gevind dat, in die geval van vibrerende ertappeloperterlemme, die vibrasie geen nadelinge invloed op die grondstruktuur getoon het nie.

Hendrick (1962) het verder gevind dat gronde met groot afskuifsterktes groter verlaging in trekstangtrek gelewer het waar vibrasies toegepas is, maar ongelukkig word geen aanduiding gegee van die invloed op die totale energievereistes nie. Fischer-Schlemm en Moser (1964) ondersteun ook bogenoemde bevinding.

Algemeen:-

Die toepassing van vibrasie-energie het, weens die feit dat geen noemenswaardige besparing in totale energie verkry kon word nie, nie juis verder kon vorder as eksperimentele stadiums nie. Die enigste uitsonderings op hierdie gebied was die enkele genoemde gevalle waar tandimplemente kommersiële inslag gevind het, hoewel op beperkte skaal. Die groot rede vir die mislukking op die gebied van kommersiële vervaardiging moet weereens gesoek word in die feit dat daar op besparing in trekstangtrek gekonsentreer is, en nie op besparings ten opsigte van totale energie nie. Onvoldoende teoretiese agtergrondbeskouinge het ook veroorsaak dat daar nie 'n duidelike beeld verkry kon word van die werklike invloed van sulke faktore soos frekwensie, amplitude ensovoorts op trekstangtrekkrag en spesifieke energievereistes nie.

Die enigste geval waar die energievereistes van vibrerende werktuie wel onder die soeklik geplaas is, was die navorsing wat deur Johnson en Buchele (1967) uitgevoer is om te bepaal wat die verband tussen energievereistes en kluitgroottes sou wees. Weereens is egter geen teoretiese agtergrond geskep vir die vibrasietoepassing nie, met die gevolg dat die resultate versluier word deur die energievereistes van die lem self. Die rede hiervoor lê opgesluit in die feit dat die vibre-

rende werktuig slegs in baie vlak gronde ($1\frac{1}{2}$ duim) onder laboratoriumtoestande gebruik is, en dat die raamwerk wat aan vibrasies onderwerp is, relatief groot en redelik swaar was. Die gevolg was dat die energievereistes wat nodig was om die eenheid slegs te vibreer sonder dat dit in die grond was, van dieselfde grootte orde kon wees as die energie wat nodig was vir verbrokkeling, veral by die hoër frekwensies. Die resultate wat verkry is het getoon dat die kluitgroottes deur die frekwensie van vibrasie en voorwaartse spoed beïnvloed word en dat die energievereistes afhanklik was van die kluitgroottes. Geen definitiewe resultate, wat vir implement-ontwerp gebruik kan word, is egter verkry nie, en slegs breë tendense kon aangegee word. Hierdie tendense is nie verklaar nie, maar kon voorspel gewees het indien 'n teoretiese ontleding van die energievereistes gemaak was.

III. DIE SPESIFIEKE ENERGIEVEREISTES VAN NIE-VIBRERENDE GRONDBEWERKINGSWERKTUIE

INLEIDING:

Weens die wye veld wat uit die aard van die studie gedek moes word, is die eerste gedeelte van die ondersoek toegespits op die bepaling van die energievereistes van nie-vibreerende werktuie. Hierdie deel van die ondersoek bestaan uit twee fases, naamlik 'n teoretiese ontleding van die spesifieke energievereistes van 'n gewone skuins lem wat deur die grond beweeg, opgevolg deur praktiese waarnemings met verskillende lemme onder verskillende veldtoestande om die teorie te staaf.

TEORETIESE ONTLEDING VAN DIE ENERGIEVEREISTES VAN 'N NIE-VIBRERENDE SKUINS LEM:-

Soos reeds in die literatuuroorsig vermeld, is die navorsing wat deur Söhne (1956) uitgevoer is, baie nuttig vir die berekening van kragte in grondbewerkingswerktuie, maar nie geskik vir die ontwerp van sulke implemente vir minimum energievereistes nie. Verder is die invloed van die skuins wegbreking aan die sykante van so 'n lem ook weggelaat uit die berekening. Daar is vervolgens besluit om dieselfde kragte-beskouing te gebruik, maar om die spesifieke energieverbruik vir elke onderafdeling soos wrywing, kohesie, ensovoorts afsonderlik te bereken en dit daarna saam te stel om 'n enkele uitdrukking vir die spesifieke energievereistes daar te stel. Ook die effek van die skuins, sywaartse wegbreking van die grond is by die bepaling van die dwarsnitarea en die gewig van die grond in berekening gebring. Söhne het eenvoudig aangeneem dat die grond aan weerskante van die lem vertikaal uitbreek, en dat daar geen onderlinge wrywing tussen die grond op die lem en die onbewerkte grond aan die sykante voorkom nie. Hierdie aanname mag wel aanneemlik lyk indien die bewerkingsdiepte baie vlak is (d.w.s. wanneer die bewerkingsdiepte baie kleiner is as die afmetings van die lem). In sulke gevalle sal die addisionele gewig, en gevolglik ook kragte, as gevolg van die skuins sywaartse wegbreking baie klein wees in verhouding tot die res, en kan dit dus as weglaatbaar beskou word. Indien daar egter tot op groot dieptes bewerk word, is so 'n aanname onaanvaarbaar, en moet die nodige veranderinge in die teorie aangebring word.

Die metode van berekening waar spesifieke energiewaardes in plaas van trekkragte bestudeer word, bied ook die verdere voordeel dat dit algemeen toegepas kan word by die ontwerp van grondbewerkingswerktuie, terwyl 'n nuwe kragte-ontleding vir elke tipe implement gemaak moet word indien die berekening op Söhne se wyse uitgevoer word. Die energie-metode is vervolgens ook toegepas

by die berekening van die spesifieke energie-vereistes van die vibrerende werktuig in 'n latere fase.

Berekening van die Energievereistes van 'n eenvoudige skuins lem:-

Wanneer 'n skuins lem deur die grond voorwaarts beweeg, kan die beweging daarvan in vereenvoudigde vorm soos in figuur 3 voorgestel word. Die lem beweeg teen 'n snelheid v_x deur die grond, en veroorsaak dat die grond op so 'n wyse teen die skuins vlak saamgedruk word, dat afskuiwing langs die vlak AB voorkom. Hierdie afskuiwing veroorsaak dat die grond in die rigting BA gelig word terwyl die lem voorwaarts beweeg. Die afskuiwing langs die vlak vind plaas tot dat 'n nuwe vlak gevorm word wanneer die vorige vlak reeds 'n entjie langs die lem op beweeg het. Aangesien die grond agter die lem vry terugval na die "ploegvoor" toe, kan aangeneem word dat dit dan nie meer 'n invloed op die lem sal hê nie.

Die spesifieke energie wat nodig is om die lem deur die grond te laat beweeg, kan alleen bereken word indien sekere aannames gemaak word, naamlik:

Aannames:-

- Die grond is homogeen en vry van klippe en ander obstruksies wat die lesings kan beïnvloed.
- Die grond wat aan die agterkant van die lem af beweeg, val vry en onbelemmerd terug na die ploegvoor toe sonder om enige invloed op die lem, of op die res van die grond op die lem, te hê.
- Die grond beweeg, na die aanvanklike versnelling by die punt van die lem, teen 'n konstante snelheid v_1 (met betrekking tot die lem) teen die lem opwaarts.
- Die grond beweeg teen 'n konstante snelheid v_g langs die afskuiwvlak (AB) opwaarts na die aanvanklike versnelling. Die afbreking van die grond aan die sykante vind skuins en wrywingsloos plaas, en word slegs teengestaan deur die kohesiekragte in die syvlakke.
- Geen sywaartse beweging van die grond kom voor nie, met die gevolg dat die snelheid en versnelling in daardie rigting nul is.

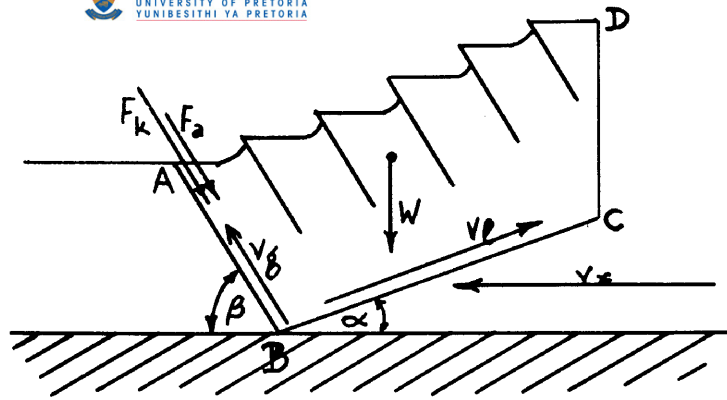
Simbole:-

A = Area van die ploeglint

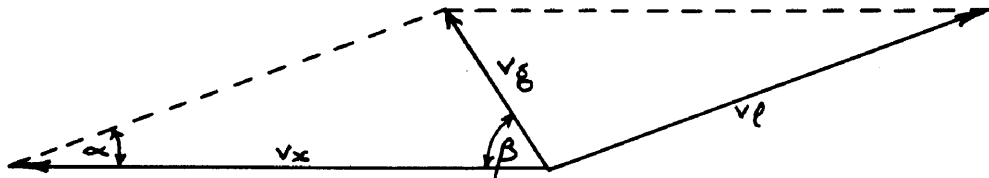
A_a, A_k, A_1 = Energie benodig om onderskeidelik die grond te versnel, kohesiekragte te oorkom en die grond te lig.

A_R = Energie benodig om wrywing te oorkom.

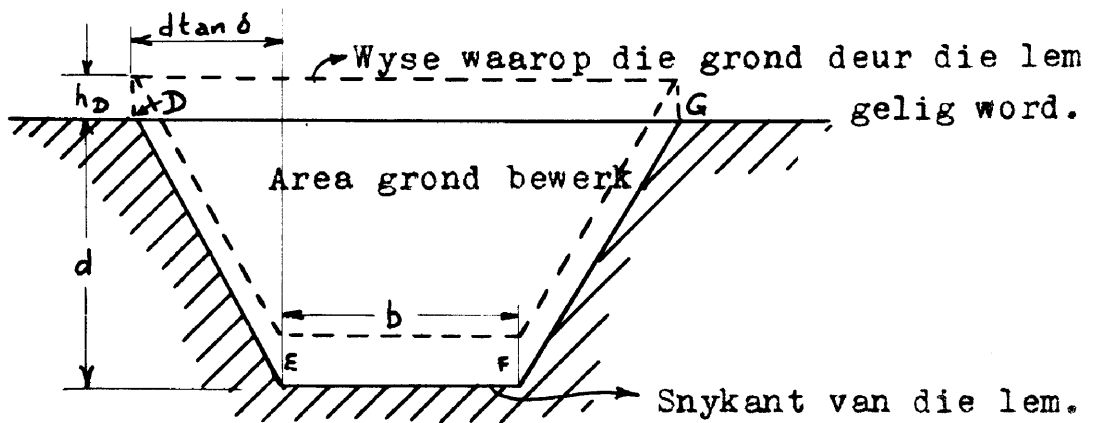
A_{R_a}, A_{R_k} } = Energie benodig om die wrywing, wat deur versnelling-, kohesie- en ligkragte onderskeidelik veroorsaak word, te oorkom.



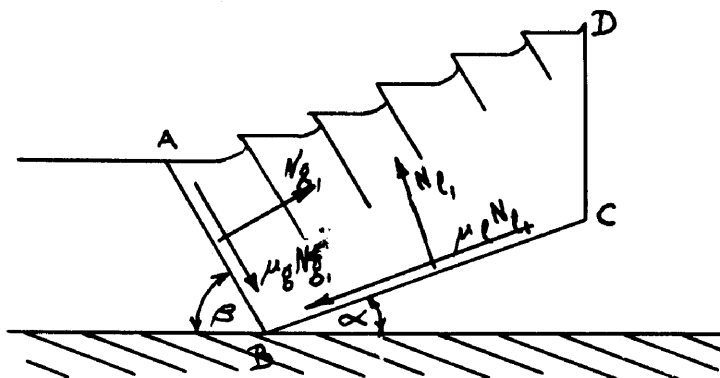
Figuur 3. Skematiese voorstelling van n skuins lem wat deur die grond beweeg.



Figuur 4. Snelheidsdiagram van die grond met betrekking tot die lem.



Figuur 5. Vooraansig van n lem wat deur die grond beweeg.



Figuur 6. Skematiese voorstelling van die kragte wat op die grond inwerk wanneer dit deur die skuins lem gelig word.

| | |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a_a, a_k, a_1,$ $a_{R_a}, a_{R_k},$ a_{R_l} | } = spesifieke energievereistes, d.w.s die energie benodig per eenheidsvolume bewerkte grond, om versnellingskragte, kohesiekragte en ligkragte, asook die wrywing as gevolg van genoemde kragte, te oorkom. |
| b | = Breedte van die lem, loodreg op die bewegingsrigting. |
| c | = Kohesiespanning in pond per vk. vt. |
| d | = Bewerkingsdiepte. |
| d_1 | = Dikte van die grondlaag op die lem, loodreg op die lem gemeet. |
| F_a, F_k | = Versnellings- en kohesiekragte. |
| g | = Swaartekragversnelling (32 vt/sek^2). |
| L | = Lengte van die lem, gemeet in die rigting waarin die grond oor die lem opwaarts beweeg. |
| m | = Massa van die grondlaag op die lem. |
| N_l en N_g | = Normaalkragte wat op die lem en op die afskuifvlak respektiewelik inwerk. |
| t | = Tyd. |
| V | = Volume grond bewerk. |
| v_x | = Horisontale snelheid. |
| v_y | = Vertikale snelheid. |
| v_g en v_l | = Snelhede waarteen die grond langs die afskuifvlak en die lem onderskeidelik opbeweeg. |
| W | = Gewig van die grondgedeelte op die lem. |
| x | = Verplasing in die horisontale rigting. |
| y | = Verplasing in die vertikale rigting. |
| z | = Verplasing in die sywaartse rigting, wat = 0. |
| α | = Hoek tussen die lem en die grond. |
| β^r | = Hoek wat die afskuifvlak AB met die horisontaal maak. |
| γ | = Gewig van die grond per kub. vt. |
| δ | = Hoek waarteen die grond aan die sykante van die lem wegbreek. |
| δ_1 | = Dieselfde as δ behalwe dat δ_1 loodreg op die lem beskou word. |
| τ | = Afskuifspanning. |
| μ_l en μ_g | = Wrywingskoeffisiënte van die grond op staal (BC) en van grond op grond (AB) respektiewelik. |

Wanneer die grond nou oor die lem beweeg, word energie benodig om hoofsaaklik die volgende te oorkom, naamlik:

- Die lig-aksie
- Versnellingskragte

- Kohesiekragte
- Wrywing as gevolg van die lig-aksie
- Wrywing as gevolg van die versnellingskragte
- Wrywing as gevolg van die kohesiekragte
- Die sny-aksie van die lem se voorkant
- Adhesiekragte

(a) Energie benodig om die grond te lig:-

Uit die snelheidsdiagram (Figuur 4) geld die volgende, naamlik:

$$v_x = v_1 \cos \alpha + v_g \cos \beta$$

$$v_y = v_1 \sin \alpha = v_g \sin \beta \quad \dots\dots\dots (a)$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_g} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

Hieruit volg:-

$$v_1 = \frac{v_x}{\sin \alpha (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{----- (i)}$$

en

$$v_g = \frac{v_x}{\sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{----- (ii)}$$

Die energie benodig om die grond te lig is nou

$$\begin{aligned} dA_1 &= W dy \\ &= W v_y dt \quad \dots\dots\dots \frac{dy}{dt} = v_y \\ &= \frac{W v_x dt}{(\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \dots\dots\dots \text{uit (a) en (i)} \end{aligned}$$

Die volume grond wat in 'n tydjie dt bewerk word, word gegee deur $dV = A v_x dt$, waar $A = d (b + d \tan \delta)$ vir 'n lem wat alleen deur die grond beweeg, soos in figuur 5 aangetoon.

\therefore Energie benodig per eenheidsvolume bewerkte grond, dit wil sê $\frac{d A_1}{dV}$, is:

$$a_1 = \frac{W}{d(b + d \tan \delta)(\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{----- (A)}$$

(b) Energie benodig vir Versnelling:-

Aangesien die grondlint teen 'n konstante snelheid langs die lem BC opbeweeg, kom die versnellingskrag slegs op die voorste gedeelte van die lem voor, soos in figuur 3 voorgestel. Uit die snelheidsdiagram (figuur 4) blyk dit dat die grond in die rigting BA versnel word vanaf 'n snelheid 0 tot by 'n snelheid v_g in die rigting BA. Aangesien elke gronddeeltjie hierdie versnelling moet ondergaan ten einde teen 'n snelheid v_1 langs die lem opwaarts te beweeg, kan die versnellingskrag as volg bereken word, naamlik

$$F_a = \frac{W}{g} \times \text{versnelling}$$

$$\therefore dF_a = \frac{\gamma d(b + d \tan \delta) v_x dt}{g} \times \text{versnelling}$$

As aangeneem word dat die grond egalig versnel vanaf 0 tot v_g teen 'n versnelling a , word a gegee deur

$$a = \frac{dv_g}{dt} \quad (\text{vanaf } v = u + at)$$

$$\therefore F_a = \frac{\gamma d(b + d \tan \delta) v_x v_g}{g} \quad \text{----- (i)}$$

vanaf (ii), paragraaf (a):

$$F_a = \frac{\gamma d(b + d \tan \delta) v_x^2}{g \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{----- (ii)}$$

Die energie benodig om die versnellingskrag te oorkom, word gegee deur

$$\begin{aligned} dA_a &= \int_0^{v_g} F_a d v_g dt \\ &= \frac{\gamma d(b + d \tan \delta) v_x}{g} dt \int_0^{v_g} v_g d v_g \quad \text{----- vanaf (i)} \\ &= \frac{\gamma d(b + d \tan \delta) v_x v_g^2 dt}{2g} \\ &= \frac{F_a v_g dt}{2} \end{aligned}$$

Energie benodig per eenheidsvolume bewerkte grond, is

$$\begin{aligned}
 A_a &= \frac{F_a v_g dt}{2gd (b + d \tan \delta) v_x dt} \\
 &= \frac{F_a}{2d (b + d \tan \delta) \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{----- (B)}
 \end{aligned}$$

(c) Energie benodig om die kohesiekrag (F_k) te oorkom:-

Volgens Tersachi (1962) en andere word die afskuifspanning vir grond gegee deur $\tau = c + N \tan \phi$. Die kohesiespanning kan dus beskou word asof dit parallel aan die afskuifvlak voorkom en gevolglik word F_k ook parallel daarmee geneem, soos in figuur 3 aangetoon.

Die kohesiekrag F_k word gegee deur

$$\begin{aligned}
 F_k &= c \times \text{afskuifoppervlakte} \\
 F_k &= \frac{c d (b + d \tan \delta)}{\sin \beta} \quad \text{----- (i)}
 \end{aligned}$$

Die energie wat benodig word om die kohesiekrag te oorkom, word gegee deur

$$dA_k = F_k v_g dt,$$

waaruit, net soos by (B) hierbo, volg dat die energie per eenheidsvolume bewerkte grond gegee word deur

$$a_k = \frac{F_k}{d (b + d \tan \delta) \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{----- (C)}$$

(d) Energie vir die oorkoming van wrywing wat as gevolg van die lig-aksie ontstaan:-

Wanneer die grond oor die lem beweeg, vind afskuiwing langs die afskuifvlak AB ook plaas, met die gevolg dat energie verbruik word om die wrywing tussen die grond en die lem (langs BC) en tussen grond en grond (langs AB) te oorkom. Die kragte word in figuur 6 aangetoon. Deur die kragte horisontaal en vertikaal te ontbind, word gevind dat

$$W = N_{1_1} (\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha) + N_{g_1} (\cos \beta - \mu_g \sin \beta)$$

en
$$N_{1_1} (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) = N_{g_1} (\sin \beta + \mu_g \cos \beta)$$

dit wil sê
$$N_{1_1} = N_{g_1} \cdot \frac{\sin \beta + \mu_g \cos \beta}{\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha} \quad \text{----- (iii)}$$

$$W = N_{g_1} \frac{(\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha)(\sin \beta + \mu_g \cos \beta) + (\cos \beta - \mu_g \sin \beta)(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}$$

$$\therefore N_{g_1} = \frac{W}{E} (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \quad \text{----- (iv)}$$

$$\begin{aligned} \text{Waar } E &= (\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha)(\sin \beta + \mu_g \cos \beta) + (\cos \beta - \mu_g \sin \beta)(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \\ &= (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta)(1 - \mu_1 \mu_g) + (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)(\mu_g + \mu_1) \\ &= \sin(\alpha + \beta)(1 - \mu_1 \mu_g) + \cos(\alpha + \beta)(\mu_g + \mu_1) \quad \text{----- (v)} \end{aligned}$$

Netsoos by (iv) is

$$N_{l_1} = \frac{W}{E} (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) \quad \text{----- (vi)}$$

Die energie verrig om die wrywing te oorkom, word gegee deur

$$d_{A_{R_1}} = \mu_g N_{g_1} v_g dt + \mu_1 N_{l_1} v_l dt$$

Uit (i), (ii), (iv) en (vi) volg nou

$$\begin{aligned} d_{A_{R_1}} &= \frac{W v_x dt}{E} \left[\mu_g \frac{\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha}{\sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} + \mu_1 \frac{\sin \beta + \mu_g \cos \beta}{\sin \alpha (\cot \alpha + \cot \beta)} \right] \\ &= \frac{W v_x dt}{E \sin \alpha \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \left[\mu_g \sin \alpha (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) + \mu_1 \sin \beta (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) \right] \end{aligned}$$

Maar

$$\begin{aligned} \sin \alpha \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \\ &= \sin(\alpha + \beta) \end{aligned}$$

$$\therefore d_{A_{R_1}} = \frac{W v_x dt}{E \sin(\alpha + \beta)} \left[(\mu_g \sin^2 \alpha + \mu_g \mu_1 \sin \alpha \cos \alpha + \mu_1 \sin^2 \beta + \mu_g \mu_1 \sin \beta \cos \beta) + \sin \alpha \sin \beta (E - E) \right]$$

(Waar $\sin \alpha \sin \beta (E - E)$ slegs 'n wiskundige manipulasie is wat die afleiding verkort.)

$$= \frac{Wv_x dt}{E \sin(\alpha + \beta)} \left[(\mu_g \sin^2 \alpha + \mu_g \mu_1 \sin \alpha \cos \alpha + \mu_1 \sin^2 \beta + \mu_g \mu_1 \sin^2 \beta \cos \beta) + \sin \alpha \sin \beta E \right] - \frac{Wv_x dt}{\cot \alpha + \cot \beta} \quad \text{----- (vii)}$$

Vervang E hierin, dan word die betrokke term in die reghoekige hakies:

$$= (\sin^2 \alpha \sin \beta \cos \beta + \sin \alpha \sin^2 \beta \cos \alpha) + \mu_g (\sin^2 \alpha - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta) + \mu_1 (\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta) + \mu_1 \mu_g (\sin \alpha \cos \alpha + \sin \beta \cos \beta - \sin^2 \alpha \sin \beta \cos \beta - \sin \alpha \sin^2 \beta \cos \alpha)$$

$$= \sin(\alpha + \beta) (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) - \text{vervang in (vii)}$$

$$\therefore d_{A_{R_1}} = Wv_x dt \frac{(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) (\sin \beta + \mu_g \cos \beta)}{E} - d_{A_1}$$

\(\therefore\) Arbeid benodig per eenheidsvolume bewerkte grond, is

$$a_{R_1} = \frac{W (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) (\sin \beta + \mu_g \cos \beta)}{d (b + d \tan \delta) E} - a_1 \quad \text{----- (D)}$$

(e) Energie vir die oorkoming van wrywing wat as gevolg van die versnellingskragte ontstaan:-

Aangesien die grond teen 'n konstante snelheid v_1 teen die lem BC opbeweeg, beteken dit dat die versnelling slegs op die elementjie grond by die punt van die lem sal inwerk, soos in figuur 7 aangedui. Die ontleding word net soos by (D) uitgevoer deur horisontaal en vertikaal te ontbind.

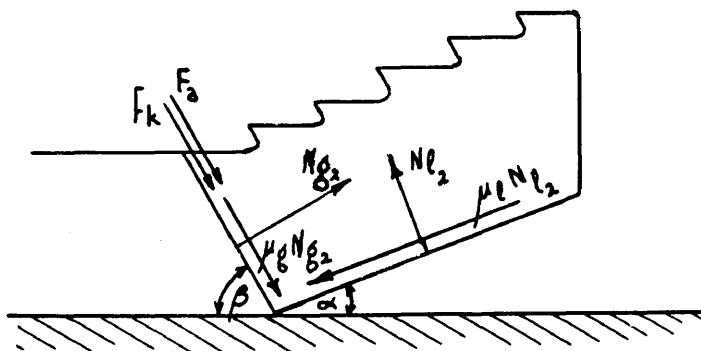
$$F_a \sin \beta = N_{1_2} (\cos \alpha - \mu_1 \sin \alpha) + N_{g_2} (\cos \beta - \mu_g \sin \beta) \quad \text{----- (viii)}$$

$$F_a \cos \beta = N_{1_2} (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) - N_{g_2} (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) \quad \text{----- (ix)}$$

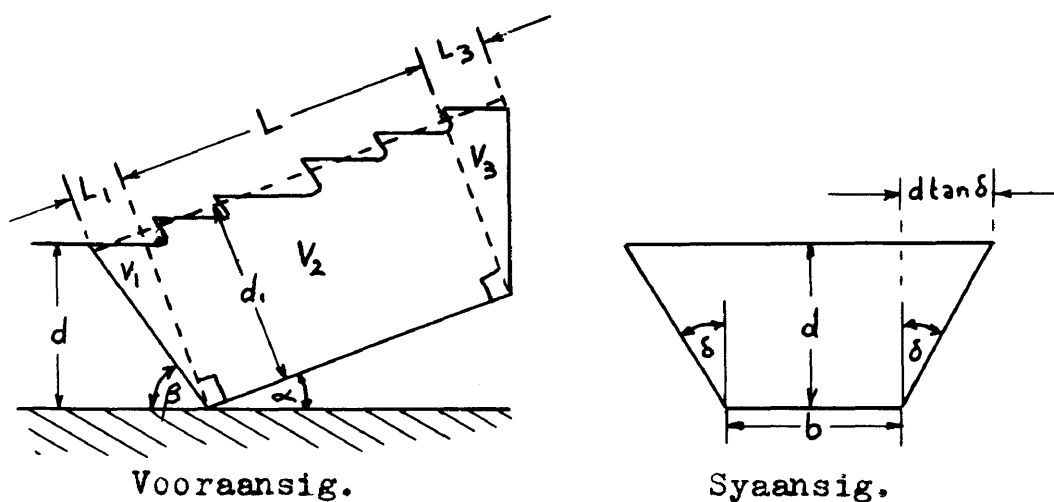
Vergelykings (viii) en (ix) kan net soos by (D) opgelos word vir N_{1_2} en N_{g_2} , en lewer

$$N_{1_2} = \frac{F_a}{E} \quad \text{----- (x)}$$

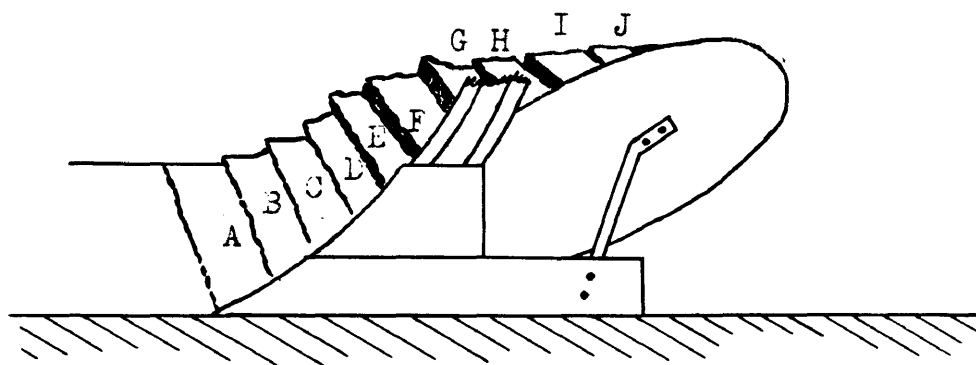
$$N_{g_2} = \frac{F_a}{E} \left[\mu_1 \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta) \right] \quad \text{----- (xi)}$$



Figuur 7. Skematiese voorstelling van die kragte wat deur versnelling en kohesie gevorm word.



Figuur 8. Skematiese voorstelling van die volume grond op die skuins lem.



Figuur 9. Skematiese voorstelling van die beweging van die grondlint oor die rysterplaatploegbodem.

Die energie benodig om die wrywing te oorkom, word gegee deur

$$d_{A_{R_a}} = \mu_g N_{g_2} v_g dt + \mu_1 N_{1_2} v_1 dt$$

Deur (i), (ii), (x) en (xi) hierin te vervang, volg:

$$\begin{aligned} d_{A_{R_a}} &= \frac{F_a v_x dt}{E} \left[\frac{\mu_g \mu_1 \sin(\alpha + \beta) - \mu_g \cos(\alpha + \beta)}{\sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} + \frac{\mu_1}{\sin \alpha (\cot \alpha + \cot \beta)} \right] \\ &= \frac{F_a v_x dt}{E \sin \alpha \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \left[\mu_g \mu_1 \sin \alpha \sin(\alpha + \beta) - \mu_g \sin \alpha \cos(\alpha + \beta) + \mu_1 \sin \beta \right] \end{aligned}$$

----- (xii)

Die term in die reghoekige hakies kan geskryf word as

$$\begin{aligned} &= \mu_g \mu_1 (\sin^2 \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha) - \mu_g (\sin \alpha \cos \alpha \cos \beta - \sin^2 \alpha \sin \beta) + \mu_1 \sin \beta + (E \sin \alpha - E \sin \alpha) \\ &= \mu_g \mu_1 (\sin^2 \alpha \cos \beta + \sin \alpha \cos \alpha \sin \beta) - \mu_g (\sin \alpha \cos \alpha \cos \beta - \sin^2 \alpha \sin \beta) \\ &\quad + \mu_1 \sin \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha - \mu_1 \sin \beta \sin^2 \alpha + \mu_g \sin \alpha \cos \beta \cos \alpha \\ &\quad - \mu_g \mu_1 \sin^2 \alpha \cos \beta + \sin^2 \alpha \cos \beta - \mu_g \sin^2 \alpha \sin \beta + \mu_1 \sin \alpha \cos \alpha \cos \beta \\ &\quad - \mu_g \mu_1 \sin \alpha \cos \alpha \sin \beta - E \sin \alpha \\ &= \mu_1 (\sin \beta \cos^2 \alpha + \sin \alpha \cos \alpha \cos \beta) + \sin \alpha (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta) \\ &= (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta)(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) - E \sin \alpha \\ &= \sin(\alpha + \beta)(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) - E \sin \alpha \end{aligned}$$

----- vervang in (xii)

$$\begin{aligned} \therefore d_{A_{R_a}} &= F_a v_x dt \left[\frac{(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{E} - \frac{1}{\sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \right] \\ &= F_a v_x dt \left[\frac{\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha}{E} \right] - d_{A_a} \end{aligned}$$

∴ Arbeid benodig per eenheidsvolume bewerkte grond, is

$$a_{R_a} = \frac{F_a (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{d (b + d \tan \delta) E} - a_a$$

----- (E)

- (f) Energie vir die oorkoming van wrywing wat as gevolg van die kohesiekragte ontstaan:-

Aangesien die afskuifspanning vir grond gegee word deur

$\tau = c + N \tan \phi$, waar N = Normaalkrag op die afskuifvlak, en ϕ = wrywingshoek, kan aangeneem word dat c parallel aan die afskuifvlak werk, met die gevolg dat die kohesiekrag F_k op die grond sal inwerk soos in figuur 7 aangetoon. Hieruit kan afgelei word dat die energie benodig per eenheidsvolume bewerkte grond (net soos in E) gegee word deur

$$a_{r_k} = \frac{F_k (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{d (b + d \tan \delta) E} - a_k \quad \text{----- (F)}$$

- (g) Energie benodig om die snykrag te oorkom:-

Volgens Hendrick (1962) is die snykrag (F_s) van 'n lem wat deur die grond beweeg, baie min afhanklik van die spoed, en hoofsaaklik 'n funksie van die deursnee van die snykantronding (dit wil sê van die skertheid van so 'n snykant). Verder is eksperimenteel gevind dat die maksimumwaarde van F_s in 'n sandleem by verskillende voginhoudes, slegs in die orde van 12 tot 16 pond was vir 'n snykant met 'n deursnee van 0.014 duim en 'n lengte van 4 duim.

Aangesien hierdie snykrag dus so laag is, kan dit vir berekeningdoeleindes weggelaat word, soos ook deur onder andere Söhne (1956) en andere gedoen is.

Indien dit wel bygevoeg behoort te word, soos in die geval waar die lem baie vlak werk en dus as skoffel gebruik word, kan dit as volg bereken word en slegs as 'n konstante waarde by die res van die energie gevoeg word, naamlik:

Snykrag $F_s = k b$, waar k eksperimenteel bepaal moet word.

Energie benodig om snykrag te oorkom, $dA_s = F_s v_x dt$.

Verder is die energie benodig per eenheidsoppervlakte bewerk,

$$a_s = \frac{F_s}{d (b + d \tan \delta)} \quad \text{----- (G)}$$

Dit blyk dus dat, waar d groot word, a_s baie klein is, en dus as weglaatbaar beskou kan word.

- (h) Energie benodig om die kohesie en wrywing aan die sykante van die grondlint te oorkom:-

Indien die lem van voor beskou word (Figuur 5) kan gesien word dat die grond aan die sykante langs DE en FG teen die kohesiekragte weggebreek moet word.

Aangesien die kohesiespanning c parallel aan die vlakke DE en FG werk, word die energie wat benodig word om die kohesiekrag te oorkom, gegee deur:

$$dA_{k_s} = 2 \left[\frac{c d}{\cos \delta} v_x dt \right] \frac{dy}{\cos \delta}$$

wat 'n tweede orde kleinheid is, en dus weggelaat kan word. Die rede hiervoor word gevind in die feit dat, hoewel die kohesiekrag onder swak toestande redelik groot kan wees, die verplasing wat nodig is om die breuk te veroorsaak, uiters klein is, sodat die produk daarvan weglaatbaar klein is met betrekking tot die res.

Daar kom ook nie enige wrywing op die sykante van die lint voor nie, want deurdat die ling gelig word, is die normaalkragte op die vlakke DE en FG nul.

(i) Totale energie benodig vir bewerking:-

Die totale energie wat benodig word om 'n eenheidsvolume grond te bewerk, word gegee deur die somtotaal van die afsonderlike komponente soos hierb bereken, en kom te staan op:

$$a_{\text{totaal}} = a_1 + a_a + a_k + a_s + a_{R_1} + a_{R_a} + a_{R_k}, \text{ waarvan } a_s \text{ vir diep}$$

bewerking weglaatbaar is.

$$\begin{aligned} \therefore a_{\text{totaal}} &= \frac{1}{d (b + d \tan \delta) E} \left[W (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) \right. \\ &\quad \left. + (F_a + F_k) (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \right] \\ \therefore a_t &= \frac{(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{d (b + d \tan \delta) E} \left[W (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) + F_a + F_k \right] \end{aligned}$$

----- (H)

$$\text{Waar } E = \sin (\alpha + \beta) (1 - \mu_1 \mu_g) + \cos (\alpha + \beta) (\mu_g + \mu_1), \text{ en}$$

W, F_a en F_k nog bereken moet word.

Vergelyking (H) kan ook geskryf word as

$$a_t = \frac{(\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{AE} \left[W (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) + F_a + F_k \right]$$

----- (I)

Waar A = dwarsnitoppervlakte wat bewerk word.

(j) Berekening van W:-

Indien die volume grond op die lem beskou word soos in figuur 8 aangedui, word die totale volume op die lem gegee deur

$$V_1 = V_1 + V_2 + V_3 \quad \text{----- (i)}$$

Uit die figuur blyk nou dat:

$$L_1 = d_1 \cot (\alpha + \beta) \quad \text{----- (ii)}$$

$$\text{en } d_1 = \frac{d \sin (\alpha + \beta)}{\sin \beta} \quad \text{----- (iii)}$$

Nou is die volume van die voorste deel

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{b d_1 L_1}{2} + 2 \left[\frac{d \tan \delta L_1 d_1}{3} \right] \\ &= \frac{b d^2 \sin^2 (\alpha + \beta) \cot (\alpha + \beta)}{2 \sin^2 \beta} + \frac{2 d^3 \tan \delta \sin^2 (\alpha + \beta) \cot (\alpha + \beta)}{3 \sin^2 \beta} \\ &= \frac{d^2 \sin^2 (\alpha + \beta) \cot (\alpha + \beta)}{\sin^2 \beta} \left[\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right] \quad \text{----- (iv)} \end{aligned}$$

Verder is

$$\begin{aligned} V_2 &= b L d_1 + L d_1 d \tan \delta \\ &= (b + d \tan \delta) L d \frac{\sin (\alpha + \beta)}{\sin \beta} \quad \text{----- (v)} \end{aligned}$$

en

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{b d_1 L_3}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta L_3 d_1 \\ V_3 &= \left[\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right] \left[\frac{d^2 \sin^2 (\alpha + \beta)}{\sin^2 \beta} \right] \tan \alpha \quad \text{----- (vi)} \end{aligned}$$

Uit (iv), (v) en (vi) geld nou dat

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{d \sin (\alpha + \beta)}{\sin \beta} \left[\frac{\cos (\alpha + \beta)}{\sin \beta} d \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right) \right. \\ &\quad \left. + L (b + d \tan \delta) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{d \sin (\alpha + \beta) \tan \alpha}{\sin \beta} \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right) \Bigg] \\
 = & \frac{d \sin (\alpha + \beta)}{\sin \beta} \left[L (b + d \tan \delta) + \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right) \frac{d}{\sin \beta} \left\{ \cos (\alpha + \beta) \right. \right. \\
 & \left. \left. + \sin (\alpha + \beta) \tan \alpha \right\} \right]
 \end{aligned}$$

Maar $\cos (\alpha + \beta) + \sin (\alpha + \beta) \tan \alpha$

$$\begin{aligned}
 & = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta + \frac{\sin^2 \alpha \cos \beta}{\cos \alpha} + \sin \beta \sin \alpha \\
 & = \cos \alpha \cos \beta + \frac{(1 - \cos^2 \alpha) \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}
 \end{aligned}$$

$$\therefore V_1 = \frac{d \sin (\alpha + \beta)}{\sin \beta} \left[L (b + d \tan \delta) + \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right) \frac{d \cot \beta}{\cos \alpha} \right]$$

$$\text{en } W = \frac{\gamma d \sin (\alpha + \beta)}{\sin \beta} \left[L (b + d \tan \delta) + \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right) \frac{d \cot \beta}{\cos \alpha} \right]$$

----- (J)

(k) Voorwaardes vir minimum spesifieke Energievereistes:-

Indien vergelykings, (J), (ii) seksie (a) en (i) seksie (b) in vergelyking

(I) vervang word, en $A = d (b + d \tan \delta)$ gestel word, volg:

$$\begin{aligned}
 a_t & = \frac{\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha}{E} \left[\frac{\gamma \sin (\alpha + \beta) (\sin \beta + \mu_g \cos \beta)}{\sin \beta} \right. \\
 & \left. \left\{ \frac{\frac{bd}{2} + \frac{2}{3} d^2 \tan \delta}{b + d \tan \delta} \cdot \frac{\cot \beta}{\cos \alpha} + L \right\} + \frac{\gamma V_x^2}{g \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} + \frac{c}{\sin \beta} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_t & = \frac{\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha}{E \sin \beta} \left[\gamma \sin (\alpha + \beta) (\sin \beta + \mu_g \cos \beta) \right. \\
 & \left. \left\{ \frac{\frac{bd}{2} + \frac{2}{3} d^2 \tan \delta}{b + d \tan \delta} \cdot \frac{\cot \beta}{\cos \alpha} + L \right\} + \frac{\gamma V_x^2}{g (\cot \alpha + \cot \beta)} + c \right]
 \end{aligned}$$

----- (K)

Bespreking:-

Uit vergelyking (K) hierbo blyk dit dat, indien die energie per eenheidsvolume grond bewerk dus 'n minimum moet wees, die volgende vereistes ten opsigte

- van die beheerbare faktore sover moontlik nagekom moet word, naamlik -
- Die hoek wat die lem met die horisontaal maak, moet so klein as moontlik gehou word.
 - Die lengte van die pad waarmee die grond met die lem in kontak bly, moet so klein wees as moontlik.
 - Die voorwaartse snelheid v_x moet so laag moontlik gehou word. Söhne (1956) en andere het egter gevind dat die versnellingskragte, wat die enigste faktor is wat deur v_x beïnvloed word, by 'n gewone ploeg slegs sowat 8 persent van die totale energievereistes beslaan.
 - Die hoek β waarteen die grond voor die lem wegbreek, moet so groot as moontlik wees. Die enigste wyse waarop beheer egter daarop uitgeoefen kan word, is om te sorg dat die grond onder die mees gunstige omstandighede bewerk word vir 'n groot waarde van β . Aangesien $\beta = (45^\circ - \phi/2)$, en ϕ normaalweg toeneem namate 'n grond uitdroog, beteken dit dus dat die grond verkieslik bewerk moet word wanneer dit nat is, mits daar nie ander probleme opduik nie. (Soos adhesie-probleme by swaar kleigronde wanneer hulle nat is.)
 - Beide μ_g en μ_l moet so laag as moontlik wees. Die waarde van μ_g kan ook slegs beheer word deur die mees geskikte vogtoestande vir 'n lae μ_g -waarde te kies. Hierdie toestande kom voor wanneer die grond nat is. Dieselfde argumente geld ook ten opsigte van μ_l , maar verdere beheermaatreëls soos die gebruik van gepoleerde metaaloppervlaktes of materiale met lae wrywingskoëffisiënte kan toegepas word.
 - Die kohesiespanning c moet ook so laag moontlik wees. Die enigste wyse waarop beheer egter hierop uitgeoefen kan word, is deur die bewerking uit te voer wanneer die kohesiespanning laag is, dit wil sê wanneer die grond nat is.

In kort kan dus beweer word dat die minimum energievereistes verkry word wanneer die spoed, die hellingshoek van die lem en die kontakpad tussen die grond en die lem so kort as moontlik gehou word, en indien die voginhoud van die grond redelik hoog is.

Tekortkominge van die konvensionele rysterplaatploeg ten opsigte van die minimum energie vereistes:-

Wanneer die gewone rysterplaatploegbodem beskou word, bestaan dit in effek uit 'n hele reeks skuins lemme, wat elk teen 'n sekere hoek met die loodlyn op die bewegingsrigting aangetref word. Hierdie "lemme" se hellings varieer vanaf 'n minimum by die skaarpunt tot 'n maksimum aan die bo-punt van die rysterplaat, met die gevolg dat voortdurende afskuiwing tussen

die grondsegmente A, B, C, D, ensovoorts plaasvind solank hulle oor die rysterplaat en skaar opwaarts en sywaarts beweeg. (Figuur 9.)

Uit die oogpunt van minimum energievereistes kan die volgende tekortkominge nou gestipuleer word, naamlik:

- Die bewegingspad van die grond oor die ploegbodem is baie lank:-

Die totale lengte van die bewegingspad van die grondlint oor die skaar en die rysterplaat is normaalweg in die orde van 3 voet, en dikwels so hoog as 4 voet. Hierdie lang bewegingspad lei tot geweldige hoë wrywingsverliese tussen die grond en die ploegbodem.

- Die hellingshoek van die ploegbodem neem toe namate die grond daaroor beweeg:-

Hierdie toename van die hellingshoek het hoofsaaklik twee groot nadele, naamlik:

. Dit veroorsaak dat die grondlint voortdurend versnel namate dit oor die rysterplaat op- en sywaarts beweeg, met die gevolg dat die versnellingskragte 'n groot rol begin speel, veral wanneer teen hoë snelhede bewerk word.

. Weens die feit dat die genoemde helling toeneem, vind verdere afskuiwing op die afskuiwvlakke plaas namate die grond oor die rysterplaat beweeg. Hierdie afskuiwing is nutteloos nadat die eerste afskuiwing voorgekom het, want dit dra nie by tot verdere verbrokkeling langs daardie vlak nie, maar dra wel tot onnodige hoë wrywingsverliese by.

- Die grond word onnodig hoog gelig:-

Aangesien baie energie verbruik word wanneer die grondlint gelig word, moet gepoog word om die lint te verbrokkel met die minimum lig-hoogte. Die rede waarom die grond by die gewone ploeg so hoog gelig word, lê natuurlik daarin opgesluit dat die sooi omgekeer word.

Uit onlangse literatuur blyk dit egter dat omkering van die ploeglint slegs die twyfelagtige voordeel bied dat die plantreste bedek word. Möhr (1966) en andere het egter gevind dat stoppelbewerking definitiewe voordele ten opsigte van vogbewing, vogindringing, winderosie-bekamping, bekamping van afloop, ensovoorts lewer, en dat die voordele bo omkering van die ploeglint die enkele nadeel, naamlik swakker onkruidbeheer, heeltemal oorskadu. Laasgenoemde probleem kan tans ook sonder veel moeite oorkom word deur die aanwending van chemiese onkruidodders, wat in alle geval in 'n steeds toenemende mate aangewend word vir die bekamping van onkruid voor en na opkoms van gewasse.

Möhr --(1966) het egter nie hoër onkruidpopulasies of siektebesmetting met stoppelbewerking as daarsonder gekry nie, en Larson (1958), McCalla en Army (1961), Triplett en van Doren (1963) en andere het egter weer gevind dat, waar plantreste op die oppervlakte gehou word, dit kan lei tot beter onkruidbeheer as gevolg van versmoring en as gevolg van die feit dat sade wat op die oppervlakte van die grond lê, nie so maklik ontkiem en ontwikkel as sade wat ingewerk is nie.

Tekortkoming van die Konvensionele Skottel-ploeg ten opsigte van die minimum Energievereistes:-

Net soos in die geval van die rysterplaatploeg, bevat die skottelploeg ook die nadele van 'n onnodige lang bewegingspad oor die skottel, toenemende hellingshoek en onnodige hoogte waardeur die grondlint gelig moet word ten einde omkering moontlik te maak. Die beswaar teen die lang pad word hier gedeeltelik oorkom deur die rotasie van die skottel, wat die wrywingspad tussen die grond en die metaal verkort, maar hierdie voordeel word weer gekanselleer deur groter versnellingskragte en interne wrywingsverliese by die afskuifvlakke deurdat die kromming van die skottel groter is as in die geval van die rysterplaatploeg. Verhoogde verliese as gevolg van die verhoogde wrywingsenergie, wat deur die rotasie van die skottel, tussen die skottel en die ploegbodem verlore gaan, mag moontlik ook hier 'n invloed hê. Hoewel die wrywing tussen die grond en skottel verlaag word deur die rotasie van die skottel, word dit nie uitgeskakel nie, want die bewegingspaaie van die verskillende lae van die grond is min of meer ewe lank, terwyl die bewegingsafstand van die buitenste deel van die skottel groter is as die van die binneste deel, naby die as. Die gevolg hiervan is dan dat daar nog steeds wrywingsverliese voorkom. Praktiese waarneming het ook getoon dat die grond, deur die rotasie van die skottel, hoër gelig word as by die rysterplaatploeg.

Bogenoemde tekortkominge geld ook in 'n mindere of meerdere mate ten opsigte van alle grondbewerkingsimplemente wat in die afgelope dekade ontwikkel is om die gewone ploeg te vervang. Die enigste uitsondering in hierdie verband is die beitelploeë, wat weer die nadeel bied dat die onderste gedeelte van die bewerkte grond nie oral ewe diep losgebreek word nie, met die gevolg dat hoë riwwe onbewerkte grond tussen die beitel-paaie deur die grond agterbly. Hierdie probleem kan oorkom word deur die spasiëring tussen die beitels te verklein, maar so 'n verkleining gaan weer gepaard met baie hoër trekkragvereistes en abnormale fyn verbrokkeling in die boonste lae.

PRAKTIESE BEPALING VAN DIE ENERGIEVEREISTES VAN 'N EENVOUDIGE SKUINS LEM:-

Gesien in die lig van vorige navorsing op grondbewerkingswerktuie waar daar dikwels slegs van een of twee grondtipes gebruik gemaak is, is daar besluit om, vir die doel van hierdie studie, vyf verskillende grondtipes te gebruik. Die vyf gronde was almal tipiese landbougronde, en het gewissel van 'n ligte sand tot 'n swaar, donker kleigrond. Al vyf gronde was op die proefplaas van die Universiteit van Pretoria uitgesoek nadat deeltjie-grootte-ontleding op 'n groot reeks moontlike gronde uitgevoer is. Hierdie gronde is aanvanklik in grondbakke geplaas vir die uitvoering van die eksperimentele werk, maar voorlopige lesings het heelwat probleme ten opsigte van kompaksie, voginhoud en struktuurverandering opgelewer met die gevolg dat gevind is dat die lesings nie vergelykbaar sou wees met tipiese veldtoestande nie. Daar is vervolgens besluit om die vyf gronde onder veldtoestande te bestudeer.

Prosedure wat gevolg is:-

Voordat met die proewe begin is, is daar vyf geskikte persele uitgesoek deur deeltjie-grootte-ontledings op 'n groot aantal moontlike persele uit te voer. Die keuse het op die volgende vyf grondtipes, wat as tipiese landbougronde beskou is en 'n wye veld van ligte tot swaar grond gedek het, geval:

Grondtipe A: Sand

Grondtipe B: Sanderige Leem

Grondtipe C: Sanderige Kleileem

Grondtipe D: Sanderige Klei

Grondtipe E: Klei

Die deeltjie-grootte-ontleding vir elk van die vyf gronde word in tabel 2, bylae A, aangetoon, terwyl figuur 1 van dieselfde bylae die gronde se posisies op die klassifikasie-driehoek aantoon.

Veranderlikes wat ondersoek is:-

Afgesien van die vyf gronde wat vir die doel van hierdie deel van die studie uitgesoek is om 'n goeie variasie ten opsigte van afskuifsterktes, kohesiespannings, digthede ensovoorts te verkry, is die volgende veranderlikes ook ten opsigte van elke grondtipe ondersoek, naamlik:-

- Voginhoud:-

Daar is besluit om elk van die vyf gronde by vier verskillende vogpeile te ondersoek om 'n indikasie te verkry van die moontlike invloed van die voginhoud op die energievereistes daarvan. Weens die feit dat die lesings onder veldtoestande geneem moes word, is daar besluit om die voginhoud tussende tussen die veldkapasiteit (wat ongeveer drie dae na 'n reën bui voorkom) en die verwelkpunt, of laer, te laat varieer deur die grond toe te laat om onder natuurlike toestande uit te droog.

- Snelheid:-

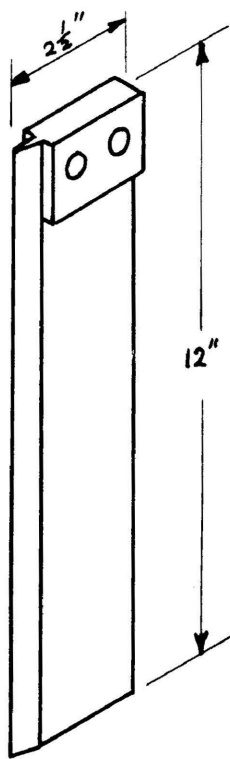
Die invloed van snelheid is bestudeer deur van vier snelhede, naamlik 2, 4, 6 en 8 myl per uur, gebruik te maak. Die eerste drie snelhede val in die snelheidsgebied waarby gronde normaalweg bewerk word, en die snelheid van 8 myl per uur is bygevoeg om voorsiening te maak vir die moontlike verhoogde bewerkingsnelhede van die toekoms, en om die resultate oor 'n wyer gebied te laat strek om moontlike ekstrapolasie uit te skakel.

- Lem-tipes:-

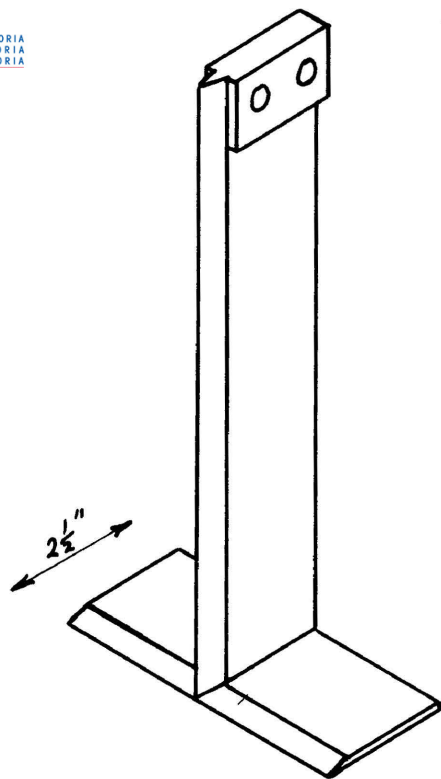
Daar is besluit om van vyf lem-tipes gebruik te maak ten einde te bepaal wat die invloed van lemskuinste, en gevolglik ook versnelling, ligkrag ensovoorts, op die energievereistes van so 'n lem sou wees. Aangesien die lem egter deur die een of ander vorm van skag, wat ook deur die grond moes beweeg, deur die grond gesleep moes word, is daar besluit om 'n gewone vertikale lem as skag te gebruik. Die skuins lemme is daarna aan identiese vertikale skagte, maar teen verskillende hoeke, vasgesweis. (Sien figuur 10.) Hoewel dit uit die literatuur duidelik was dat die skag nie vertikaal nie, en verkieslik ook 'n entjie agter die horisontale snyvlak, aangebring moes word om die trekkrage vereistes tot 'n minimum te beperk, is die snyvlakke van die vertikale skagte en horisontale skuins lemme almal in dieselfde vertikale vlak gehou. Hierdie rangskikking was nodig om te verhoed dat die skaggedeeltes deur grond sou beweeg wat reeds in 'n mate deur die skuins lemme losgemaak is. In so 'n geval sou die kragte op die skaggedeeltes dus deur die aksie van die skuins lemme beïnvloed word, en sou die verskil in die trekkrage vereistes van die lem plus skag, en die skag alleen, nie 'n ware beeld gee van die trekkrage vereistes van die skuins lem nie. Die lemskuinstes wat gebruik is, was onderskeidelik 0, 15, 30 en 45 grade, en die vyfde lem was 'n gewone reguit vertikale lem soos beskryf.

Proefuitleg:-

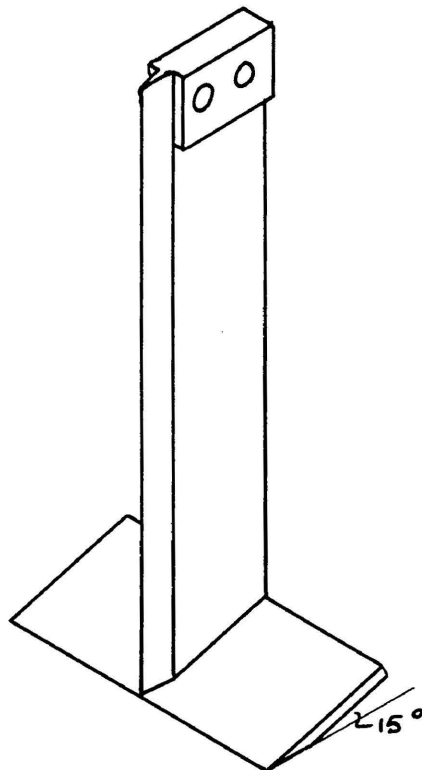
Weens die groot mate van variasie wat onder veldtoestande verwag kon word, is daar, na samesprekings met Dr. G. Reinach (1966), besluit op 'n minimum van drie herhalings vir elke stel lesings. Die aantal herhalings wat uiteindelik gebruik is, was vier, omdat dit die onderverdeling van die persele vergemaklik het en betroubaarheid van die lesings verder verhoog het.



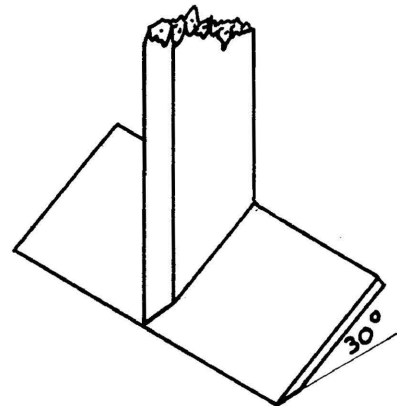
Tipe A. Vertikale skag.
(1-vormige lem.)



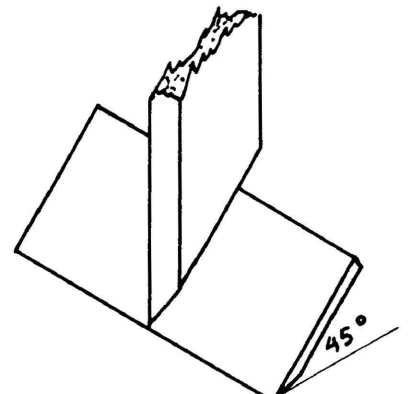
Tipe B. Vertikale skag met
horisontale lem.



Tipe C. Vertikale skag met
15 grade skuins lem.



Tipe D. Vertikale skag met 30
grade skuins lem.



Tipe E. Vertikale skag met 45
grade skuins lem.

Figuur 10. Verskillende lemme wat by die bepaling van die energievereistes van nie-vibrerende lemme gebruik is.

Die totale aantal lesings wat dus geneem moes word, het uit 320 waarnemings per grondtipe bestaan, met die gevolg dat 'n groototaal van 1,600 lesings gedek is. Die lesings is geneem deur elke perseel in vier blokke (vir die vier herhalings) te verdeel, en dit dan statisties uit te lê ten opsigte van voginhoud, tipe implement en snelheid. 'n Ewekansige blokontwerp, wat gesplit is vir snelheid, implement-tipe en voginhoud, is dus vir elk van die vier herhalings van die vyf gronde gebruik. Weens die feit dat alle lesings nie in 'n kort tydjie geneem kon word as gevolg van die nodige voginhoudveranderinge tussen opeenvolgende vogpeile nie is die hele perseel aan die begin beplan asof al die lesings wel saam geneem sou word. Die gedeeltes waar die voginhoud dan nog nie reg was nie, is vervolgens onbewerk gelaat en daar is ook gesorg dat daar nie met die trekkerwiele oor die dele waar lesings nog geneem moes word, gery word nie. Die lengtes waarvoor lesings geneem is, was 30 voet, met 15 voet aanloopgedeeltes tussen opeenvolgende seksies.

Aangesien die implement se baan tussen die trekkerwielspore geleë was, is daar gesorg dat die trekker elke keer op dieselfde spore van perseel tot perseel beweeg het, terwyl die implement wat op die driepuntstelsel gemonteer was, net op die regte plekke laat sak is. Hierdie metode het ook handig te pas gekom by hoë snelhede, waar die trekker eers op spoed gebring is voordat die implement laat sak is, met die gevolg dat baie korter meetseksies gebruik kon word.

Die seksies waar bewerking toegepas is, is eers vooraf met 'n gewone driepunt-gemonteerde skraper gelyk gesleep om te verseker dat die implement-diepte konstant gehou kon word, om onkruid te verwyder en om onnodige stampe en skokke, wat die instrumente andersins kon beskadig, uit te skakel. Daar is ook op dieselfde wyse gesorg dat onkruid nie tussen vogveranderinge kans kon kry om op die persele te groei en so die lesings sou beïnvloed nie. Deurdat die skraper net wyer as die trekker se wielspasiëring was, was daar nie gevaar dat die gedeelte in die middel, wat vir die neem van lesings benodig was, deur die trekkerwiele gekompakteer sou word nie. Daar kon dus herhaaldelik oor die persele gery word met die versekering dat die trekkerwiele altyd in dieselfde spore sou loop.

Meetmetodes vir die bepaling van Grondkonstantes:-

Die verskillende faktore wat tydens hierdie gedeelte van die werk bepaal moes word, was die volgende, naamlik:

- . Deeltjiegrootte-ontleding
- . Bulkdigtheidsbepaling
- . Bepaling van die voginhoud
- . Bepaling van die kohesie- en afskuiwspannings
- . Bepaling van die wrywingskoeffisiënt tussen staal en grond
- . Bepaling van die snykragte

(a) Deeltjiegrootte-ontleding:-

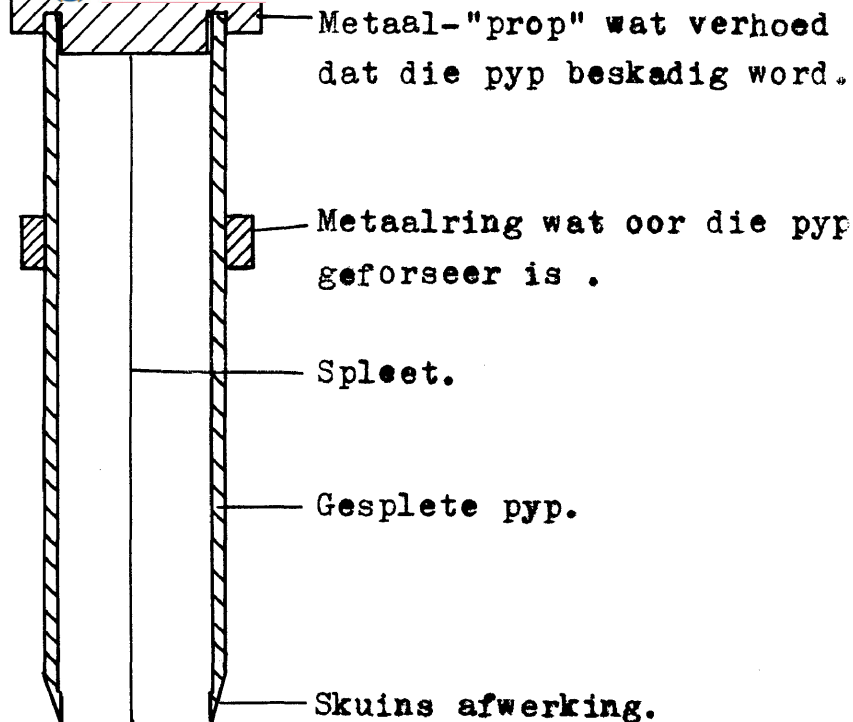
Die deeltjiegrootte-ontleding van die vyf gronde is gedoen deur grondmonsters op drie verskillende posisies by elke perseel te neem, dit deeglik te meng en dit dan deur middel van die hidrometer-metode in die laboratorium te ontleed. Tydens die neem van elke monster is daar gesorg dat die grond oor die volle diepte van nege duim geneem word voordat die drie grondmonsters gemeng is. Daar is ook drie herhalings vir elke posisie uitgevoer, en die resultate word in figuur 1 van bylae A aangetoon.

(b) Bulkdigthede:-

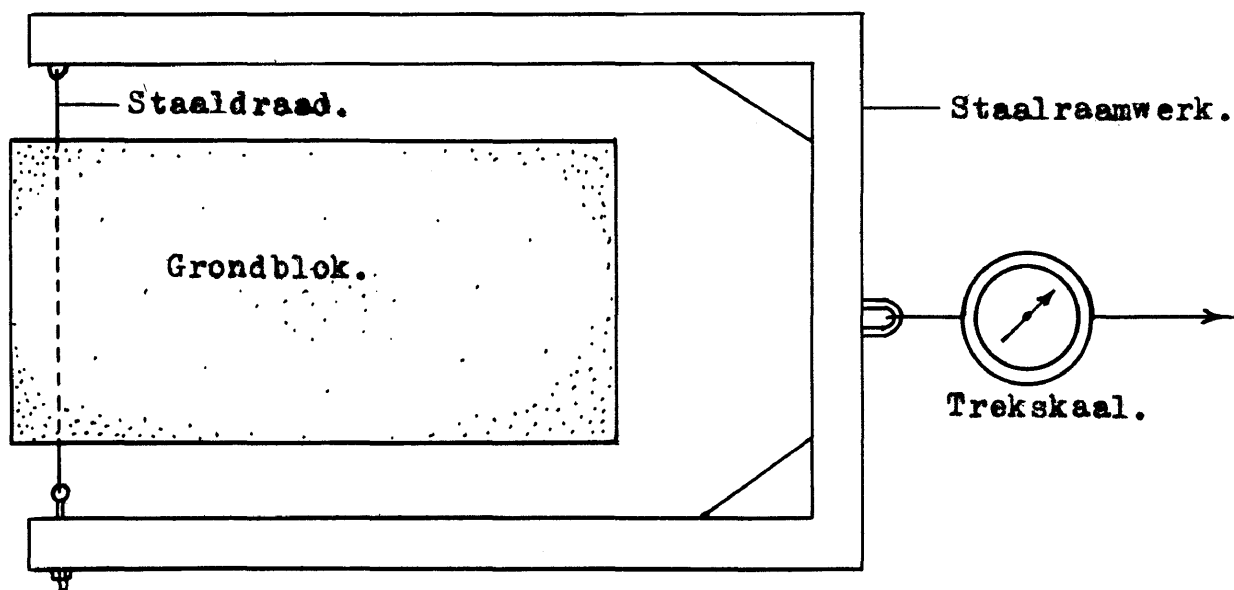
Die bulkdigthede van die gronde is bepaal deur onversteurde monsters op drie verskillende dieptes en by drie verskillende posisies op elke perseel te neem, en dan die bulkdigtheid in die laboratorium te bepaal. Die onversteurde monsters is geneem deur middel van 'n pyp, wat in die lengte aan die een sykant deurgesny is deur middel van 'n metaalskaaf, en wat aan die onderkant so afgewerk is dat die snykant se deursnee effens kleiner was as die deursnee van die res van die pyp. (Figuur 11.) Die snykant is van buite af skerp gemaak sodat geen kompaksie van die monster kon voorkom nie, en die groter deursnee van die pyp het ook veroorsaak dat wrywing aan die sykant van die monster uitgeskakel is sodat kompaksie daardeur verhoed is.

Die pypdele is deur middel van 'n styfpassende metaalring teen mekaar gedruk, en dan deur middel van 'n domkrag, wat onder 'n trekker aangebring is, teen 'n egalige spoed in die grond ingeforseer. Hierna is dit uitgegrawe en na die laboratorium geneem sodat die afnemings en gewig van die monster bepaal kon word. Drie herhalings van elke stel lesings is geneem en hoewel dit bekend is dat die voginhoud toeneem met diepte, is besluit om die gemiddelde bulkdigtheid van die boonste nege duim van elke grondtipe as maatstaf te gebruik. Hierdie metode van digtheidsbepaling is so gekies om ooreen te stem met die vobepaling wat by die bewerkingsproewe gebruik is.

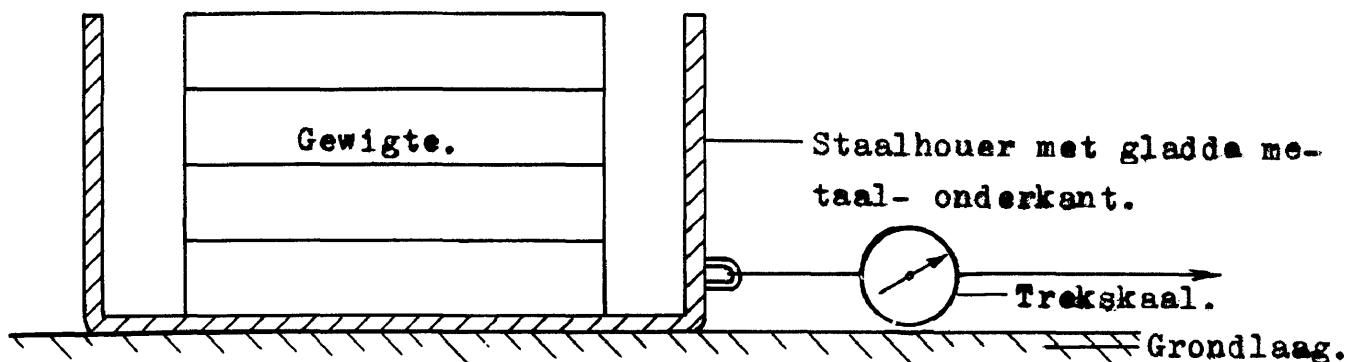
Die resultate word in tabel 1 van bylae A aangegee.



Figuur 11. Apparaat wat gebruik is vir die neem van grondmonsters vir die bepaling van die bulkdigtheid.



Figuur 12. Apparaat wat vir die bepaling van die gronde se snykragte gebruik is.



Figuur 13. Apparaat wat vir die bepaling van die wrywingskoeffisiënte van die gronde gebruik is.

(c) Bepaling van die Voginhoude:-

Die voginhoud is bepaal deur 'n hol buis nege duim diep in die grond in te dryf, en die monster dan met behulp van die oonddroog-metode te ontleed vir voginhoud. Daar is twaalf monsters, willekeurig versprei oor die volle perseel, vir elke perseel by elke voginhoud geneem. Die eerste stelle lesings is tussen drie en vier dae na 'n goeie deurdringende reënbui geneem (dit wil sê by veldkapasiteit), en deur met gereelde tussenposes daarna weer vogmonsters te neem, kon min of meer bepaal word wanneer die voginhoud weer reg sou wees vir die daaropvolgende stelle lesings (dit wil sê by die tweede, derde en vierde voginhoude). Tabel 2 van bylae A toon die resultate wat verkry is.

(d) Kohesie- en Afskuifspannings:-

Die kohesie- en afskuifspannings van elk van die vyf gronde is bepaal deur gebruik te maak van die direkte afskuifmetode. Daar is vyf monsters op drie verskillende posisies en op drie verskillende dieptes geneem. Hierdie onversteurde monsters is daarna in die laboratorium aan die direkte afskuiftoets onderwerp terwyl beladings van 0, 5, 10, 15, en 20 pond per vierkante duim (elke keer op 'n nuwe monster) aangewend is as vertikale belading. Die verskillende waardes is hierna in grafiekvorm weergegee, en die kohesiespanning is verkry as die snypunt op die ordinaat, terwyl die grond se wrywingskoeffisiënt (μ_g) verkry is deur die helling van die grafiek te bepaal.

Die resultate word in figure 2 tot 6 van bylae A aangedui.

(e) Bepaling van die Wrywingskoeffisiënt (μ_l) tussen die grond en staal:-

Die wrywingskoeffisiënte vir die vyf gronde is bepaal deur 'n staalhouer, wat met gewigte belaa is totdat 'n gewig verkry is wat min of meer ooreengestem het met die normaaldruk op die lem tydens bewerking, oor die perseel te trek (Figuur 13) Hierdie houer is met behulp van 'n eenvoudige trektipe veerskaal met die hand oor die grond getrek sodat die trekkrag direk afgelees kon word. Die vlak waarop die lesings geneem is, is eers vooraf gelyk geskraap om enige onegalighede uit te skakel, en sorg is ook gedra dat die vlak horisontaal was sodat die trekkragte nie deur verskille in hoogte tussen die begin en die end van die waarneming beïnvloed kon word nie. Die spoed waarteen die apparaat oor die grond getrek is, was ongeveer 4 duim per sekonde. Hoewel die spoed dus laer was as die spoed waarteen die grond oor die lem sou beweeg tydens die neem van die resultate, word die wrywingskoeffisiënt nie daardeur beïnvloed nie. (Payne - 1956 en Nikiforov en Bredun - 1965.)

Die persele is weereens onderverdeel sodat lesings op drie posisies en op drie dieptes (3 duim, 6 duim en 9 duim onder die oppervlak) by elkeen van die posisies geneem kon word. Die lesings is vier keer herhaal, en die resultate word in tabel 3 van bylae A weergegee.

(f) Snykragte:-

Die snykragte is bepaal deur 'n vurkvormige staaalraam, waaraan 'n hoëspanningstaaldraad van sowat 0.015 duim deursnee gespan is, met behulp van 'n trekskaal deur reghoekige grondblokke in die land te trek, en die trekkrag van die skaal af te lees. (Figuur 12). Die dikte van die draad het min of meer ooreengestem met die deursnee van die snykante van die lemme. Die grondblokke is verkry deur die omliggende grond met 'n graaf te verwyder en die blok dan af te werk totdat die regte afmetings verkry is (6 duim wyd x 12 duim lank x \pm 4 duim hoog). Sorg is gedra dat die natuurlike toestand van die grond nie versteur is voordat die lesings geneem is nie, en die draad is teen ongeveer 4 duim per sekonde deur die grond getrek. Hierdie snelheid verskil weereens van die snelheid waarteen die lesings met die implement geneem moes word, maar volgens Hendrick (1962) en andere is die snykrag van die grond nie veel afhanklik van die snelheid nie. Aangesien die sny-energie verder ook slegs 'n baie klein gedeelte van die totale energie uitmaak is dit deur Söhne (1956) en andere geïgnoreer. Die vermoede dat dit ook in hierdie geval slegs 'n baie klein deel van die totale energie sou uitmaak, is later deur die praktiese resultate gestaaf, en selfs 'n redelik growwe fout met die bepaling van die snykrag sal dus slegs 'n baie geringe invloed op die totale energievereistes hê en dus nie die akkuraatheid beïnvloed nie.

Ook in hierdie geval is daar drie herhalings per perseel geneem, en by elke herhaling is monsters op 3 duim, 6 duim en 9 duim dieptes onderskeidelik geneem. Die resultate word in tabel 4 van bylae A aangegee vir elk van die vyf gronde.

Beskrywing van Apparaat wat gebruik is:-

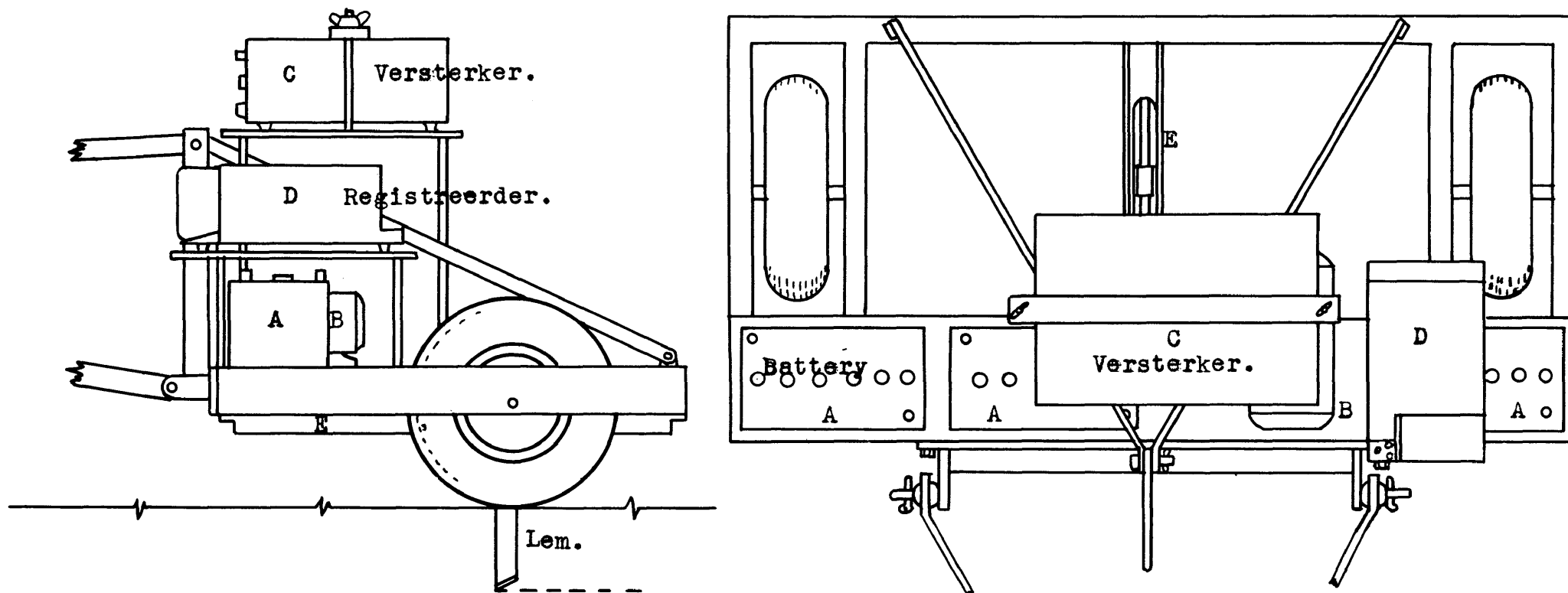
Aangesien die aard van die ondersoek sodanig was dat 'n groot gedeelte van die apparaat wat gebruik is, self ontwikkel en gebou moes word, word hierdie seksie slegs gewy aan sulke apparaat, en word die standaard-tipe apparaat soos wat benodig was vir die direkte afskuiftoetse, deeltjiegrootte-ontledings ensovoorts, en wat reeds in die betrokke besprekings genoem is, nie behandel nie.

Apparaat vir die bepaling van die Energievereistes van die skuins lemme:-

Die energievereistes van 'n skuins lem is bestudeer deur van die vyf lemme soos reeds beskryf (sien figuur 10) gebruik te maak om die invloed van snelheid, hellingshoek, voginhoud en grondtipe op die energie-verbruik daarvan te bestudeer.

Die apparaat wat vir hierdie deel van die studie gebruik is, het uit 'n stewige staalraamwerk, wat met twee wiele toegerus was en aan die driepuntstelsel van die trekker gekoppel kon word, bestaan. (Sien figuur 14.) Hierdie raamwerk is so ingerig dat die volledige rekstrokie-registreer-apparaat, wat uit die volgende items bestaan het, daarop gemonteer kon word, naamlik:-

- 3 x 12 volt x 57 Ampere-uur loodsel-batterye, wat as elektriese kragbron diens gedoen het (A, figuur 14).
- 'n Elektriese motor-generator kombinasie, wat as omskakelaar diens gedoen het, en wat gebruik is om die 12 volt gelykspanning in 'n 115 volt, 60 hertz, wisselspanning om te sit sodat die res van die apparaat daardeur aangedryf kon word (B, figuur 14).
- 'n Drie kilohertz dragolf-tipe C.E.C. vier-kanaal wisselstroomversterker wat nie alleen die seine vanaf die rekstrookies versterk het nie, maar ook diens gedoen het as gestabiliseerde spanningsbron (5 volt) vir die aktivering van die rekstrookbrûe. Aangesien die versterker egter ontwerp was vir die aandrywing van 1,000 ohm galvanometers met 'n lae sensitiwiteit, moes interne weerstande aan die uitsetkant aangebring word om die nodige impedansie-aanpassing en spanningsverdeling te verkry terwyl die kritiese dempweerstand van die 120 ohm hoë-sensitiwiteit galvanometers gehandhaaf is (C, figuur 14).
- 'n Veertien-kanaal C.E.C. galvanometer-tipe optiese registreer-apparaat, wat met foto-sensitiewe papier toegerus is en waarop die beweging van die galvanometer spieëltjies deur middel van die gereflekteerde ligstrale in grafiese beelde oorgesit is (D, figuur 14). Die apparaat wat vir die rekstrokiemeting gebruik is, is deur die batterye aangedryf en was volledig op die driepuntstelsel van die trekker gemonteer sodat alle kontroles en skakelaars van die operateur se sitplek af bygekom kon word vir maklike kalibrasie, instelling en balansering van die apparaat. Hierdie metode het die operateur in staat gestel om al die lesings self te behartig, en om die registreer-apparaat net op die regte tydstippe aan en af te skakel. Die registreer-apparaat



Figuur 14. Skematiese uitleg van die apparaat wat gebruik is by die bepaling van die energievereistes van die nie-vibreerende skuins lemme.

het uit die 3 kilohertz dragolf-versterker en 14 kanaal optiese registreer-apparaat bestaan wat albei aangedryf is deur die 115 volt 60 hertz wisselstroom wat deur middel van die motor-ontwikkelaar-kombinasie vanaf drie twaalf volt loodselbatterie verkry is.

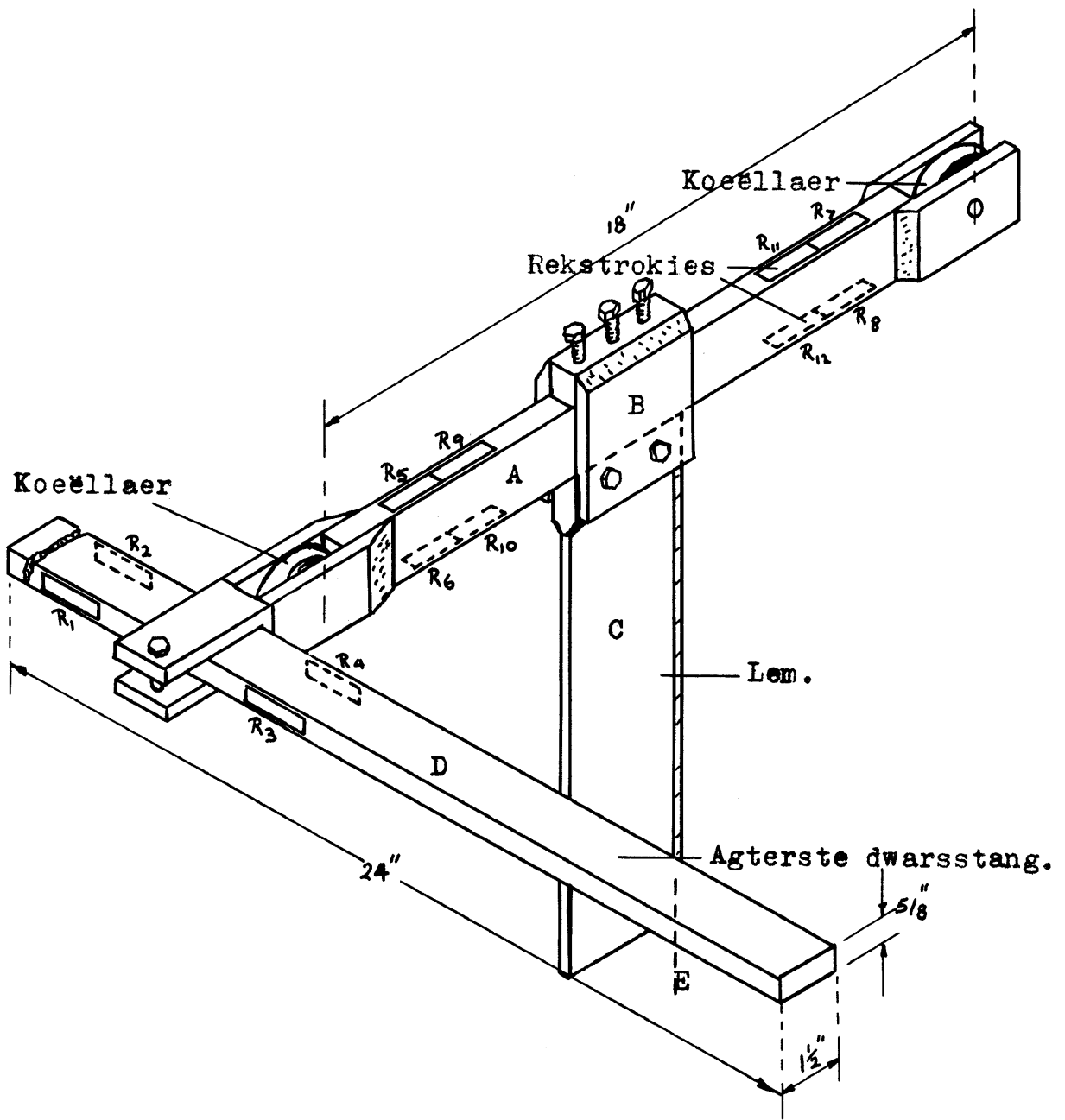
Apparaat vir die meting van horisontale en vertikale kragte:-

Die horisontale en vertikale kragte, asook buigmomente as gevolg van die horisontale kragte, is bepaal deur die reeds genoemde raamwerk aan die onderkant van 'n T-vormige raamstuk te voorsien, waarin die T-vormige stange wat in figuur 15 voorgestel word, gemonteer is (sien E, figuur 14). Die stang wat in die bewegingsrigting aangebring is, is met rekstrookies toegerus sodat die vertikale kragte en buigmomente as gevolg van die horisontale kragte, deur middel van twee volle rekstrookbrûe verkry kon word (sien A, figuur 15). Hierdie stang is ook in die middel met 'n stibeuel (B) toegerus, waaraan die lemme (C) sonder moeite bevestig kon word of omgeruil kon word tydens waarnemings. Die stang is ook aan die voor- en agterkante met koeëllaers, wat tussen parallel vlakke kon beweeg, toegerus om enige wrywing in die horisontale lengterigting uit te skakel. Aan die agterkant is die stang A met behulp van 'n enkele bout aan 'n dwarsstang (D) verbind. Hierdie dwarsstang is met rekstrookies toegerus, en het aan weerskante teen twee bonte (E) vasgeskop sodat die horisontale kragte in die vorm van buigmomente by die rekstrookbrug voorgekom het (sien figuur 15). Weens die feit dat die koeëllaers tussen parallel vlakke aangebring is, kon hulle beide opwaartse en afwaartse drukke weerstaan, en gevolglik is die T-vormige stange daardeur in posisie gehou.

Hoewel daar oorspronklik besluit is om beide horisontale en vertikale kragte te meet, was die groottes van die variasies in die vertikale kragte van dieselfde orde-grootte as die kragte self, en kon tendense dus nie vasgestel word nie. Die hoofrede hiervoor moet gevind word in die feit dat die vertikale kragte baie kleiner was as die horisontale kragte.

Aangesien die vertikale kragte egter nie noodsaaklik was vir die bepaling van die energievereistes nie, is 'n groter aantal herhalings as onprakties beskou om statisties betekenisvolle verskille ten opsigte van vertikale kragte aan te toon. Met die bepaling van die horisontale kragte en buigmomente is egter geen noemenswaardige probleme ondervind nie.

Die buigmoment-meting is slegs aangebring om as kontrole oor die horisontale kragtemeting te dien, en het baie handig te pas gekom by die identifikasie van die verskillende krommes. Die rede hiervoor was dat die horisontale trekkragkrommes en die buigmoment-krommes min of meer identiese eienskappe gehad het wat aansienlik van die eienskappe van die kromme vir die



Figuur 15. Voorstelling van die raamstuk waaraan die nie-vibrerende lemme bevestig is vir die bepaling van die energievereistes.

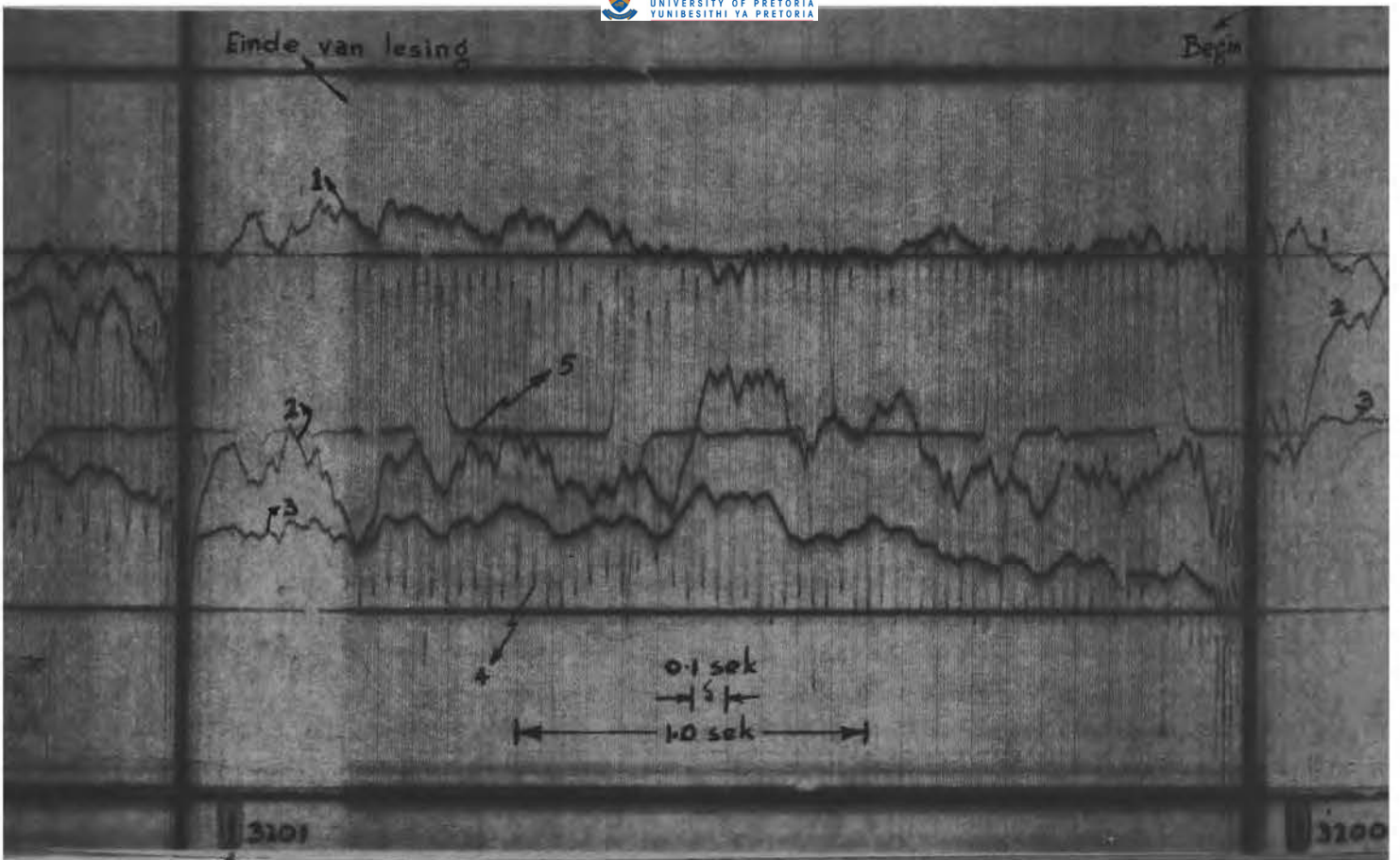
vertikale kragte verskil het. Verder is die uitwykings van die buigmoment-krommes ook so ingestel dat dit ongeveer 50 persent laer as dié van die krommes vir die horisontale kragte was. Hierdie verstelling het die voordeel gebied dat die twee betrokke krommes maklik identifiseerbaar was en het ook daartoe gelei dat geen lesings verlore gegaan het as gevolg van skielike en onverwagte toenames in grondweerstand nie. Indien die verstellings nie so gedoen was nie, sou daar deurgaans by laer sensitiwiteite gewerk moes word om te verhoed dat die afwykings van die krommes die wydte van die foto-sensitiewe papier dalk sou oorskryf. In bogenoemde geval kon die horisontale trekkrag in 'n noodgeval pro rata van die buigmoment-kromme af verkry word. Figuur 16 toon 'n voorbeeld van die tipe lesings wat van die foto-sensitiewe papier verkry is, en die vyf groothede wat geregistreer is, word duidelik aangetoon. Die vyf groothede was onderskeidelik:-

- Vertikale kragte (kromme No. 1)
- Horisontale kragte (kromme No. 2)
- Buigmomente (kromme No. 3)
- Snelheid- en afstandmeting (kromme No. 4)
- Afstandmeting alleen (kromme No. 5)

Snelheids- en Afstandmeting:-

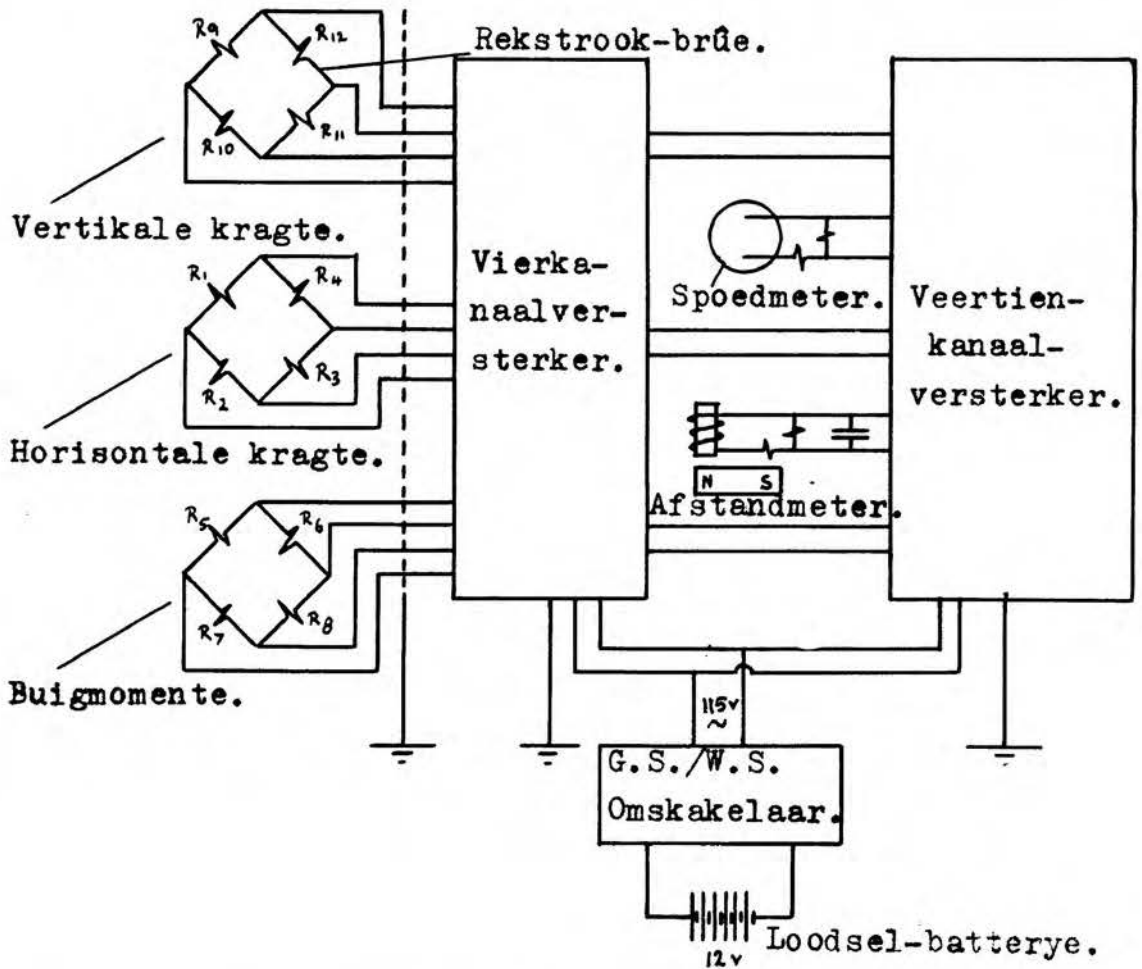
Die snelheid waarteen die implement deur die grond beweeg het, is bepaal deur die apparaat met 'n 28 duim fietswiel, waarvan die binneband ongeveer 90 persent met water gevul is om 'n mate van demping en ook 'n groter gewig te verkry, toe te rus. Die fietswiel is so aangebring dat dit presies in die trekker (en ook die apparaat) se wielspore beweeg het, en dit is van 'n wisselstroomtago-generator voorsien wat vier siklusse per omwenteling van sy rotor gelewer het. Die aandryfkatrol van die generator is so gemaak dat dit presies een omwenteling per voet voorwaartse beweging van die apparaat gemaak het, en die wisselsein is deur middel van die nodige spanningsverdeling en impedansie-aanpassing so verlaag dat dit direk aan een van die galvanometers oorgedra kon word. (Plaat 1, bladsy 123). 'n Sinusvormige wisselsein is dus op hierdie wyse grafies verkry, en die amplitude daarvan het 'n direkte indikasie van die voorwaartse snelheid gegee, terwyl opeenvolgende pieke elke keer 'n voorwaartse beweging van presies drie duim voorgestel het.

Die fietswiel is ook van twee permanente magneetjies, wat by 'n statiese spoel met 'n sagte ysterkern verbybeweeg het, voorsien, sodat 'n impuls by elke halwe omwenteling van die fietswiel verkry is, Hierdie impuls is aangewend om 'n uitwyking in die statiese kromme van een van die galvanometers te weeg te bring. Hierdie uitwyking het elke keer 'n halwe fietswiel-omwenteling



Lesing nommer

Figuur 16. Filmstrook wat met die nie-vibrerende lem verkry is.



Figuur 17. Skematiese voorstelling van die elektriese stroombaan vir die nie-vibrerende lemme.

voorwaartse beweging voorgestel, en het baie handig te pas gekom by die bepaling van die gemiddelde snelhede oor groter afstande.

Figuur 17 toon die volledige elektriese stroombaan van die apparaat wat vir hierdie deel van die ondersoek gebruik is, skematies aan.

Kalibrasie van die apparaat wat gebruik is:-

Kalibrasie van Apparaat vir die meet van Kragte:-

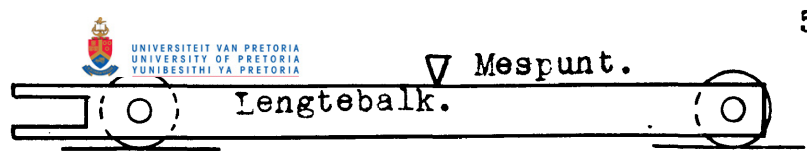
Die stange wat met rekstrokies toegerus is vir die bepaling van die kragte wat op die lem inwerk, is vir vertikale kragte gekalibreer deur die staaf waaraan die lemme bevestig sou word (A, figuur 15), in die middel te belaa. Die belading is verkry deur die staaf op die koeëllaers te laat rus terwyl kragte via 'n mespunt by die middel van die staaf met behulp van 'n hidrouliese druk- en trektoetsapparaat aangewend is. Hierdeur kon 'n reeks galvanometerlesings verkry word vir beide toenemende en afnemende beladings. (Figuur 18A.)

Die kalibrasie vir die horisontale kragte is op die dwarsstaaf (D, figuur 15) uitgevoer deur dit op twee bonte te plaas en in die middel te belas. (Figuur 18B.) Die twee bonte is eers vooraf in die gewenste posisie op 'n raamwerk vasgesweis sodat die toestande waaronder die dwarsstaaf sou werk, nageboots is. Die kragte is weereens van die hidrouliese trek- en druk-apparaat verkry, en volledige stelle lesings is vir beide toenemende en afnemende beladings verkry. Die versterker is so ingestel dat gerieflike volskaaluitwykings verkry is, en volledige kalibrasie-krommes is vir elk van die gevalle opgestel. Tydens die kalibrasie van die vertikale kragte is daar ook seker gemaak dat die buigmoment-lesings geen noemenswaardige uitwykings getoon het nie ten einde te verseker dat dit nie deur die vertikale kragte beïnvloed sou word nie. Hierna is die staaf aan direkte drukkragte in die lengte-riktigting onderwerp om ook seker te maak dat die horisontale kragte geen invloed op die buigmomente of vertikale kragte sou hê nie.

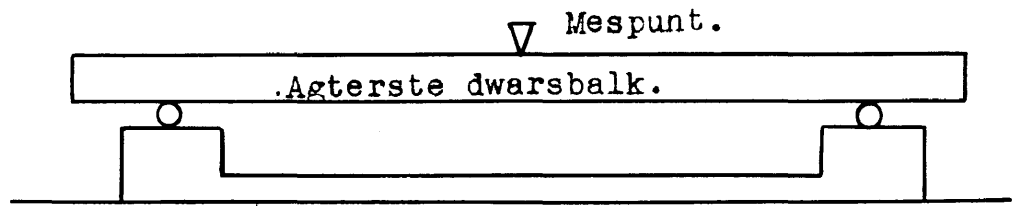
Vervolgens is die stang (A, figuur 15) in die middel van 'n L-vormige verlenging voorsien sodat 'n buigmoment en vertikale krag gelyktydig nageboots kon word. (Figuur 18C.)

Nadat seker gemaak is dat die vertikale kragte nie deur die buigmomente beïnvloed word nie, is die apparaat vir buigmomente gekalibreer deur die versterker so in te stel dat 'n gerieflike volskaaluitwyking verkry is.

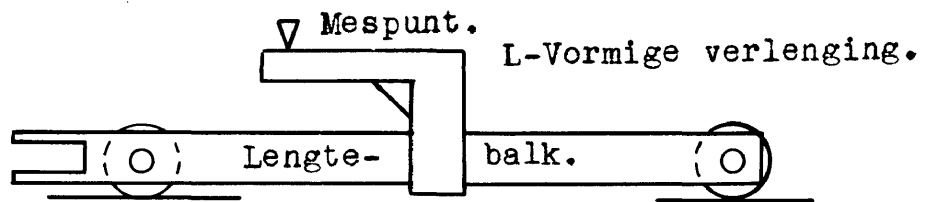
Die kalibrasie-krommes, wat uit die gemiddeld van vier stelle lesings saamgestel is, word in figuur 7 van bylae A aangegee, en het



A. Vertikale kragte.

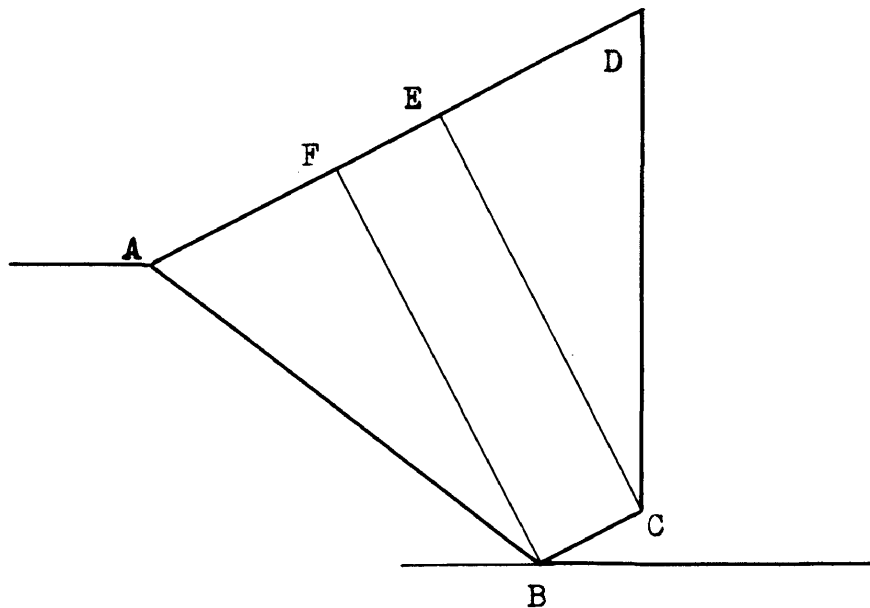


B. Horisontale kragte.

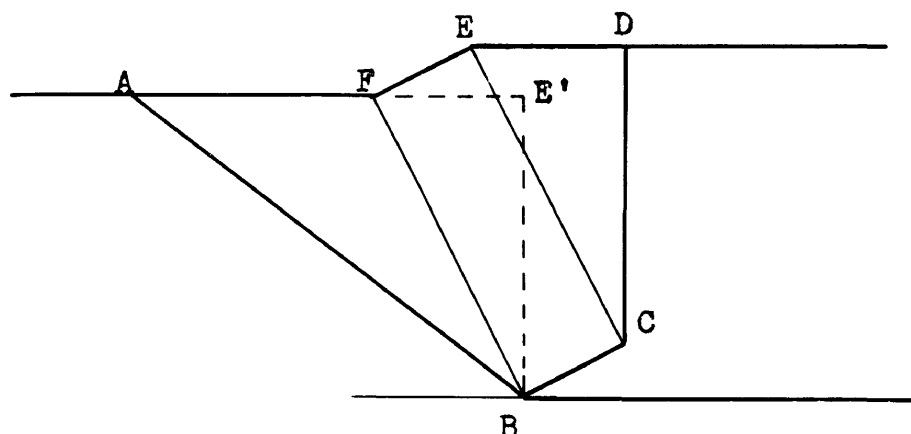


C. Buigmomente.

Figuur 18. Metode waarop die rekstrookies gekalibreer is.



Figuur 19. Diagram vir die berekening van die gewig grond W.



Figuur 20. Diagram vir die berekening van die gewig grond W^*

geen histerese effekte of afwykings ten opsigte van lineariteit getoon vir enige van die drie meetwaardes nie.

Kalibrasie van die Snelheidsmeter:-

Die snelheidsmeter is gekalibreer deur die apparaat onder dieselfde landtoestande waaronder die lesings geneem sou word, teen verskillende snelhede tussen vaste bakens deur te laat beweeg terwyl die snelheid deur middel van die galvanometers op die foto-sensitiewe papier geregistreer is. Die tyd wat verstryk het terwyl die apparaat tussen die bakens deurbeweeg het, is terselfdertyd deur middel van stophorlosies bepaal, en die nodige kalibrasie-kromme is na vier herhalings getrek. Aangesien die eerste kalibrasie egter nie op 'n gerieflike skaal voorgekom het nie, is 'n verdere verfynde verstelling gemaak voordat die finale kalibrasie op 'n gerieflike skaal verkry is.

Die kalibrasiekrommes van die spoedmeter voor en na instelling word in figuur 8 van bylae A aangetoon. Hierdie krommes is vir toenemende snelhede verkry en toon die gemiddeldes van vier stelle waarnemings. Geen histerese effekte of afwykings ten opsigte van lineariteit is verkry nie.

Metode van ontleding van die resultate:-

Nadat die apparaat gekalibreer is, is die lesings met verskillende lemme by verskillende vogpeile en snelhede geneem soos reeds beskryf.

Die resultate, wat in grafiese vorm op foto-sensitiewe papier neergelê is, is hierna ontwikkel, en elke stel lesings is geïdentifiseer volgens die nommer wat outomaties na elke registrasie op die kant van die papier afgedruk is. Hierna is die verskillende krommes van elke stel lesings ontleed vir identifikasie, en duidelik gemerk om verwarring uit te skakel. Ten slotte is die kragte en snelhede met behulp van 'n planimeter ontleed om die gemiddelde waardes te verkry wat daarna in tabelvorm opgestel is. Uit die tabelle is stelle grafieke opgestel van die snelheid teenoor die trekkrag vir die verskillende gronde by hulle verskillende vogpeile. Deur die gemiddelde waardes van die l-vormige lem van die res van die waardes af te trek, is die grafieke van die verskillende skuins lemme se trekkragvereistes dan verkry.

Die verwerkte resultate word in figure 9 tot 28 van bylae A aangegee en toon die trekkragvereistes van die verskillende skuins lemme sonder die invloed van die skaggedeeltes.

IV. PRAKTIESE RESULTATE WAT MET DIE EENVOUDIGE SKUINS LEMME VERKRY IS:-

Die praktiese resultate wat met die nie-vibreerende skuins lemme verkry is, bestaan uit die resultate wat nodig was vir die grondklassifikasie en bepaling van die waardes van die betrokke grondkonstantes wat vir die teoretiese gedeelte benodig was, asook die trekkragesresultate wat met die verskillende lemtipes by die verskillende grondtipes, snelhede en voginhoudes verkry is.

EIENSKAPPE VAN DIE VYF GRONDTIPES WAARIN DIE EKSPERIMENTE MET DIE SKUINS LEMME UITGEVOER IS:-

Soos reeds in die vorige hoofstuk gemeld is, is die vyf gronde ten opsigte van deeltjiegroottes, bulkdigthede, voginhoudes, kohesie- en afskuifspannings, wrywingskoeffisiënte tussen grond en staal, en die snykragte van die gronde, ondersoek. Hierdie resultate word in tabelle 1 tot 5, en figure 1 tot 6 van bylae A volledig aangegee. Gerieflikheidshalwe is daar ook 'n uittreksel van die verskillende waardes uit die tabelle wat by die berekenings gebruik word, gemaak. Hierdie waardes word in tabel 1 (hierna) aangegee. Die simbole wat in tabel 1 gebruik is, stem ooreen met die simbole van die teoretiese ontleding van die vorige hoofstuk. Die tabel- en figuurnommers waarna in hierdie tabel verwys word, is die nommers van die betrokke tabel of figuur van bylae A waaruit die gegewens geneem is.

Die simbole A tot E en syfers I tot IV, wat onderskeidelik vir die grondtipes en die voginhoudes gebruik is, word in die tabelle en grafieke gebruik vir 'n verkorting van die skryfwyse. So sal grond B III byvoorbeeld op Sanderige Leem, by 'n voginhoud van 8.97 persent dui.

RESULTATE VAN DIE PRAKTIESE BEPALING VAN DIE TREKKRAGVEREISTES VAN DIE SKUINS LEMME:-

Resultate van die Praktiese Trekkrag-bepalings:-

Aangesien die trekkragesresultate wat verkry is die gekombineerde trekkragvereistes van beide die vertikale skag en die horisontale skuins plate aangegee het, moes die trekkragte van die l-vormige lem (vertikale skag) van die gekombineerde lesings afgetrek word om die invloed van die bewerkingsplate alleen te bestudeer. Die verwerkte resultate word in figure 9 tot 23, bylae A, en tabelle 2 tot 6 (hierna) aangegee. Aangesien die resultate vir die 0 grade lem egter heelwat hoër was as die resultate van die 15 grade lem, is hierdie waardes met 50 persent verlaag om 'n realistiese aanpassing by die berekende waardes te verkry. Die redes vir die hoër waardes wat met die 0 grade lem verkry is, is toe te skryf aan die feit dat die onderkant van die lem met die

IV. PRAKTIESE RESULTATE WAT MET DIE EENVOUDIGE SKUINS LEMME VERKRY IS:-

Die praktiese resultate wat met die nie-vibreerende skuins lemme verkry is, bestaan uit die resultate wat nodig was vir die grondklassifikasie en bepaling van die waardes van die betrokke grondkonstantes wat vir die teoretiese gedeelte benodig was, asook die trekkragesresultate wat met die verskillende lemtipes by die verskillende grondtipes, snelhede en voginhoud verkry is.

EIENSKAPPE VAN DIE VYF GRONDTIPES WAARIN DIE EKSPERIMENTE MET DIE SKUINS LEMME UITGEVOER IS:-

Soos reeds in die vorige hoofstuk gemeld is, is die vyf gronde ten opsigte van deeltjiegroottes, bulkdigthede, voginhoud, kohesie- en afskuifspannings, wrywingskoeffisiënte tussen grond en staal, en die snykragte van die gronde, ondersoek. Hierdie resultate word in tabelle 1 tot 5, en figure 1 tot 6 van bylae A volledig aangegee. Gerieflikheidshalwe is daar ook 'n uittreksel van die verskillende waardes uit die tabelle wat by die berekenings gebruik word, gemaak. Hierdie waardes word in tabel 1 (hierna) aangegee. Die simbole wat in tabel 1 gebruik is, stem ooreen met die simbole van die teoretiese ontleding van die vorige hoofstuk. Die tabel- en figuurnommers waarna in hierdie tabel verwys word, is die nommers van die betrokke tabel of figuur van bylae A waaruit die gegewens geneem is.

Die simbole A tot E en syfers I tot IV, wat onderskeidelik vir die grondtipes en die voginhoud gebruik is, word in die tabelle en grafieke gebruik vir 'n verkorting van die skryfwyse. So sal grond B III byvoorbeeld op Sanderige Leem, by 'n voginhoud van 8.97 persent dui.

RESULTATE VAN DIE PRAKTIESE BEPALING VAN DIE TREKKRAGVEREISTES VAN DIE SKUINS LEMME:-

Resultate van die Praktiese Trekkrag-bepalings:-

Aangesien die trekkragesresultate wat verkry is die gekombineerde trekkragvereistes van beide die vertikale skag en die horisontale skuins plate aangegee het, moes die trekkragte van die l-vormige lem (vertikale skag) van die gekombineerde lesings afgetrek word om die invloed van die bewerkingsplate alleen te bestudeer. Die verwerkte resultate word in figure 9 tot 23, bylae A, en tabelle 2 tot 6 (hierna) aangegee. Aangesien die resultate vir die 0 grade lem egter heelwat hoër was as die resultate van die 15 grade lem, is hierdie waardes met 50 persent verlaag om 'n realistiese aanpassing by die berekende waardes te verkry. Die redes vir die hoër waardes wat met die 0 grade lem verkry is, is toe te skryf aan die feit dat die onderkant van die lem met die

Tabel 1 - Opsomming van Grondklassifikasie en Grondeienskappe van die vyf gronde.

| | GRONDTIPE | | | | | Tabel No. | Figuur No. |
|--------------------------------------|------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|------------|
| | Sand | Sanderige leem | Sanderige Kleileem | Sanderige klei | Klei | - | 1 |
| Simbool | A | B | C | D | E | - | - |
| Bulkdigtheid* (pond per kub. vt.) | 103.3 | 114.0 | 126.6 | 115.3 | 113.6 | 1 | - |
| Voginhoudes I* | 8.97 | 13.60 | 19.25 | 23.75 | 27.99 | 2 | - |
| II | 6.82 | 11.40 | 15.29 | 16.58 | 22.01 | 2 | - |
| III | 4.85 | 8.97 | 13.12 | 12.71 | 19.52 | 2 | - |
| IV | 3.02 | 6.50 | 9.21 | 9.47 | 14.68 | 2 | - |
| Kohesiespannings* | 1.3 p.v.d. | 2.2 p.v.d. | 3.45 p.v.d. | 5.1 p.v.d. | 8.95 p.v.d. | - | 2-6 |
| Tan $\phi = \mu_g$ * | 0.730 | 0.680 | 0.575 | 0.445 | 0.150 | - | 2-6 |
| Wrywingskoëff. μ_l * | 0.528 | 0.569 | 0.568 | 0.589 | 0.708 | 3 | - |
| Snykrag* | 1.06pr/dm. | 3.05pd/dm. | 4.13pd/dm. | 4.25pd/dm. | 4.08pd/dm. | 4 | - |

* By veldkapasiteit - sien ook meegaande bespreking in Bylae A ten opsigte van elke tabel

Tabel 2. Trekkragvereistes (in pond) van die verskillende lemme.

GRONDTIPE: A (Sandgrond)

| Voginhoud | $\frac{1}{2}(1^* - 0^{\circ})$ | | $(1^* - 15^{\circ})$ | | $(1^* - 30^{\circ})$ | | $(1^* - 45^{\circ})$ | |
|-----------|--------------------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h |
| 8.97% | 1.92 | 116 | 1.63 | 161 | 1.62 | 255 | 2.08 | 333 |
| | 3.73 | 141 | 3.27 | 193 | 3.38 | 289 | 3.74 | 392 |
| | 5.46 | 89 | 5.13 | 230 | 5.32 | 307 | 5.15 | 498 |
| | 7.15 | 113 | 7.00 | 240 | 7.19 | 360 | 7.11 | 527 |
| 6.82% | 1.80 | 170 | 2.01 | 221 | 1.63 | 352 | 2.07 | 565 |
| | 3.86 | 177 | 3.76 | 247 | 3.74 | 356 | 3.77 | 515 |
| | 5.45 | 150 | 5.74 | 250 | 5.39 | 409 | 5.81 | 631 |
| | 7.17 | 171 | 7.57 | 304 | 7.23 | 411 | 7.66 | 600 |
| 4.85% | 2.16 | 216 | 2.03 | 351 | 1.85 | 486 | 2.07 | 639 |
| | 4.17 | 235 | 3.87 | 330 | 3.65 | 480 | 3.78 | 777 |
| | 5.47 | 221 | 5.61 | 370 | 5.77 | 571 | 5.39 | 812 |
| | 7.31 | 268 | 7.14 | 422 | 7.17 | 639 | 7.42 | 858 |
| 3.02% | 1.98 | 389 | 1.88 | 484 | 1.89 | 792 | 1.70 | 1073 |
| | 3.87 | 361 | 3.72 | 539 | 3.72 | 896 | 3.73 | 1219 |
| | 5.67 | 377 | 5.70 | 563 | 5.61 | 848 | 5.62 | 1231 |
| | 7.13 | 434 | 7.17 | 634 | 7.19 | 874 | 7.01 | 1170 |

* $(1^* - 15^{\circ})$ dui op die verskil tussen die waardes van die 15 grade lem (volledig met sy skag) en die l-vormige lem (skag alleen). Netso ook $(1^* - 30^{\circ})$ ens.

Tabel 3. Trekkragresultate (in pond) van die verskillende lemme.

GRONDTIPE B (Sanderige Leem)

| Voginhoud | $\frac{1}{2}(1^* - 0^{\circ})$ | | $(1^* - 15^{\circ})$ | | $(1^* - 30^{\circ})$ | | $(1^* - 45^{\circ})$ | |
|-----------|--------------------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h |
| 13.60% | 2.17 | 145 | 1.99 | 242 | 2.14 | 280 | 1.89 | 401 |
| | 4.62 | 176 | 3.90 | 224 | 3.48 | 338 | 3.56 | 449 |
| | 5.80 | 182 | 5.56 | 270 | 5.55 | 357 | 5.16 | 454 |
| | 7.66 | 162 | 7.36 | 242 | 7.56 | 399 | 7.42 | 531 |
| 11.40% | 1.87 | 215 | 1.94 | 298 | 2.00 | 381 | 1.76 | 598 |
| | 3.87 | 180 | 3.56 | 290 | 3.77 | 477 | 3.92 | 599 |
| | 5.66 | 227 | 5.91 | 326 | 5.37 | 440 | 5.80 | 632 |
| | 7.29 | 241 | 7.41 | 394 | 7.16 | 519 | 7.16 | 578 |
| 8.97% | 2.16 | 303 | 2.09 | 507 | 1.84 | 672 | 2.13 | 877 |
| | 4.17 | 256 | 3.85 | 488 | 3.65 | 665 | 3.78 | 939 |
| | 5.46 | 328 | 5.61 | 527 | 5.79 | 776 | 5.39 | 917 |
| | 7.79 | 279 | 7.15 | 514 | 7.17 | 706 | 7.42 | 974 |
| 6.5% | 1.88 | 487 | 1.84 | 735 | 1.77 | 909 | 2.03 | 1189 |
| | 3.92 | 474 | 3.93 | 701 | 3.73 | 962 | 3.79 | 1257 |
| | 5.53 | 530 | 5.82 | 732 | 5.68 | 938 | 5.33 | 1144 |
| | 7.17 | 380 | 7.14 | 623 | 7.13 | 910 | - | - |

* $(1^* - 15^{\circ})$ dui op die verskil tussen die waardes van die 15 grade lem (volledig met sy skag) en die l-vormige lem (skag alleen). Netso ook $(1^* - 30^{\circ})$ ens.

v_x = snelheid in m.p.u., F_h = trekkrag in pond

Tabel 4. Trekkragresultate (in pond) van die verskillende lemme.

GRONDTIPE: C (Sanderige Kleileem)

| Voginhoud | $\frac{1}{2}(1^* - 0^{\circ})$ | | $(1^* - 15^{\circ})$ | | $(1^* - 30^{\circ})$ | | $(1^* - 45^{\circ})$ | |
|-----------|--------------------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h |
| 19.25% | 1.86 | 196 | 1.80 | 303 | 1.69 | 400 | 1.77 | 496 |
| | 3.83 | 213 | 3.79 | 280 | 3.73 | 421 | 3.91 | 607 |
| | 5.91 | 207 | 5.86 | 324 | 5.81 | 471 | 5.77 | 610 |
| | 7.50 | 215 | 7.44 | 318 | 7.57 | 471 | 7.29 | 618 |
| 15.29% | 1.93 | 255 | 1.76 | 425 | 1.83 | 534 | 1.66 | 661 |
| | 3.61 | 258 | 3.76 | 422 | 4.04 | 555 | 3.64 | 791 |
| | 5.65 | 269 | 5.76 | 381 | 5.74 | 576 | 5.53 | 692 |
| | 7.43 | 286 | 7.40 | 383 | 7.33 | 625 | 7.33 | 754 |
| 13.12% | 1.83 | 340 | 1.87 | 452 | 1.62 | 633 | 1.82 | 949 |
| | 3.87 | 335 | 3.34 | 489 | 3.82 | 688 | 3.71 | 927 |
| | 5.67 | 351 | 5.48 | 543 | 5.62 | 683 | 5.54 | 967 |
| | 7.15 | 366 | 7.17 | 571 | 7.19 | 736 | 7.16 | 990 |
| 9.21% | 1.93 | 548 | 2.00 | 765 | 1.75 | 1067 | 1.64 | 1279 |
| | 4.09 | 524 | 3.89 | 853 | 3.88 | 1016 | 3.56 | 1361 |
| | 5.29 | 464 | 5.59 | 901 | 5.40 | 1077 | 5.43 | 1392 |
| | 7.08 | 487 | 7.19 | 797 | 7.16 | 920 | - | - |

Tabel 5. Trekkragvereistes (in pond) van die verskillende lemme.

GRONDTIPE: D (Sanderige Klei)

| Voginhoud | $\frac{1}{2}(1^* - 0^{\circ})$ | | $(1^* - 15^{\circ})$ | | $(1^* - 30^{\circ})$ | | $(1^* - 45^{\circ})$ | |
|-----------|--------------------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h |
| 23.75% | 1.84 | 279 | 1.92 | 334 | 1.66 | 534 | 1.82 | 573 |
| | 3.56 | 233 | 3.47 | 383 | 3.86 | 458 | 3.42 | 632 |
| | 5.12 | 292 | 5.68 | 396 | 5.60 | 465 | 5.33 | 726 |
| | 7.05 | 308 | 7.16 | 392 | 7.10 | 612 | 7.24 | 715 |
| 16.58% | 1.91 | 343 | 1.62 | 547 | 1.85 | 839 | 2.00 | 975 |
| | 3.96 | 420 | 3.38 | 581 | 3.69 | 779 | 3.83 | 972 |
| | 5.93 | 412 | 5.32 | 513 | 5.74 | 817 | 5.61 | 1034 |
| | 7.31 | 360 | 7.22 | 620 | 7.21 | 855 | 7.23 | 1039 |
| 12.71% | 1.96 | 486 | 2.09 | 711 | 1.71 | 923 | 1.91 | 1241 |
| | 3.87 | 461 | 4.00 | 702 | 3.64 | 905 | 3.89 | 1264 |
| | 5.54 | 510 | 5.68 | 709 | 5.77 | 950 | 5.44 | 1329 |
| | 7.09 | 483 | 7.16 | 769 | 7.13 | 962 | 7.15 | 1181 |
| 9.47% | 1.69 | 500 | 1.77 | 715 | 1.65 | 847 | 1.91 | 1194 |
| | 3.64 | 462 | 3.73 | 778 | 4.04 | 1019 | 3.64 | 1210 |
| | 5.62 | 496 | 5.54 | 730 | 5.29 | 1943 | 5.42 | 1293 |
| | 7.08 | 430 | 7.23 | 681 | 7.14 | 986 | 7.08 | 1205 |

* $(1^* - 15^{\circ})$ dui op die verskil tussen die waardes van die 15 grade lem (volledig met sy skag) en die l-vormige lem (skag alleen). Netso ook $(1^* - 30^{\circ})$ ens.

v_x = snelheid in m.p.u., F_h = trekkrag in pond

Tabel 6. Trekkragvereistes (in Pond) van die verskillende lemme.

GRONDTIPE: E (kleigronde)

| Voginhoud | $\frac{1}{2}(1^* - 0^{\circ})$ | | $(1^* - 15^{\circ})$ | | $(1^* - 30^{\circ})$ | | $(1^* - 45^{\circ})$ | |
|-----------|--------------------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h | v_x | F_h |
| 27.99% | 2.09 | 306 | 2.05 | 409 | 2.18 | 608 | 2.06 | 771 |
| | 3.60 | 353 | 4.06 | 460 | 3.94 | 633 | 3.88 | 784 |
| | 5.27 | 299 | 5.67 | 494 | 5.53 | 611 | 5.41 | 857 |
| | 7.04 | 324 | 7.05 | 520 | 7.24 | 657 | 7.10 | 828 |
| 22.01% | 2.08 | 403 | 2.06 | 554 | 2.03 | 713 | 1.91 | 913 |
| | 3.55 | 415 | 3.55 | 552 | 3.79 | 702 | 3.43 | 889 |
| | 5.84 | 371 | 5.54 | 603 | 5.57 | 735 | 5.63 | 951 |
| | 7.15 | 400 | 7.24 | 570 | 7.24 | 730 | 7.23 | 989 |
| 19.52% | 2.14 | 402 | 1.91 | 590 | 1.77 | 696 | 1.71 | 866 |
| | 3.46 | 453 | 3.82 | 542 | 3.74 | 768 | 3.58 | 867 |
| | 5.16 | 405 | 5.72 | 547 | 5.18 | 725 | 5.41 | 970 |
| | 7.09 | 401 | 7.12 | 558 | 7.07 | 780 | 7.11 | 1001 |
| 14.68% | 2.03 | 349 | 1.86 | 520 | 1.66 | 575 | 2.08 | 751 |
| | 3.78 | 373 | 3.72 | 479 | 3.89 | 643 | 3.57 | 782 |
| | 5.66 | 373 | 5.78 | 541 | 5.58 | 625 | 5.62 | 835 |
| | 7.25 | 357 | 7.25 | 470 | 7.21 | 667 | 7.28 | 913 |

* $(1^* - 15^{\circ})$ dui op die verskil tussen die waardes van die 15 grade lem (volledig met sy skag) en die l-vormige lem (skag alleen). Netso ook $(1^* - 30^{\circ})$ ens.

v_x = snelheid in m.p.u., F_h = trekkrag in pond

bodem van die bewerkte grond kontak gemaak het. Die gevolg was dus dat hoë wrywingsverliese voorgekom het as gevolg van die feit dat die gewig van die werktuig gedeeltelik deur die onderkant van die lem op die bodem oorgedra is. Hierdie toestand is verder vererger deurdat daar wel kohesie- en versnellingskragte op die grondlae bokant die lem ingewerk het, met die gevolg dat die teoretiese aannames in dié verband nie heeltemal met die praktyk ooreengestem het nie. Hierdie kohesie- en versnellingskragte is veroorsaak deur die dikte van die lem wat noodwendig 'n effense lig-aksie op die grond moes uitoefen, en deur die feit dat die lem in hierdie geval van bo af skerp gemaak is. Die lem is aan die bokant skerp gemaak om kompaksie van die onderlae uit te skakel en beter indringing te verkry. In al die ander gevalle is die lemme aan die onderkante skerp gemaak om die effek van die skuins skerp gemaakte vlak op versnellings- en ander kragte uit te skakel.

Bepaling van die Praktiese Spesifieke energievereistes:-

Die spesifieke energievereistes van die skuins lemme in die verskillende gronde onder praktiese toestande is verkry deur die trekkragvereistes vir elke geval deur die dwarsnit-area wat bewerk is, te deel. Die dwarsnit-areas wat deur die verskillende lemme in die verskillende gronde bewerk is, is bepaal deur die bewerkte stroke oop te maak en dan die afmetings te bepaal. Aangesien die dwarsnit trapesium-vormig van aard was, kon die dwarsnit areas maklik bereken word deur slegs die bo-wydtes en bewerkingsdieptes te meet. Die onderste wydtes was natuurlik in alle gevalle 6 duim as gevolg van die afmetings van die lem. Weens die feit dat die implementdiepte vooraf op 9 duim ingestel is, is daar nie noemenswaardige afwykings ten opsigte van die bewerkingsdiepte verkry nie.

Tabel 5 van Bylae A toon die dwarsnit-areas wat vir die verskillende gronde verkry is, en wat vir die verdere berekeninge gebruik is.

Die spesifieke energievereistes is dus in voet pond per kubieke voet grond bewerk verkry deur die trekkragvereistes van tabelle 2 tot 6 deur die ooreenstemmende dwarsnit-areas van tabel 5, Bylae A, te deel, en word in tabel 7 hiernaas aangegee.

RESULTATE VAN DIE TEORETIESE VOORSPELLING VAN DIE TREKKRAGVEREISTES VAN SKUINS LEMME:-

Die spesifieke energievereistes van die skuins lemme kan bepaal word deur die nodige grondkonstantes soos die bulkdigthede, kohesiespannings en sovoorts van die betrokke gronde in die vergelykings wat in hoofstuk drie afgelei is, te vervang. By diepwerking van gronde, waar die lemwydte heelwat kleiner is as die bewerkingsdiepte, kan daar egter verwag word dat sekere

Tabel 7. Spesifieke Energiewaardes van die verskillende lemme in die vyf gronde by Veldkapasiteit (in voet pond per kubieke voet).

| Grond- tipe | Vog- inhoud | Tipe Lem | | | | | | | |
|----------------|----------------|------------------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | | $\frac{1}{2}(0^\circ - 1^*)$ | | $(15^\circ - 1^*)$ | | $(30^\circ - 1^*)$ | | $(45^\circ - 1^*)$ | |
| | | v_x | a_p | v_x | a_p | v_x | a_p | v_x | a_p |
| A | 8.97% | 1.92 | 177 | 1.63 | 246 | 1.62 | 389 | 2.08 | 508 |
| | | 3.73 | 215 | 3.27 | 204 | 3.38 | 441 | 3.74 | 598 |
| | | 5.46 | 136 | 5.13 | 351 | 5.32 | 468 | 5.15 | 760 |
| | | 7.15 | 172 | 7.00 | 366 | 7.19 | 548 | 7.11 | 305 |
| B | 13.6% | 2.17 | 216 | 1.99 | 359 | 2.14 | 415 | 1.89 | 595 |
| | | 4.62 | 262 | 3.90 | 332 | 3.48 | 502 | 3.56 | 666 |
| | | 5.80 | 270 | 5.56 | 401 | 5.55 | 530 | 5.16 | 674 |
| | | 7.66 | 240 | 7.36 | 359 | 7.56 | 592 | 7.42 | 783 |
| C | 19.25% | 1.86 | 278 | 1.80 | 431 | 1.69 | 569 | 1.77 | 706 |
| | | 3.83 | 303 | 3.79 | 398 | 3.73 | 598 | 3.91 | 863 |
| | | 5.91 | 294 | 5.86 | 461 | 5.81 | 670 | 5.77 | 867 |
| | | 7.50 | 306 | 7.44 | 452 | 7.57 | 670 | 7.29 | 880 |
| D | 23.75% | 1.84 | 374 | 1.92 | 447 | 1.66 | 715 | 1.82 | 768 |
| | | 3.56 | 312 | 3.47 | 514 | 3.86 | 614 | 3.42 | 846 |
| | | 5.12 | 391 | 5.68 | 531 | 5.60 | 624 | 5.33 | 973 |
| | | 7.05 | 403 | 7.16 | 525 | 7.10 | 819 | 7.24 | 959 |
| E | 27.99% | 2.09 | 358 | 2.05 | 478 | 2.18 | 711 | 2.06 | 901 |
| | | 3.60 | 413 | 4.06 | 537 | 3.94 | 740 | 3.88 | 915 |
| | | 5.27 | 349 | 5.67 | 576 | 5.53 | 714 | 5.41 | 1001 |
| | | 7.04 | 378 | 7.05 | 608 | 7.24 | 768 | 7.10 | 967 |

afwykings ten opsigte van die aannames van die teoretiese beskouing sal voorkom. Hierdie afwykings bestaan in hoofsaak uit die aspekte soos hieronder aangetoon.

Afwykings vanaf die teoretiese benadering by diep bewerking:-

- Wanneer die bewerkingsdiepte redelik groot word, word die afskuifvlakke nie tot aan die oppervlakte van die grond voortgeplant nie, met die gevolg dat verwag kan word dat die teoretiese waardes van die spesifieke energie hoër sal wees as die praktiese resultate wat verkry word. Daar kan ook verwag word dat hierdie toestand sal vererger namate die klei- en vuginhoude van die grond toeneem, omdat die gronde dan makliker plasties vervorm en meer saamdrukbaar is. Hierdie probleem kan egter voorkom word deur 'n konstante ($c_1 k$) by die terme wat op die kohesie-energie betrekking het, by te voeg ten einde die nodige aanpassing te maak.
- Weens die feit dat die grond plasties vervorm en die afskuifvlakke nie tot aan die oppervlakte van die grond strek nie, kan ook verwag word dat die versnellingskragte kleiner sal wees omdat alle gronddeeltjies nie tot by die teoretiese snelheid v_g versnel sal word nie. Ook hier kan verwag word dat die toestand sal vererger namate die vog- en klei-inhoude van die gronde toeneem, en kan die nodige korreksie aangebring word deur al die terme wat op die versnellingsenergie betrekking het, met 'n faktor c_2 te verlaag.
- As gevolg van bogenoemde vervorming van die grond, kan ook verwag word dat die volume grond (en dus ook die gewig grond) wat op die lem gedra word, sal verander. Dit was dus nodig om 'n herberekening van die gewig W te maak om vir hierdie afwyking voorsiening te maak. Hierdie afleiding volg direk.

Herberekening van W vir gevalle waar die lemwydte klein is in verhouding tot die bewerkingsdiepte:-

Indien vergelyking (J) van hoofstuk 3 vir die berekening van die gewig grond op die lem gebruik word, word gevind dat onrealistiese waardes by diep bewerking verkry word wanneer die hoek α groot word. Die rede hiervoor lê daarin dat die agterste wig grond (C D E in figuur 19) buite verhouding groot raak deurdat die grond se bewegingspad afwyk van die geval soos dit by die berekening van die teorie gebruik is. Vir vlak bewerking met 'n breë lem geld die afleiding egter nog, want in sulke gevalle benader die grondbeweging die aangenome patroon redelik goed, en verder is die agterste wig ook redelik klein.

By diep bewerking met 'n smal lem word die afskuifvlakke nie tot aan die oppervlakte van die grond gevorm nie met die gevolg dat die grondbeweging 'n meer egalige vloei patroon volg, en die gewig dus bereken kan word volgens figuur 20, wat 'n beter ooreenstemming met praktiese waarneming getoon het as die voorgaande geval. Hoewel die grond dikte aan die agterkant van die lem in die praktyk ietwat groter sal wees as d , kan dit nogtans as d aangeneem word, omdat die totale gewig nie deur so 'n aanname beïnvloed sal word nie. Die rede hiervoor is dat die groter grond dikte d , wat in die praktyk verkry word, ook gepaard gaan met 'n kleiner digtheid as gevolg van die bewerkingsaksie.

Uit figuur 20 blyk dit nou dat die nuwe gewig W^* gegee word deur die volgende uitdrukking, naamlik -

$$W^* = \gamma (V_1 + V_2 + V_3)$$

waar W^* = die gewig grond op die lem volgens die voorgaande aanname vir diep bewerking.

Verder is

$$V_2 = L (b + d \tan \delta) \frac{d}{\cos \alpha}$$

en

$$V_1 + V_3 = \frac{b d^2 \cot \beta}{2} + \frac{2}{3} d^3 \cot \beta \tan \delta$$

$$= d^2 \cot \beta \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right)$$

$$W^* = \gamma \left[\frac{L d}{\cos \alpha} (b + d \tan \delta) + d^2 \cot \beta \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right) \right]$$

Hierdie waarde is vervolgens by die berekening van die teoretiese waardes van die spesifieke energieverbruik van die skuins lemme gebruik.

Monsterberekening van die teoretiese waardes van die Spesifieke Energievereistes van 'n Skuins Lem:-

Die volgende berekeningsvoorbeeld word gegee ter verduideliking, en is uitgevoer ten opsigte van sand by veldkapasiteit, met 'n 30° lem wat teen 'n snelheid van 6 myl per uur beweeg.

Uit tabel 1 kan die volgende grondkonstantes verkry word, naamlik:-

$$\gamma = 103.3 \text{ pond per kub. voet}$$

$$f_s = 1.06 \text{ pond per duim}$$

$$C = 1.3 \text{ pond per vierkante duim}$$

$$= 187 \text{ pond per vierkante voet}$$

$$\mu_g = 0.730 \text{ (gemiddeld)}$$

$$\mu_1 = 0.528 \text{ (op 'n diepte van 9")}$$

Die waarde van μ word op 9" geneem omdat dit die diepte is waar die grond met die lem kontak maak, en waar die afskuiwing tussen die grond en die lem voorkom.

$$\phi = \tan^{-1} 0.73 = 36.2^\circ \text{ (uit figuur 6.2)}$$

Afmetings van die lem en bewerkte grond:

$$b = \frac{1}{2} \text{ vt.}, d = \frac{3}{4} \text{ vt.}, L = \frac{5}{24} \text{ vt.}, = 0.208 \text{ vt.}$$

Berekening van β en δ :-

Volgens Tersaghi - 1962 (bladsy 21) maak die vlak van afskuiwing 'n hoek van $45^\circ + \frac{\phi}{2}$ met die vlak loodred op die grootste drukspanning, d.w.s. die afskuifvlak sal teen 'n hoek van $45^\circ - \frac{\phi}{2}$ met die rigting van hoofdrukspanning gevorm word.

Die waarde van β is dus as volg, naamlik

$$\beta = 45^\circ - \frac{\phi}{2} = 26.9^\circ.$$

Die waarde van δ is op dieselfde wyse berekenbaar, behalwe dat die rigting van die hoofspanning in hierdie geval in 'n vertikale vlak sal voorkom. Die afskuifvlak sal dus in hierdie geval teen 'n hoek van $45^\circ - \frac{\phi}{2}$ met die vertikaal gevorm word, d.w.s.

$$\delta = 45^\circ - \frac{\phi}{2} = 26.9^\circ$$

Berekening van A, W^x en E:-

(a) Die dwarsnit-area (A):

$$\begin{aligned} A &= d (b + d \tan \delta) \\ &= 0.75 (0.5 + 0.75 \times 0.507) \\ &= 0.66 \text{ vk. vt.} \end{aligned}$$

(b) Die gewig grond (W^x) op die lem:

Volgens die voorgaande beskouing blyk dit dat

$$W^x = \gamma \left[\frac{Ld}{\cos \alpha} (b + d \tan \delta) + d^2 \cot \beta \left(\frac{b}{2} + \frac{2}{3} d \tan \delta \right) \right]$$

Indien $\alpha = 30^\circ$ geld:

$$\begin{aligned} W^x &= 103.3 \left[(0.75)^2 \times 1.97 (0.25 + 0.5 \times 0.507) + \frac{0.208 \times 0.75}{0.865} (0.88) \right] \\ &= 74.2 \text{ pond} \end{aligned}$$

(c) Die dimensielose waarde E:-

$$\begin{aligned}
 E &= \sin (\alpha + \beta) (1 - \mu_g \mu_l) + \cos (\alpha + \beta) (\mu_g + \mu_l) \\
 &= \sin (30^\circ + 26.9^\circ) \times (1 - 0.385) + \cos 56.9^\circ \times 1.258 \\
 &= 1.203
 \end{aligned}$$

Berekening van die totale spesifieke energieverbruik (a_t):-

(a) Berekening van die spesifieke lig-energie (a_l):

$$\begin{aligned}
 a_l &= \frac{W^x}{d(b+d \tan \delta)(\cot \alpha + \cot \beta)} && \text{van (B), Hoofstuk II.} \\
 &= \frac{74.2}{0.66(1.73 + 1.97)} \\
 &= 30.4 \text{ vt. pd./kub. vt.}
 \end{aligned}$$

(b) Berekening van die spesifieke versnellingsenergie (a_a):

$$\text{Maar } a_a = \frac{F_a}{2d(b+d \tan \delta) \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{van (B), Hoofstuk III}$$

$$\text{Maar } F_a = \frac{\gamma d(b+d \tan \delta) v_x^2}{g \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{van (ii), Hoofstuk III}$$

$$\therefore a_a = \frac{\gamma v_x^2}{2g \sin^2 \beta (\cot \alpha + \cot \beta)^2}$$

Indien $v_x = 6$ myl per uur, is

$$\begin{aligned}
 a_a &= \frac{103.3 \times (6 \times \frac{22}{15})^2}{64.4 \times (0.452)^2 \times (3.7)^2} \\
 &= 44.7 \text{ vt. pd./kub.vt.}
 \end{aligned}$$

(c) Berekening van die spesifieke kohesie-energie (a_k):

$$a_k = \frac{F_k}{d(b+d \tan \delta) \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad \text{van (C), Hoofstuk III}$$

$$= \frac{c}{\sin^2 \beta (\cot \alpha + \cot \beta)}$$

$$= \frac{187}{(0.452)^2 \times 3.7}$$

$$= 248 \text{ vt. pd./kub. vt.}$$

(d) Berekening van die spesifieke wrywingsenergie a.g.v. die lig-aksie (a_{R_1}):

$$\begin{aligned}
 a_{R_1} &= \frac{W^* (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha) (\sin \beta + \mu_g \cos \beta)}{d (b + d \tan \delta) E} - a_1 \quad \text{van (D), Hoofstuk III} \\
 &= \frac{74.2 (\sin 30 + 0.528 \cos 30) (\sin 26.9 + 0.73 \cos 26.9)}{0.66 \times 1.203} - 30.4 \\
 &= 98.6 - 30.4 \\
 &= 68.2 \text{ vt. pd./kub.vt.}
 \end{aligned}$$

(e) Berekening van die spesifieke wrywingsenergie a.g.v. die versnellings-aksie (a_{R_a}):

$$\begin{aligned}
 a_{R_a} &= \frac{\gamma v_x^2 (\sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha)}{g \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta) E} - a_a \quad \text{van (E), Hoofstuk III} \\
 &= \frac{103.3 \times 8.8^2 (0.5 + 0.457)}{32.2 \times 0.452 (3.7) 1.203} - 44.5 \\
 &= 118 - 44.5 \\
 &= 73.5 \text{ vt. pd./kub.vt.}
 \end{aligned}$$

(f) Berekening van die spesifieke wrywingsenergie a.g.v. kohesie (a_{R_k}):

$$\begin{aligned}
 a_{R_k} &= \frac{C \sin \alpha + \mu_1 \cos \alpha}{E \sin \beta} - a_k \quad \text{van (F), Hoofstuk III} \\
 &= \frac{187 \times 0.957}{0.452 \times 1.203} - 248 \\
 &= 330 - 248 \\
 &= 82 \text{ vt. pd./kub.vt.}
 \end{aligned}$$

(g) Berekening van die spesifieke sny-energie (a_s):

$$\begin{aligned}
 a_s &= \frac{Fs}{A} = \frac{1.06 \times 6}{0.66} = 9.65 \\
 &= 9.7 \text{ vt. pd./kub.vt.}
 \end{aligned}$$

(h) Totale spesifieke energieverbruik:

$$\begin{aligned}
 a_t &= 30.4 + 44.5 + 248 + 68.2 + 73.5 + 82 + 9.7 \\
 &= 556.3 \\
 &= 556 \text{ vt. pd./kub.vt.}
 \end{aligned}$$

Die A-gedeeltes van tabelle 6 tot 10, bylae A, toon die berekende waardes van die spesifieke energievereistes voordat dit deur middel van die konstantes c_k

en c_a aangepas is vir verlaagde kohesie- en versnellingskragte as gevolg van die invloed van diepbewerking met 'n relatief smal lem. Die B-gedeeltes van dieselfde tabelle toon weer die berekende waardes nadat die nodige aanpassings ten opsigte van c_k en c_a gemaak is. Hierdie tabelle is opgestel vir die vyf grondtipes by veldkapasiteit, en toon ook die waardes van c_a en c_k wat gebruik is.

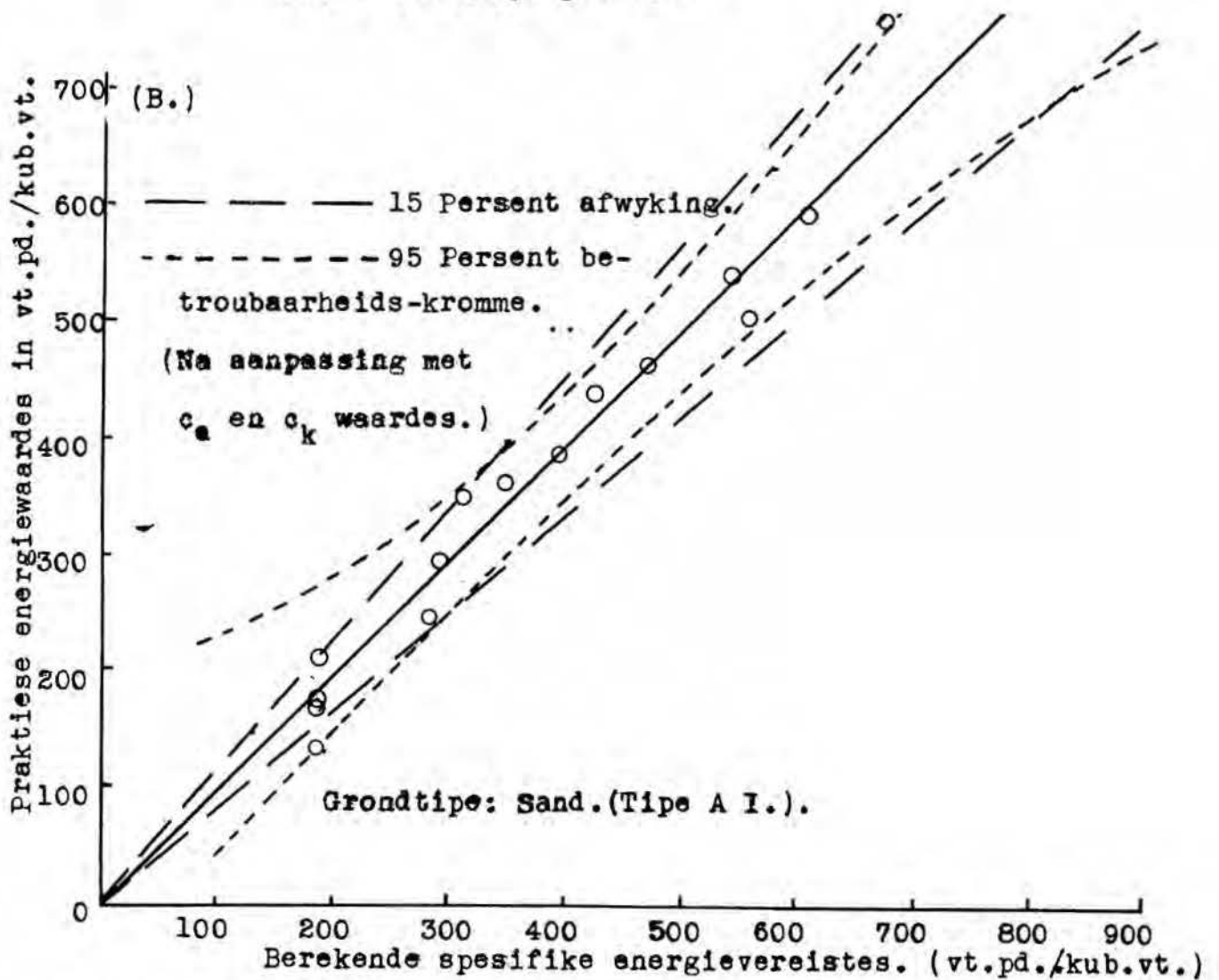
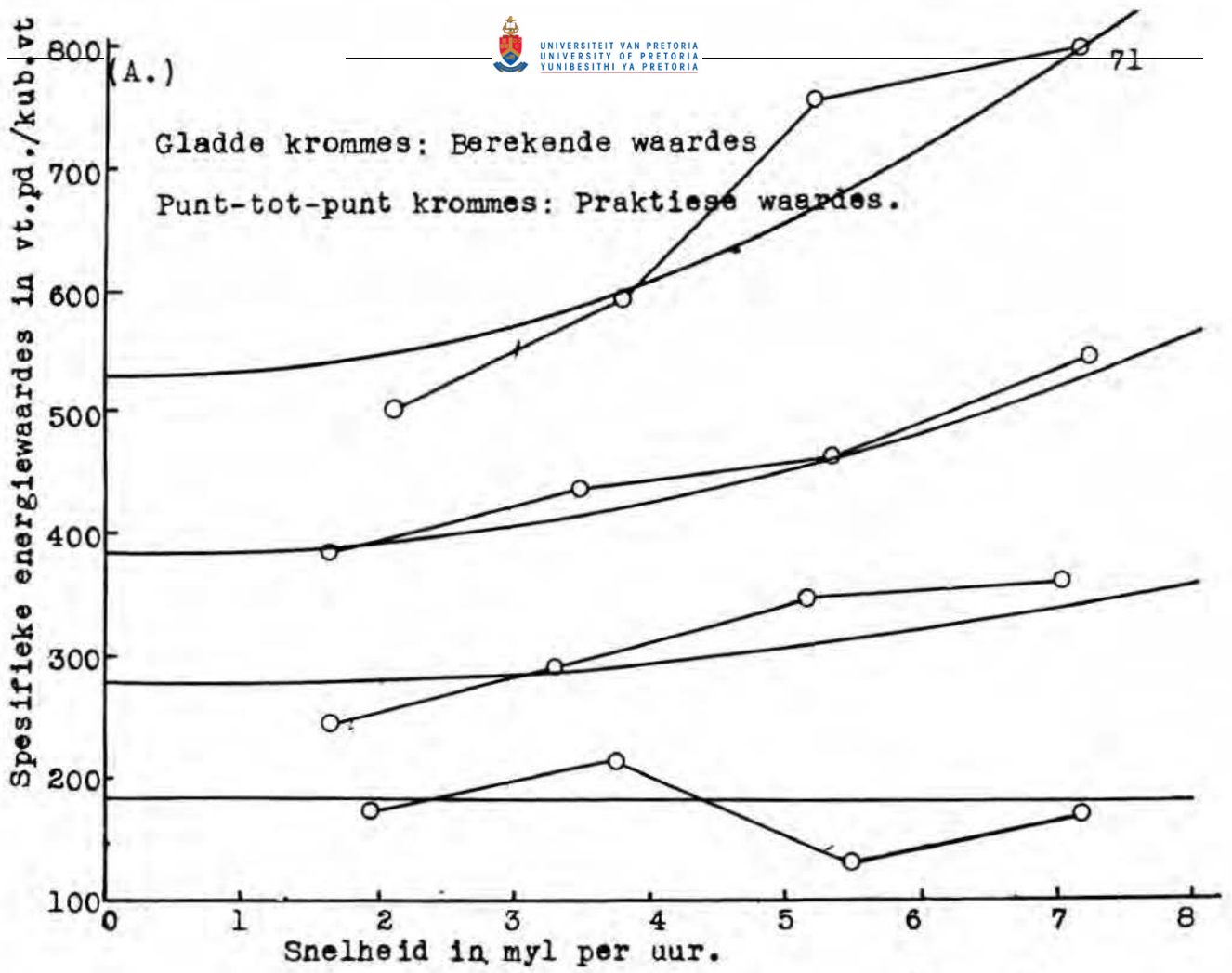
VERBAND TUSSEN DIE TEORETIESE EN PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE SKUINS LEMME:-

Voordat die verband tussen die teoretiese en praktiese resultate van die skuins lemme ontleed kon word, was dit nodig om eers die waardes van c_k en c_a te bepaal. Hierdie waardes is bepaal deur eers die trekkragvereistes te bestudeer wanneer die snelheid nul sou wees, d.w.s. deur die c_k waardes so te kies dat die berekende waardes so na as moontlik ooreen sou stem met die verlenging van die praktiese waardes by 'n snelheid van nul myl per uur.

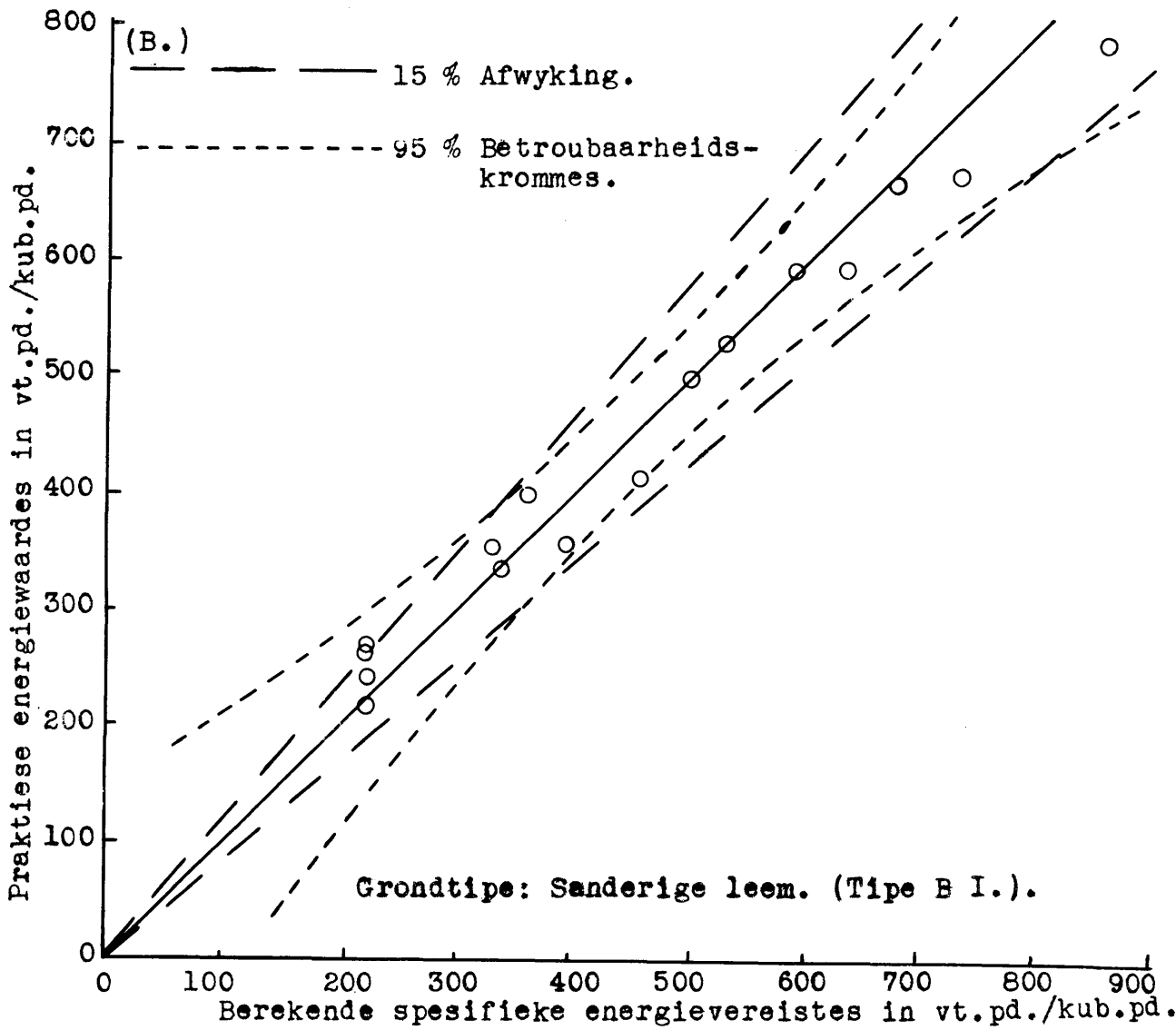
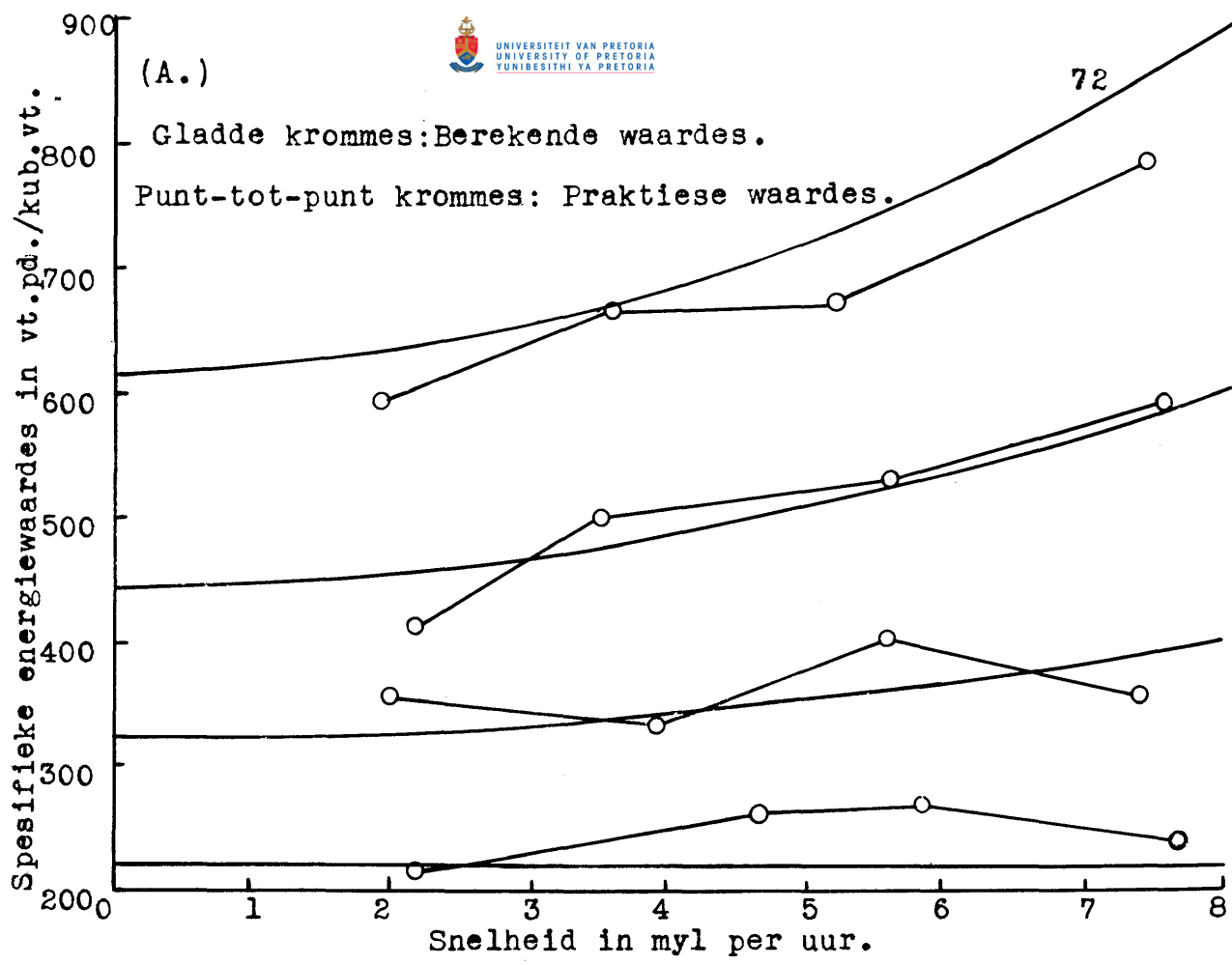
Hierna is verskillende c_a waardes gekies totdat 'n redelike aanpassing tussen die praktiese en berekende krommes verkry is. Deur herhalings met verskillende c_k en c_a waardes kon die stelling krommes wat die beste verband tussen die praktiese en teoretiese resultate gelewer het, uiteindelik verkry word. Die grafiese verband tussen die berekende waardes en praktiese resultate word in die A-gedeeltes van figure 21 tot 25 by verskillende snelhede voorgestel. Hierdie grafieke is van die resultate van tabel 7 vir die praktiese, en van die B-gedeeltes van tabelle 6 tot 10, bylae A, vir die berekende waardes opgestel.

Die B-gedeeltes van dieselfde grafieke (figure 21 tot 25) is verkry deur die praktiese resultate teenoor die berekende waardes aan te gee, en is van dieselfde resultate as die A-gedeeltes, opgestel, behalwe dat die berekende waardes by ooreenstemmende snelhede (met betrekking tot die praktiese resultate) van die A-gedeeltes van die grafieke afgelees is. Indien die praktiese en die berekende waardes presies dieselfde was, sou 'n 45 grade lyn natuurlik in hierdie geval verkry word. Weens praktiese afwykings wat verwag kon word, lê die punte egter om die 45 grade lyne versprei, en moes die waardes statisties ontleed word om die 95 persent betroubaarheidsgrense te bepaal (sien S.A.E., SP-250-1953: "Statistics for the Engineer" en andere).

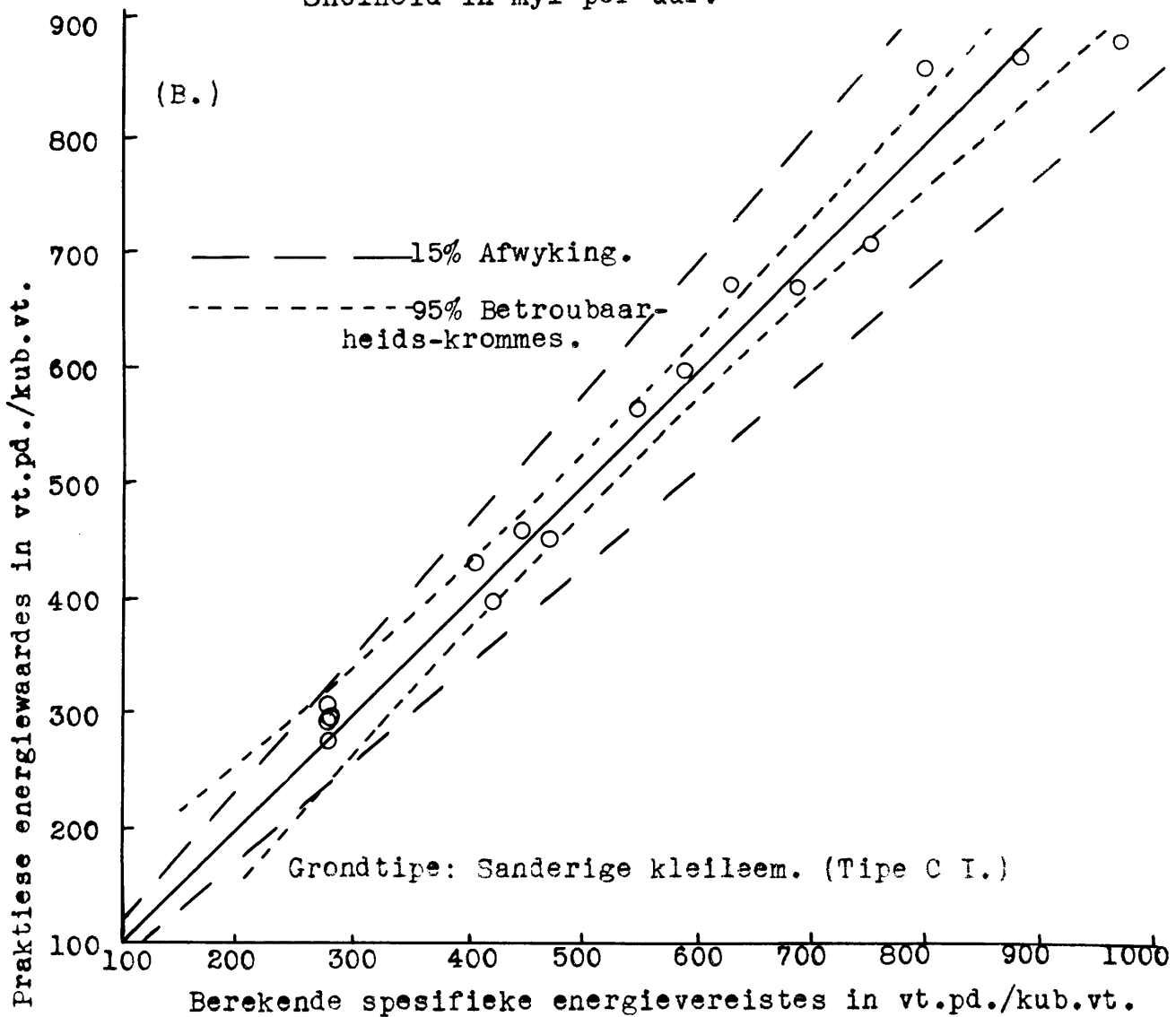
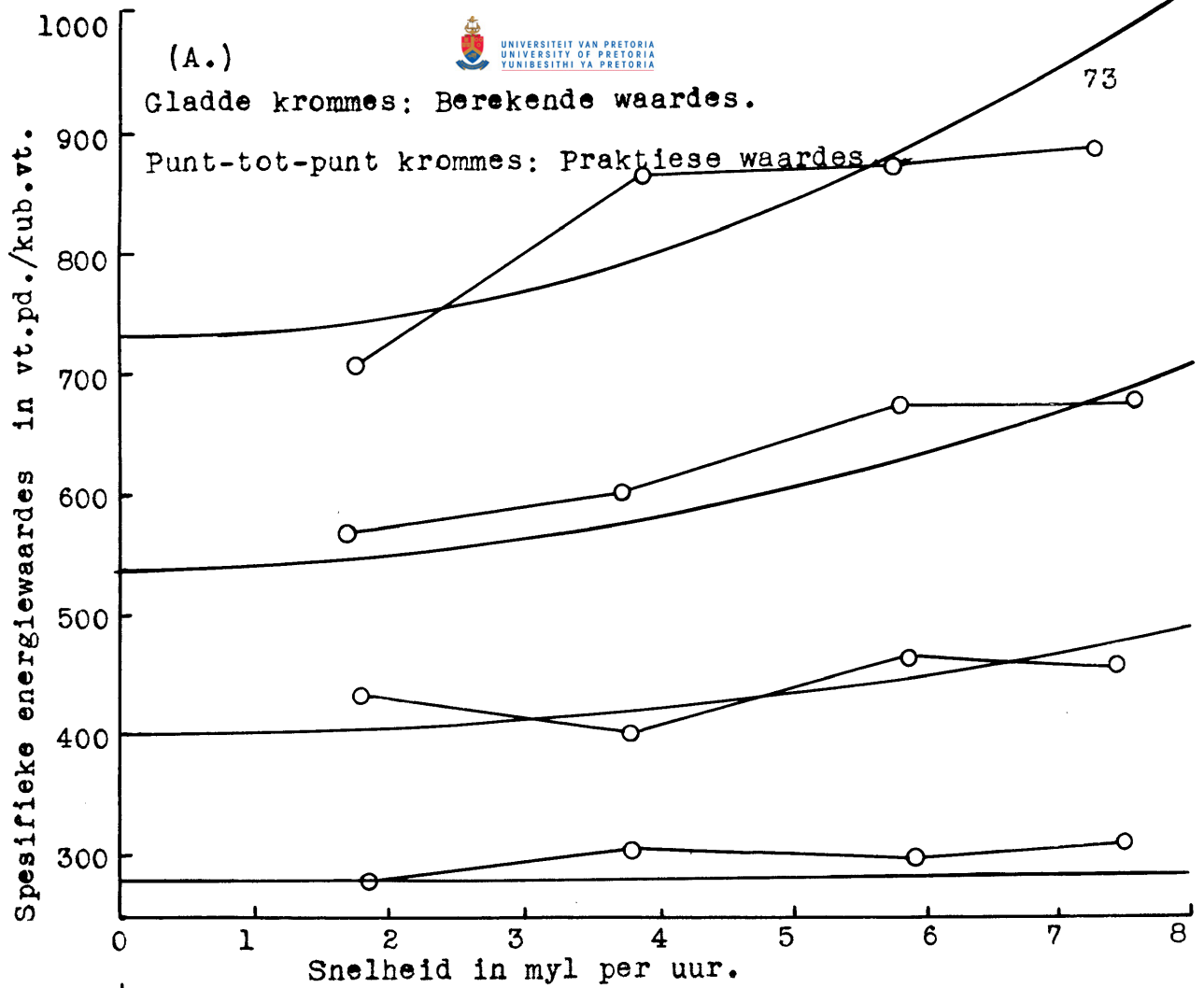
Die 95 persent betroubaarheidsgrense, tesame met die 15 persent afwykingsgrense vanaf die 45 grade lyne, is ook op die B-gedeeltes van figure 21 tot 25 aangetoon, en toon deurgaans 'n baie goeie verband tussen die berekende en praktiese waardes aan. Aangesien die praktiese resultate onder droër toestande (Figure 9 tot 28, bylae A) vir al die gronde dieselfde tendense as dié



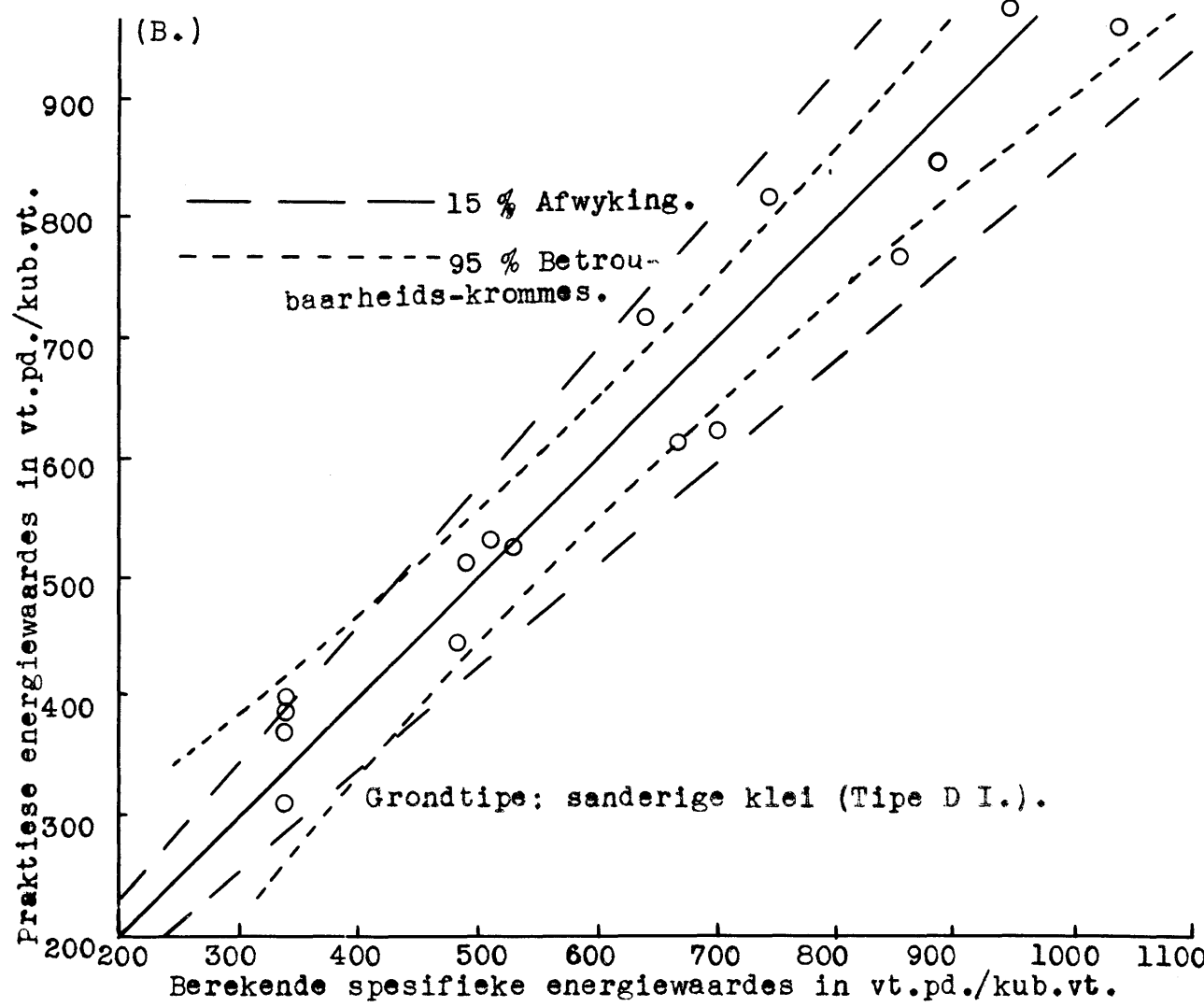
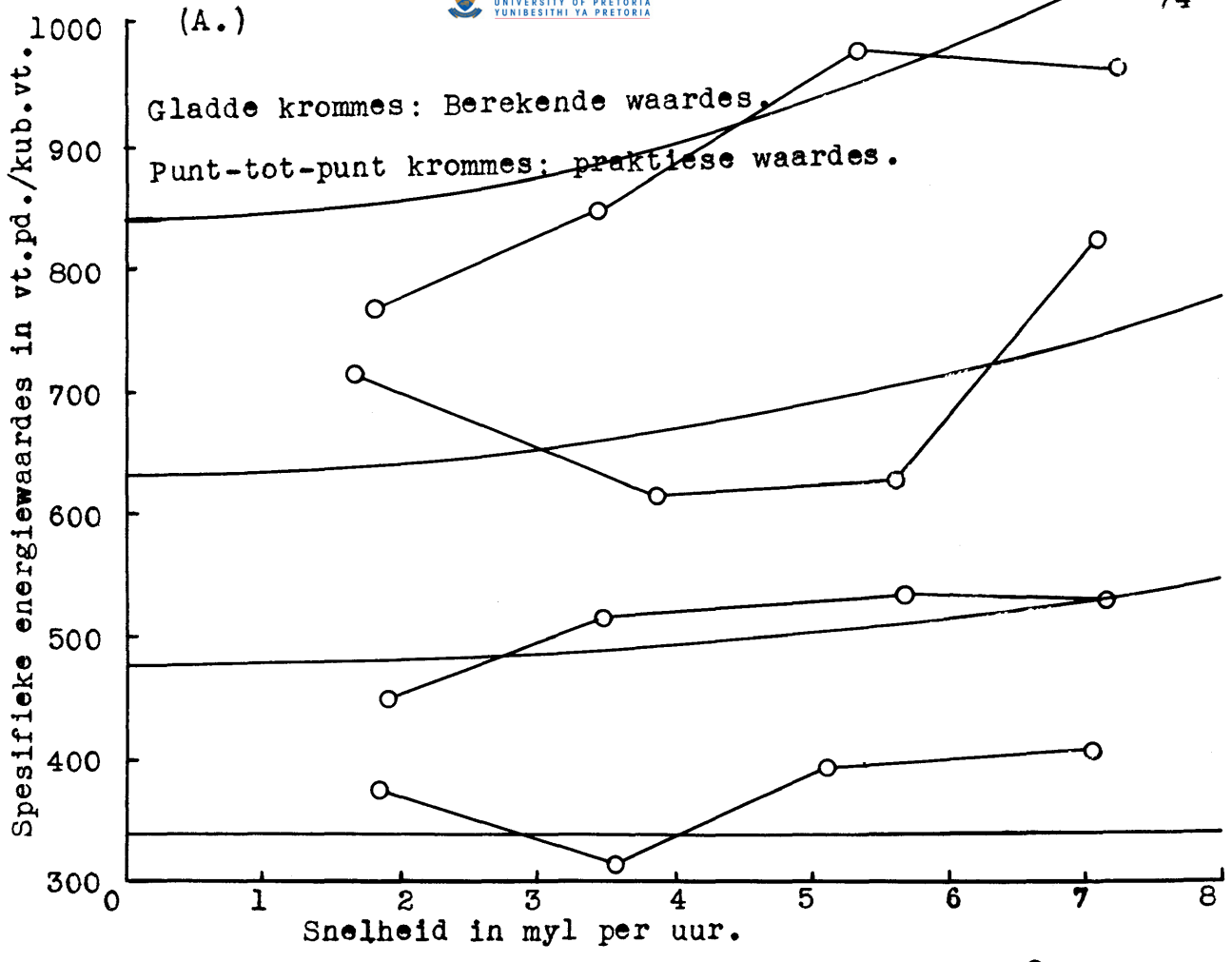
Figuur 21. Verband tussen berekende en praktiese energiewaardes van die sanderige grond (Tipe A I.).



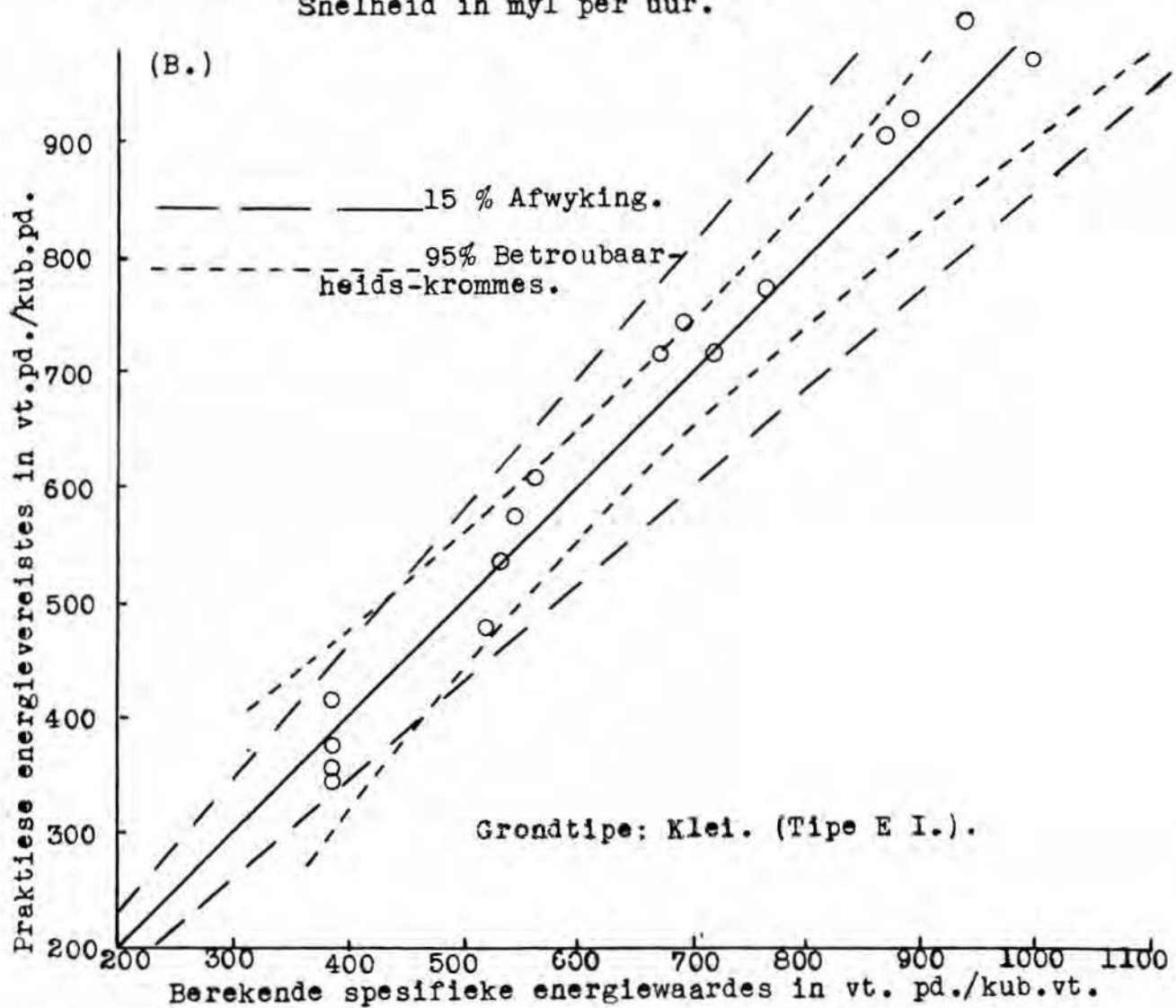
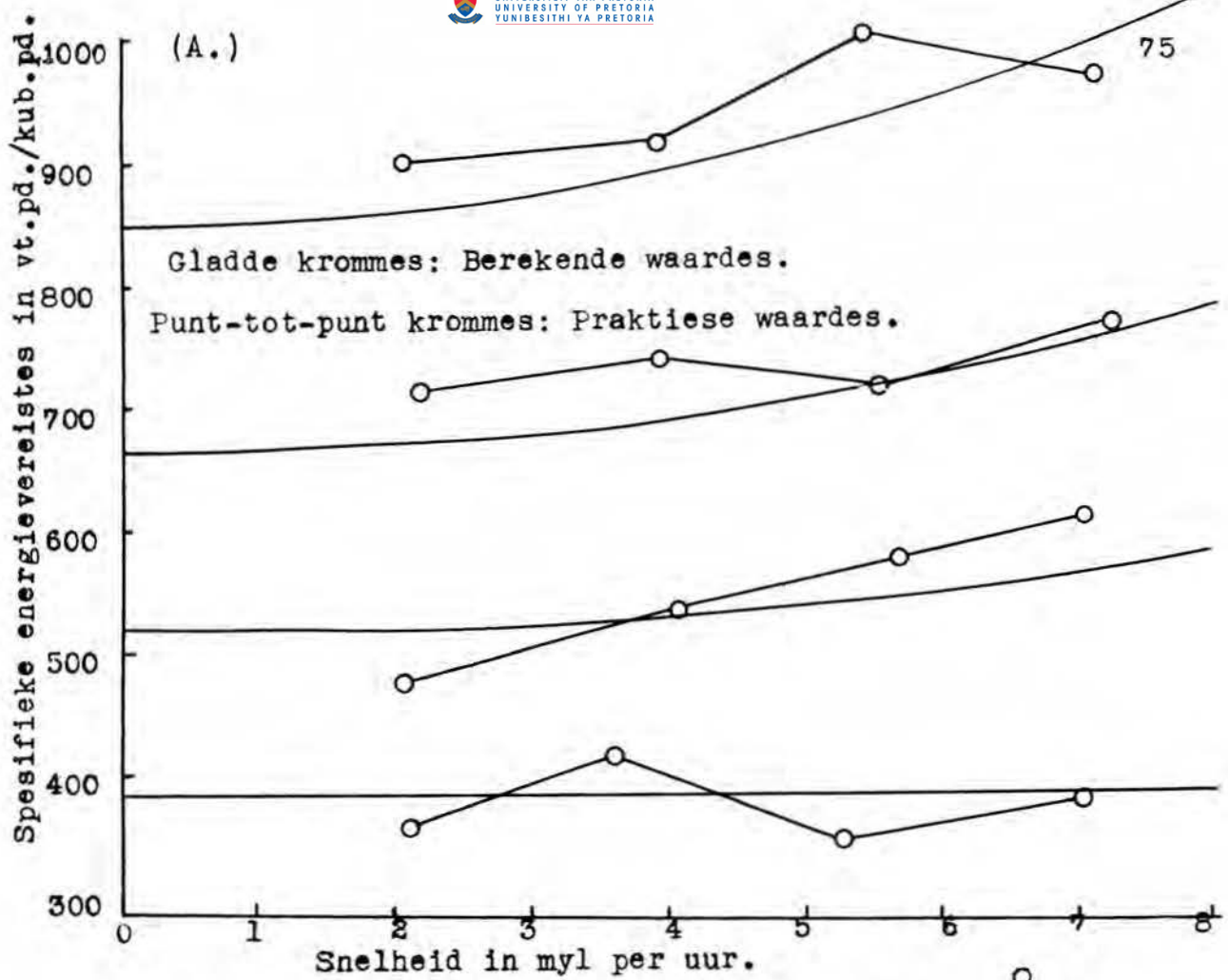
Figuur 22. Verband tussen berekende en praktiese energiewaardes.



Figuur 23. Verband tussen berekende en praktiese energiewaardes.



Figuur 24. Verband tussen berekende en praktiese energiewaardes.



Figuur 25. Verband tussen berekende en praktiese energiewaardes.

by veldkapasiteit getoon het, is verdere berekeninge vir sulke toestande nie nodig geag nie. Die resultate van die praktiese bepaling van die betrokke waardes by laer voginhoud word nogtans gegee (bylae A) en is ook verwerk om die invloed van die voginhoud op die trekkragvereistes aan te toon.

'n Monsterberekening vir die bepaling van die 95 persent betroubaarheidsgrense word ter verduideliking gegee.

Monsterberekening vir die bepaling van die 95 persent betroubaarheidsgrense:-

As voorbeeld word die 95 persent betroubaarheidsgrense vir kleigrond by veldkapasiteit bereken. Aangesien die berekende en praktiese resultate nie altyd by presies dieselfde snelhede voorgekom het nie (as gevolg van praktiese afwykings) is daar besluit om die praktiese resultate (as veranderlikes y) uit tabel 7 te neem, en die ooreenstemmende berekende waardes (as veranderlikes x) by dieselfde snelheid as die ooreenstemmende praktiese waarde van die betrokke grafiek af te lees. (In hierdie geval figuur 25.)

| x | y | $\frac{x^2}{1000}$ | $\frac{y^2}{1000}$ | $\frac{xy}{1000}$ |
|-----|------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 383 | 358 | 146 | 128 | 137 |
| 383 | 413 | 146 | 172 | 158 |
| 383 | 349 | 146 | 122 | 134 |
| 383 | 378 | 146 | 142 | 145 |
| 520 | 478 | 269 | 228 | 249 |
| 530 | 537 | 280 | 288 | 285 |
| 545 | 576 | 295 | 332 | 314 |
| 562 | 608 | 315 | 378 | 342 |
| 673 | 711 | 450 | 507 | 478 |
| 691 | 740 | 476 | 548 | 513 |
| 715 | 714 | 510 | 510 | 510 |
| 767 | 768 | 588 | 590 | 590 |
| 863 | 901 | 741 | 810 | 777 |
| 890 | 915 | 789 | 836 | 814 |
| 935 | 1001 | 870 | 1002 | 936 |
| 998 | 967 | 995 | 935 | 965 |

$$n = 16$$

Uit bostaande tabelle blyk dit dat

$$\sum_{i=1}^n x_i = 10221 \quad \therefore \quad \bar{x} = 640$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 10414 \quad \therefore \quad \bar{y} = 652$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = 7,162,000$$

$$\sum_{i=1}^n y_i^2 = 7,528,000$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = 7,347,000$$

Die regressie-koëffisiënte word nou gegee deur

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad \text{en}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}$$

d. w. s.

$$b = \frac{16(7,347,000) - 10221 \times 10414}{16(7,162,000) - (10221)^2}$$

$$= 1.03$$

en

$$a = 652 - 1.03 \times 640$$

$$= -7$$

Die vergelyking van die regressiekromme word dus gegee deur $y_x = -7 + 1.03x$, wat baie goed ooreenstem met die 45 grade lyn waarna gestreef word.

Die standaardafwyking word gegee deur

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{n-1}{n-2} (S_y^2 - b^2 S_x^2)},$$

waar

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}{n(n-1)}$$

$$= \frac{114,800,000 - 104,400,000}{240}$$

$$= 43,400$$

Netso

$$S_y^2 = 50,800$$

$$\therefore S^2_{yx} = \frac{15}{14} (50,800 - 43,400 \times 1.03)$$

$$\therefore S_{yx} = 89.4$$

Die standaardafwyking is dus 89.4, en die korrelasie-koëffisiënt

$$r = b \frac{S_x}{S_y}$$

$$= 0.957$$

Aangesien 'n r-waarde van 1 perfekte korrelasie voorstel, dui 'n waarde van 0.957 op 'n baie goeie korrelasie.

Die 95 persent betroubaarheidskromme kan verder as volg bereken word. (Slegs een punt word bereken.)

Indien die x en y-waardes vir hierdie berekening as 863 en 901 onderskeidelik geneem word, is

$$x - \bar{x} = 223, \text{ en } (x - \bar{x})^2 = 49,500$$

verder is

$$\frac{(x - \bar{x})^2}{(n-1)S_x^2} = 0.0758$$

d. w. s.

$$\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{(n-1)S_x^2} = 0.1383, \text{ sodat}$$

$$\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{(n-1)S_x^2}} = 0.373$$

Hieruit word verkry dat

$$\begin{aligned} \bar{y}_x + t_{1+\frac{\alpha}{2}} (S_{yx}) \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{(n-1)S_x^2}} \\ = 863 + 2.145 \times 89.4 \times 0.373 \\ = 863 + 71.6 \\ = 935 \end{aligned}$$

waar \bar{y}_x bereken is vir x en y soos hier onder beskouing, en $t_{1+\frac{\alpha}{2}} = 2.145$ vir normale distribusie met $n - 2$ (d. w. s. 14) vryheidsgrade en 95 persent betroubaarheid, soos van enige tabel vir normale t-distribusie verkry kan word.

Netso is

$$\begin{aligned} \bar{y}_x - t_{1+\frac{\alpha}{2}} (S_{yx}) \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{(n-1)S_x^2}} \\ = 791 \end{aligned}$$

Die 95 persent betroubaarheidskromme sal dus vir 'n berekende waarde $x = 863$, en 'n praktiese waarde $y = 901$, by die waardes 935 en 791 ten opsigte van die y-as verbygaan, terwyl \bar{y}_x in hierdie geval 863 sal wees.

Deur dus 5 of meer sulke stelle punte te bereken, kon die 95 persent betroubaarheidsgrense op die grafieke ingevoeg word.

Bespreking van die Praktiese resultate:-

Uit die resultate, soos dit in grafiekvorm in figure 21 tot 25 aangegee word, blyk dit baie duidelik dat daar 'n baie noue verband bestaan tussen die berekende en praktiese waardes wat met die skuins lemme verkry is. Die basiese teorie wat in hoofstuk III afgelei is, hou dus goed steek indien dit met die praktiese resultate van die vyf gronde wat gebruik is, vergelyk word.

Uit die teoretiese vergelykings wat afgelei is, en praktiese resultate wat verkry is, is dit dus moontlik om 'n duidelike beeld te verkry van die faktore wat die spesifieke energievereistes van implemente sal beïnvloed. Hoewel die teorie en praktiese waarnemings slegs vir baie eenvoudige skuins lemme ondersoek is, kan die resultate ook gebruik word om tendense by baie meer komplekse werktuie te voorspel deur die betrokke werktuig as 'n samestelling van 'n reeks of reekse smal, skuins lemme te beskou. Deur dus die basiese ontwerp van so 'n implement of werktuig te laat aanpas by die vereistes wat uit die teorie neergelê is vir minimum energieverbruik, behoort groot besparings ten opsigte van perdekragverbruik verkry te kan word.

Die verskillende faktore wat 'n invloed op die spesifieke energievereistes van 'n grondbewerkingsimplement kan hê, word vervolgens puntsgewyse behandel.

Die invloed van snelheid op die spesifieke energievereistes:-

Uit die teorie en al die resultate van hierdie hoofstuk blyk dit duidelik dat, aangesien die versnellingskragte afhanklik is van die kwadraat van die snelheid, hierdie faktor so laag moontlik gehou moet word om energie te bespaar. Aangesien die snelheid egter die werktempo van enige spesifieke implement bepaal, kan dit nie onnodig klein gemaak word nie. Daar kan egter wel gepoog word om eerder voorkeur te gee aan wye implemente wat teen lae snelhede gebruik word, as aan smal werktuie wat teen hoër snelhede gebruik moet word om dieselfde werktempo te verkry. Hierdie metode is egter in die laaste dekade of so in die geval van grondbewerkingswerktuie, soos ploë ensovoorts, al meer op die agtergrond geskuif as gevolg van die feit dat daar 'n sterk neiging vir verhoogde tempo's van grondvoorbereiding ontstaan het. Hierdie neiging tot hoër snelhede het veral in oorsese lande soos die V.S.A., Engeland en sekere Europese lande voorgekom as gevolg van die feit dat arbeid baie skaars was en die boer dus self moes inspring om sy werk afgehandel te kry. Die rede waarom daar voorkeur gegee is aan hoër snelhede bo wyer werktuie, lê opgesluit in die feit dat die trekkragevereistes van

ploeë reeds baie hoog was en dat baie wielgewigte dus vereis was om die nodige traksie vir so 'n wyer implement te lewer. Deur egter 'n deel van die energie via die kragas aan so 'n implement te voorsien, kan groot besparings ten opsigte van trekstangtrek, rolweerstand en die graad van kompaksie dus verkry word, en kan wyer implemente dus met voordeel teen laer snelhede gebruik word.

Invloed van die hellingshoek van die grondbewerkingswerktuig:-

Uit die voorgaande teorie en praktiese resultate blyk dit ook verder dat die hellingshoek van die lem wat deur die grond beweeg, 'n groot invloed op die energievereistes van so 'n implement sal hê en dus tot die minimum beperk moet word.

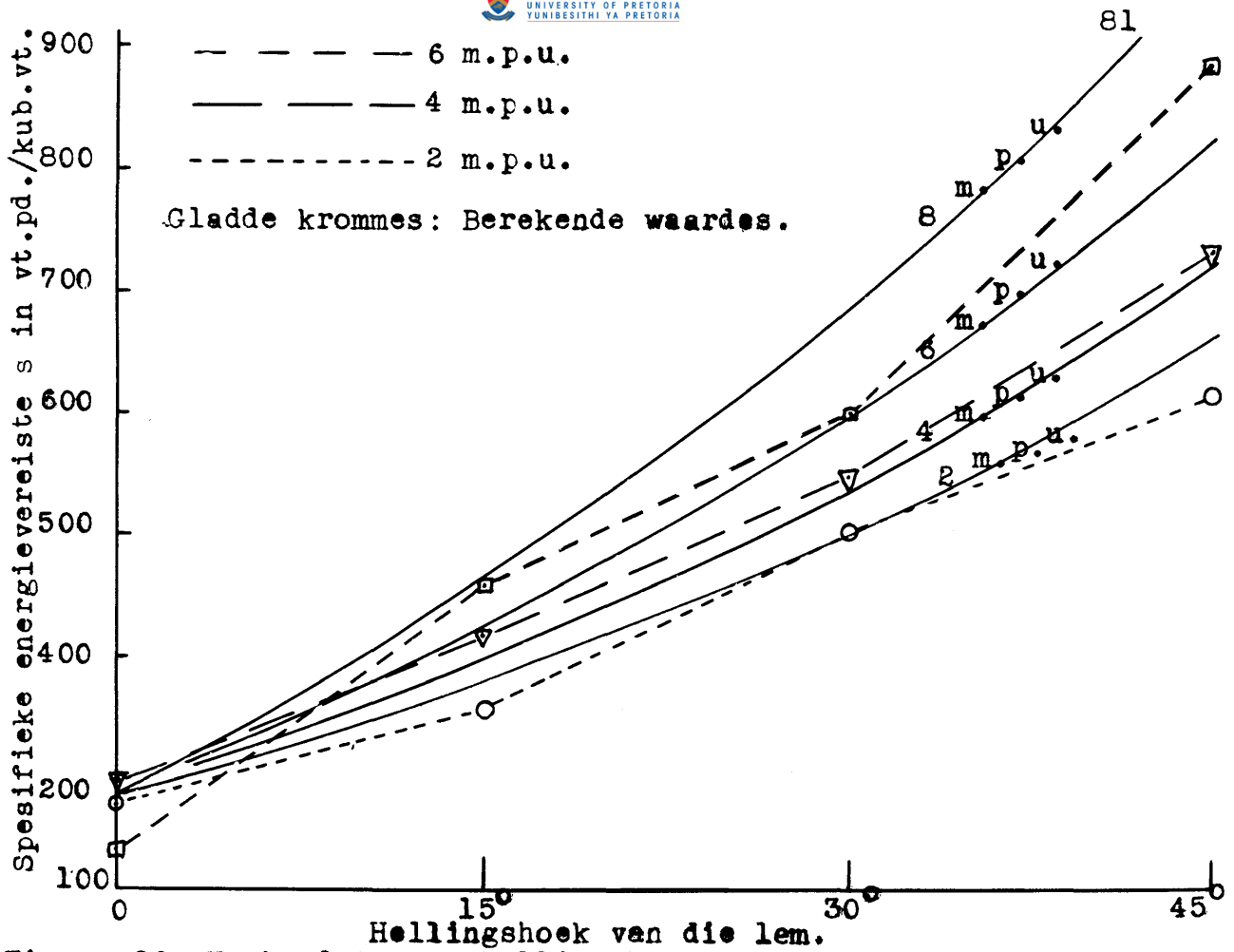
Die rede vir die hoër energievereistes wat by toenemende hellingshoeke voorkom, lê opgesluit in die feit dat sulke groter hoeke groter versnellingskragte en groter afskuifafstande tot gevolg het. Die groter versnellingskragte word veroorsaak deurdat die vertikale snelheidskomponente van die grond aan die einde van die lem nie alleen groter is as by plat lemme nie, maar ook in 'n korter afstand (en dus 'n kort tydperk) bereik moet word, en die grond dus vinniger versnel moet word. 'n Groter lemhoek veroorsaak ook dat die grond hoër gelig moet word en dat die grondlae dus verder oor mekaar moet afskuif. Die afskuifvlakke word ook nader aan mekaar gevorm, met die gevolg dat die bewerkingsintensiteit in sulke gevalle ook toeneem.

Figure 26 tot 30 toon die verband tussen die hellingshoeke en die spesifieke energievereistes van die vyf gronde by veldkapasiteit. Hierdie grafieke is opgestel uit die resultate van figure 21 tot 25, en toon dat die energievereistes eksponensiaal toeneem met 'n toename in die hellingshoeke van die lemme. Vir lae energievereistes moet die hoeke wat die lemme met die horisontaal maak, dus so klein as moontlik gehou word. Dieselfde sal ook geld vir gevalle waar die grond sywaarts geskuif word, en die lem dus 'n horisontale hoek met die bewegingsrigting sal maak.

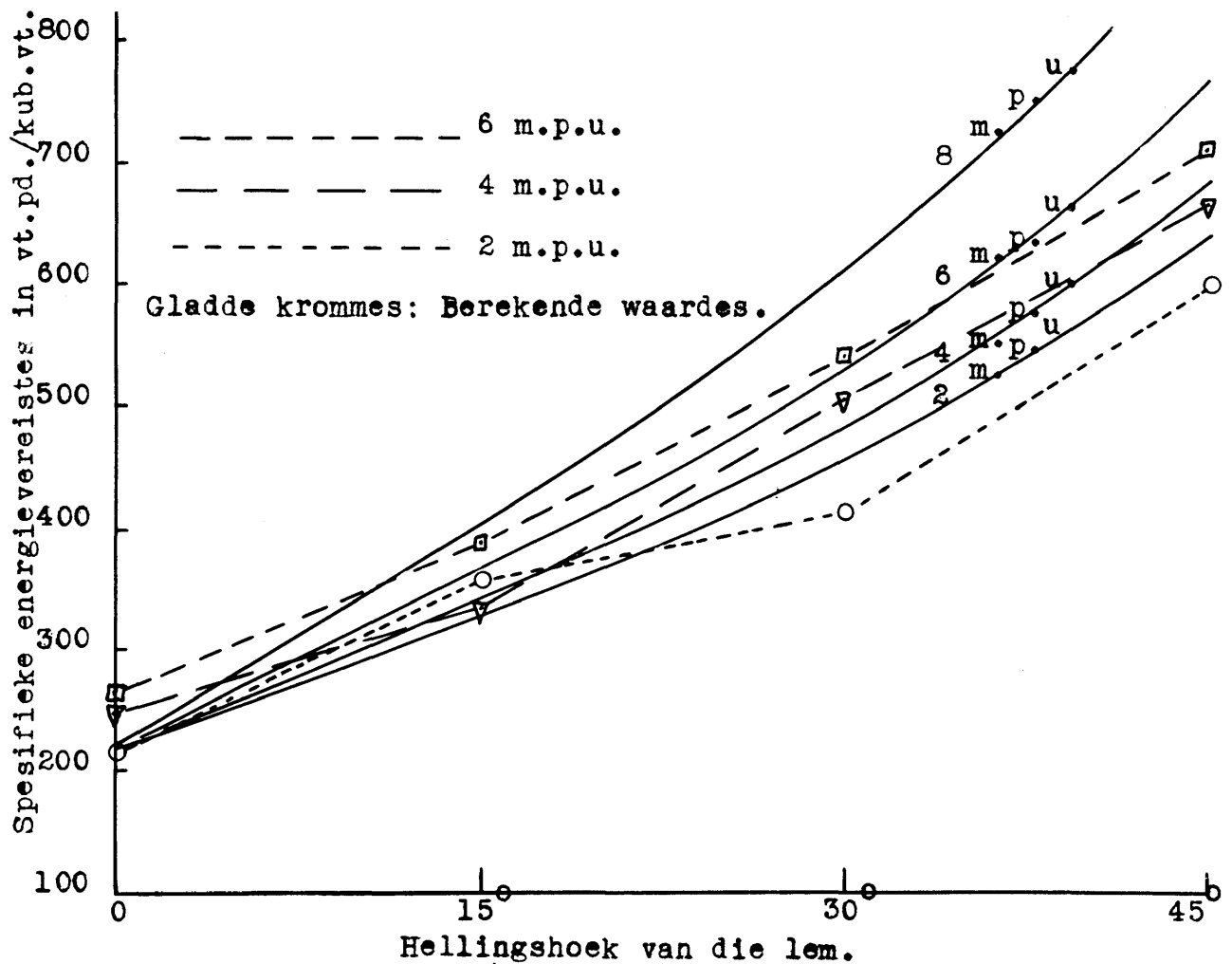
Indien die hellingshoek van die lem egter weer te klein gemaak word, kan die onderkant van die lem met die onbewerkte ploegbodem kontak maak, met die gevolg dat die spesifieke energievereistes dan weer sal toeneem. Te klein hoeke mag ook 'n nadelige invloed op die intensiteit van grondbewerking hê.

Invloed van die kontaklengte tussen grond en die lem:-

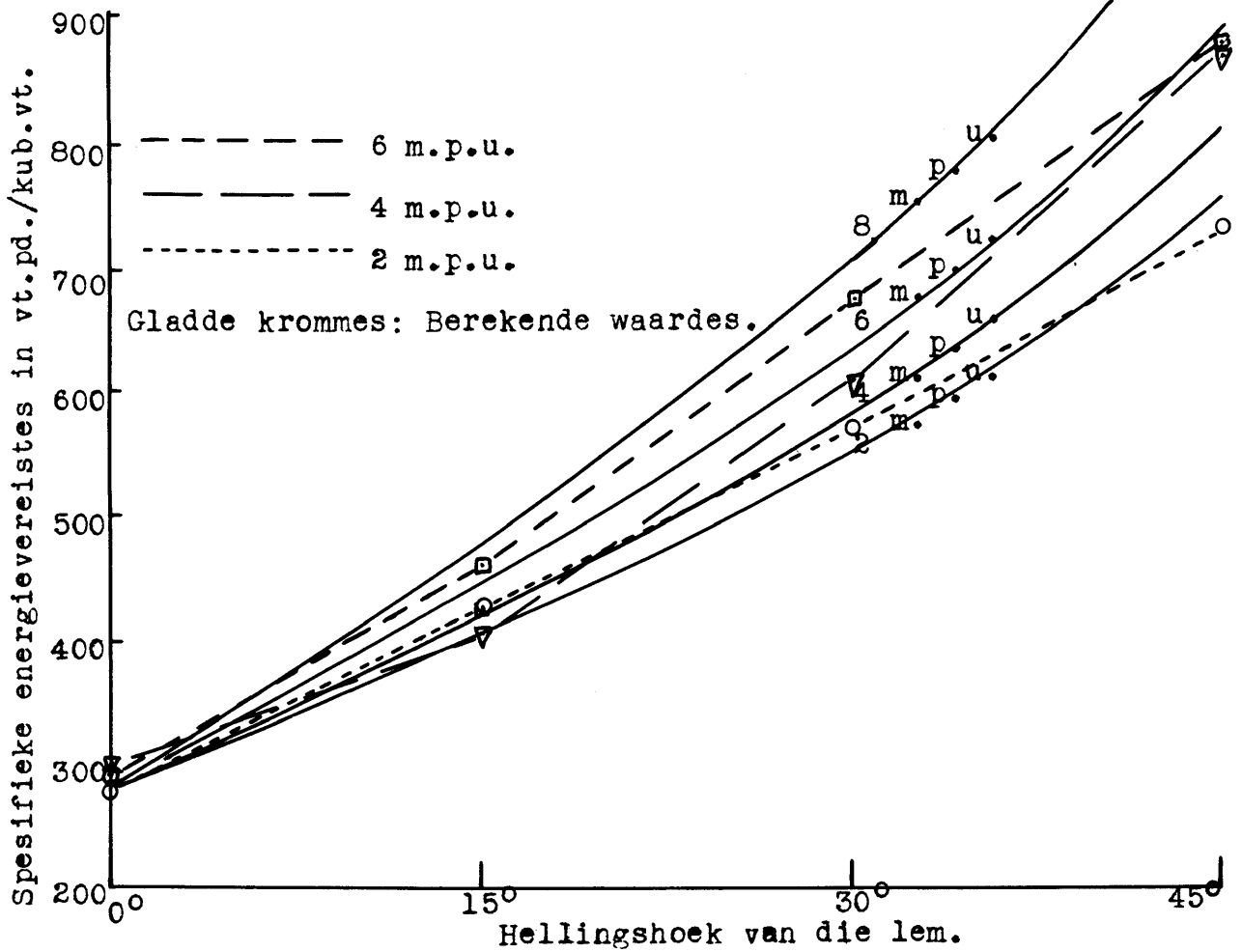
Uit die teorie van die vorige hoofstuk het dit duidelik geblyk dat die kontaklengte tussen die grond en die lem, wanneer die grond oor die lem



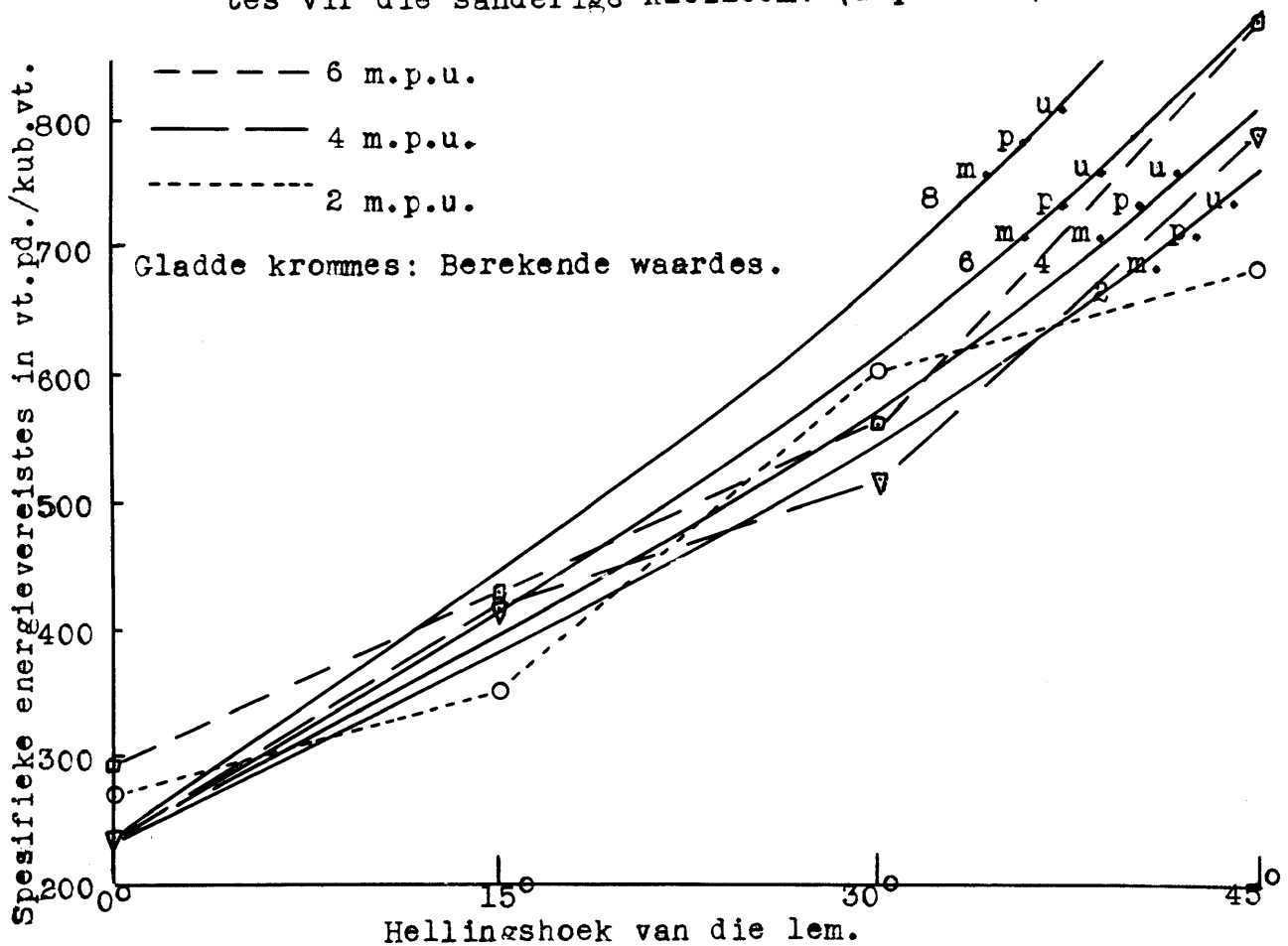
Figuur 26. Verband tussen hellingshoek en spesifieke energievereistes vir die sanderige grond. (Tipe A I.)



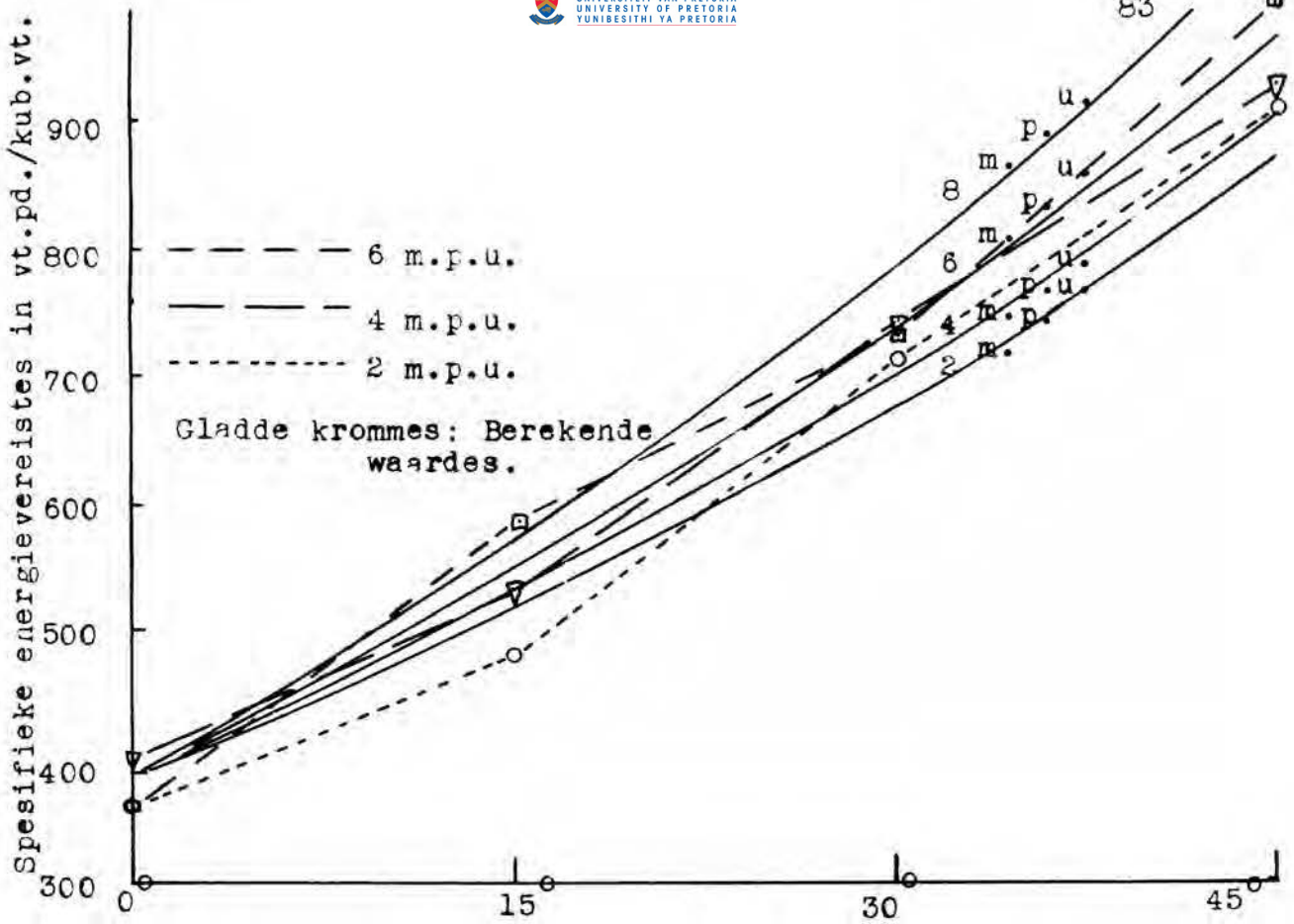
Figuur 27. Verband tussen hellingshoek en spesifieke energievereistes vir die sanderige leemgrond. (Tipe B I.)



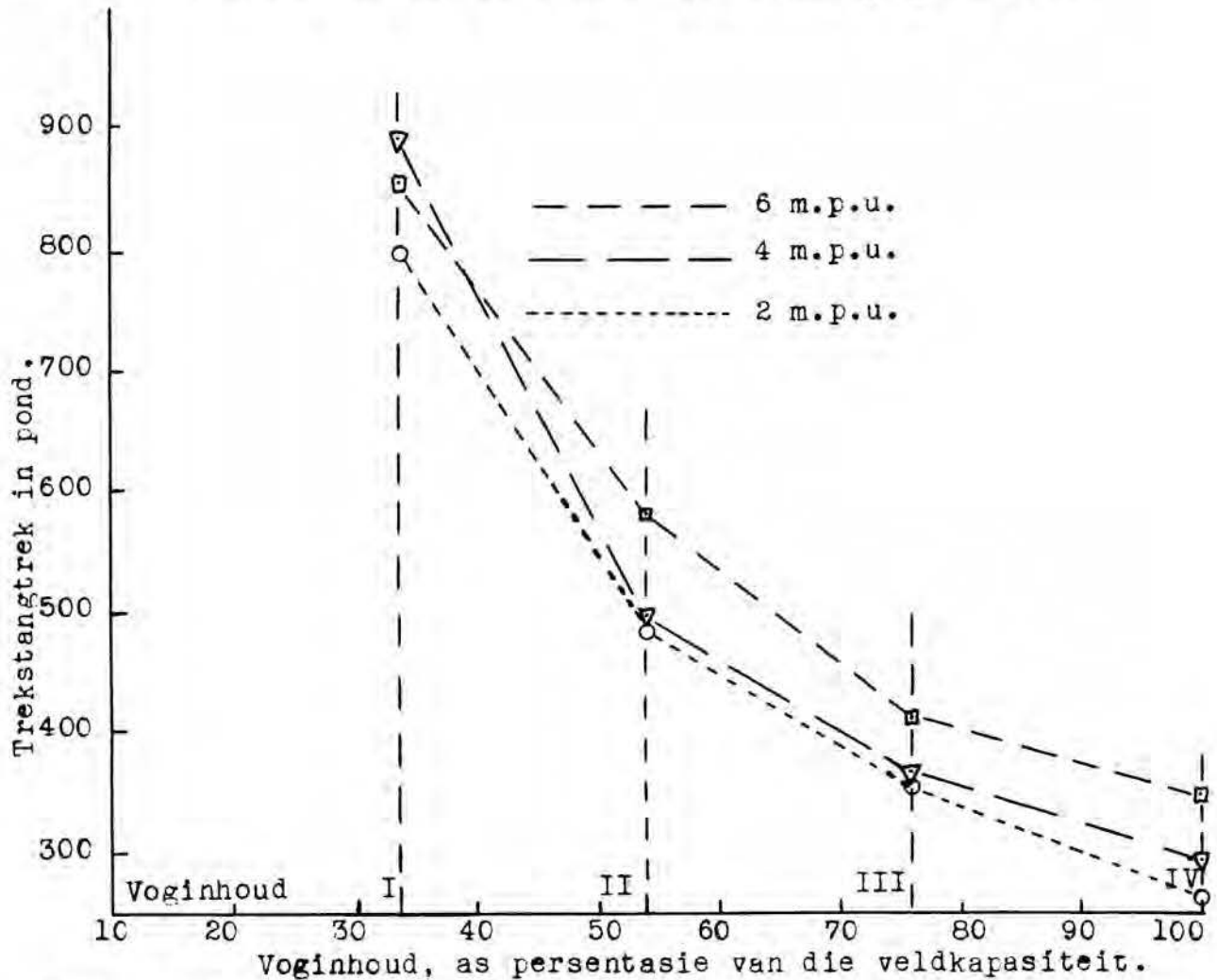
Figuur 28. Verband tussen hellingshoek en spesifieke energievereistes vir die sanderige kleileem. (Tipe C.I.).



Figuur 29 Verband tussen hellingshoek en spesifieke energievereistes vir sanderige kleigrond. (Tipe D I.).



Figuur 30. Verband tussen hellingshoek en spesifieke energievereistes vir die sanderige kleigrond. (Tipe E I.).



Figuur 31. Verband tussen trekkrag en voginhoud vir die sandgrond. (Tipe A I.).

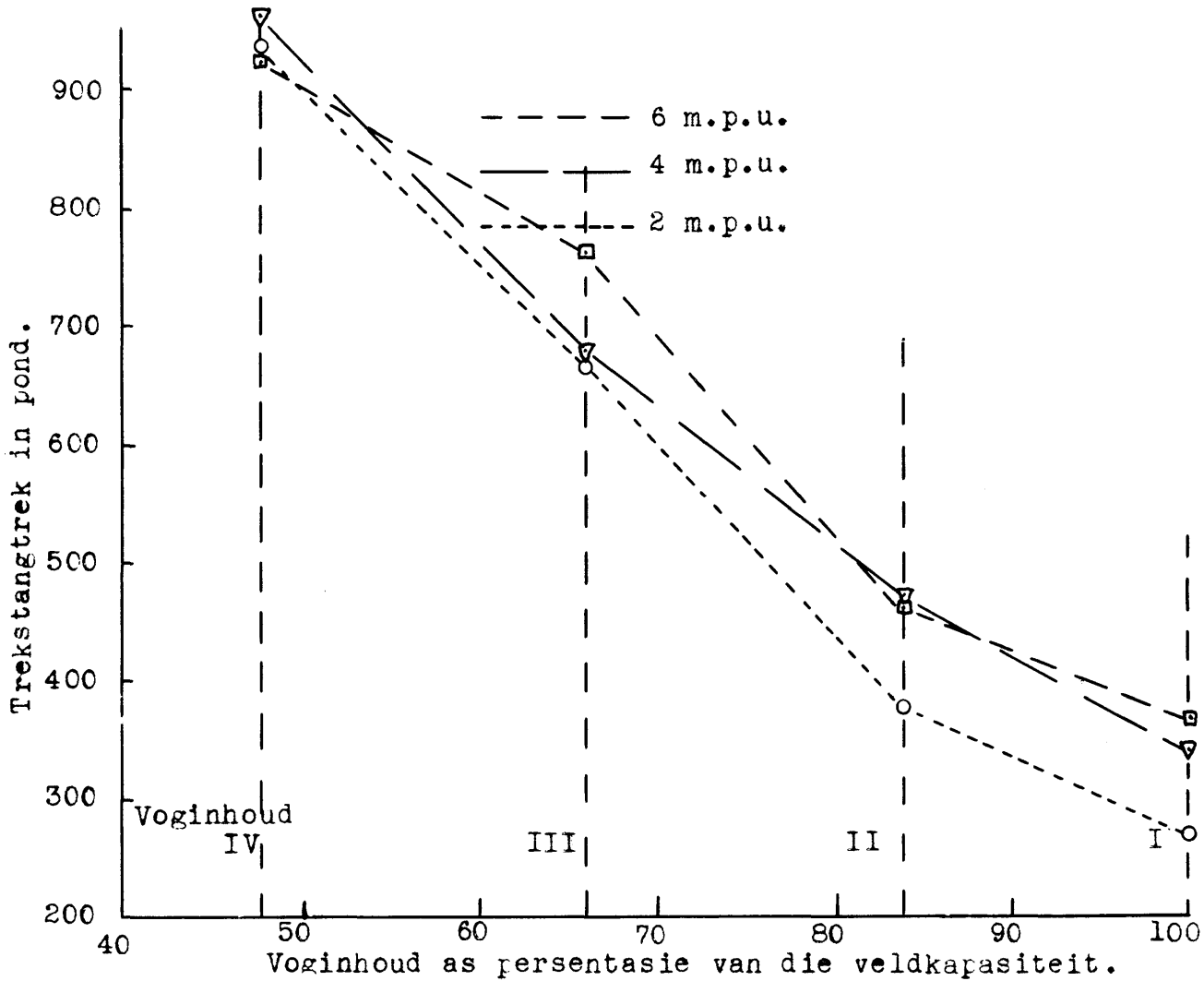
skuif, 'n groot invloed op die wrywingsenergie moet hê. Die lengte van die lem moet dus ook so kort as moontlik gehou word om energievereistes laag te hou. Indien so 'n lem egter te kort sou word, sal dit tot swakker verbrokkeling lei, en sal die hele ontwerp van die werktuig moontlik gewysig moet word om nog die beste energiebenutting te lewer sonder om die verbrokkeling daaronder te laat ly.

Invloed van voginhoud op die spesifieke energievereistes:-

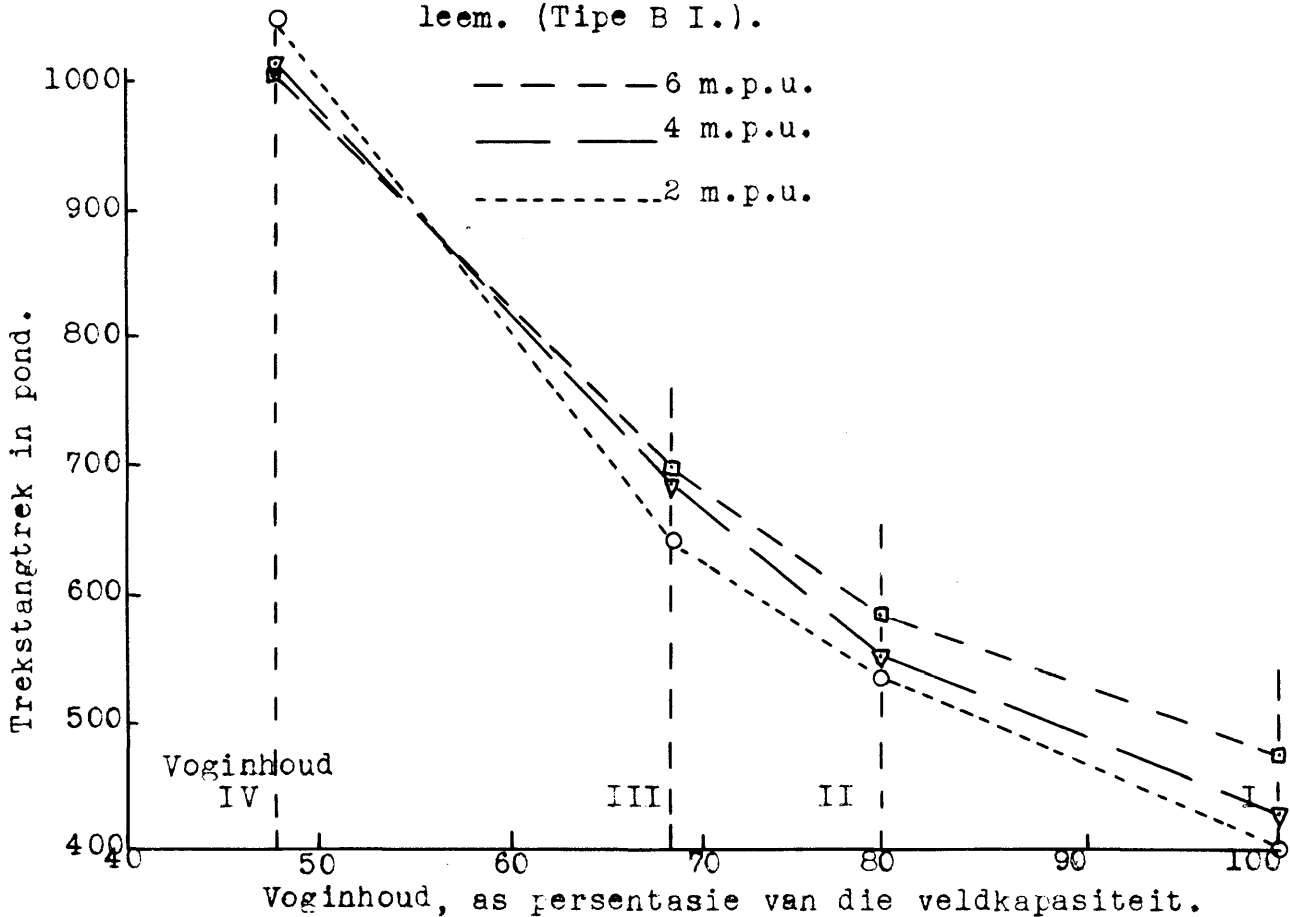
Die verband tussen die trekkragvereistes en die voginhoud van die verskillende gronde word in figure 31 tot 35 aangedui. Hierdie grafieke is van die resultate van figure 9 tot 28, bylae A, verkry vir 'n 30 grade lemhoek en snelhede van 2, 4 en 6 myl per uur. Die 8 myl per uur waardes is nie gegee nie omdat dit in baie gevalle nie sonder ekstrapolasie afgelees sou kon word nie. Die waardes van die ander lemtipes toon identiese eienskappe as die 30 grade lem, en hoewel hul nie grafies aangebied is nie, geld die gevolgtrekkings wat van die 30 grade lem se resultate gemaak word, nog steeds.

Uit figure 32 tot 35 blyk dit duidelik dat:

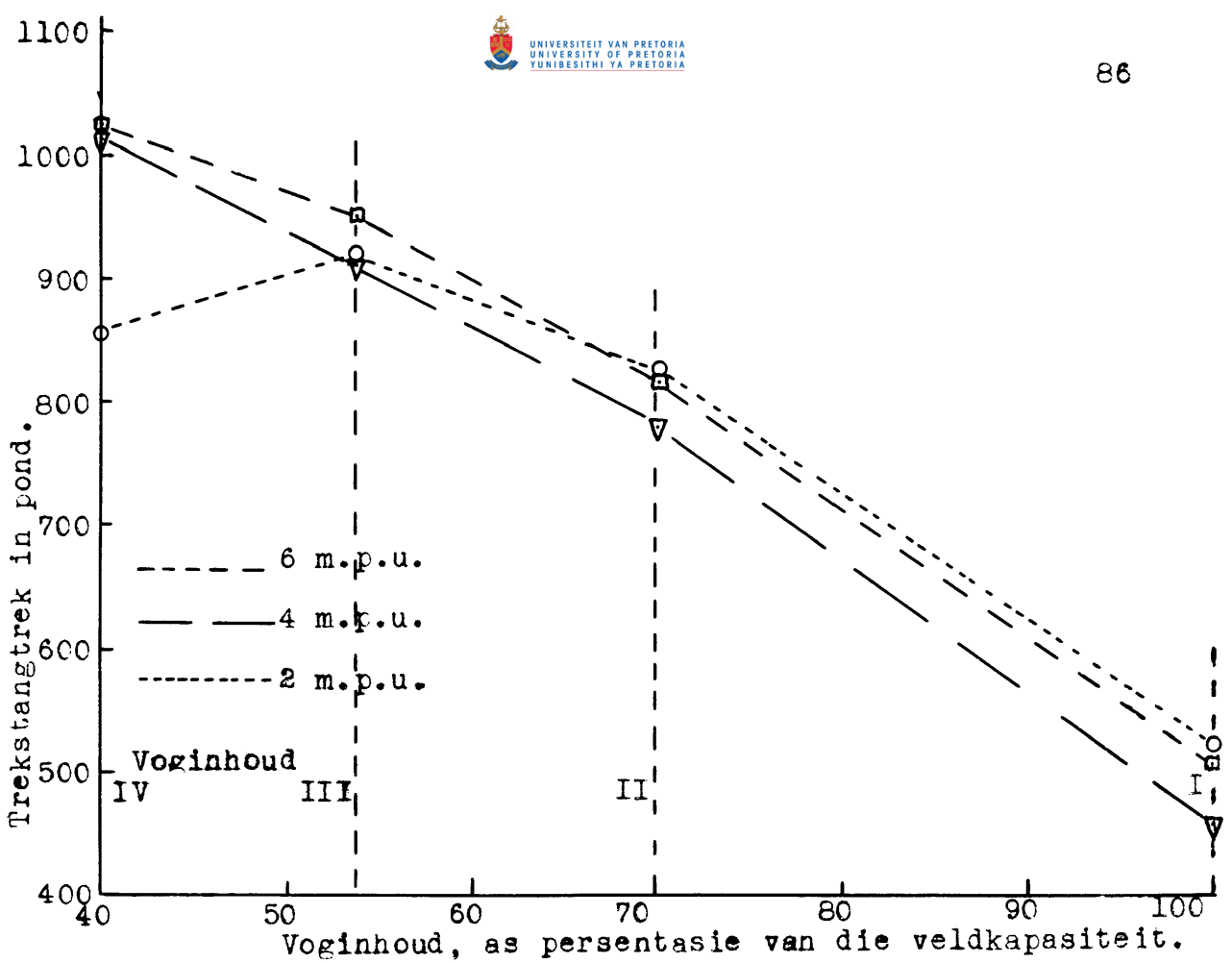
- Die trekkragvereistes skerp toeneem namate die voginhoud afneem vanaf veldkapasiteit, maar dat die graad van toename minder ernstig word namate die klei-inhoud van die gronde toeneem.
- In die geval van grondtipe E (wat 'n swaar, swart kleigrond was) begin die energievereistes by baie droë toestande weer daal. Hierdie daling is toe te skryf aan die feit dat die grond by uitdroging krimp en dan kwaai verbrokkel wanneer dit baie droog word, met die gevolg dat dit makliker bewerk as gevolg van 'n skynbare verlaging in kohesiespannings.
- Grondtipe D, 'n sanderige klei, toon ook min of meer dieselfde verskynsel as die klei-grond E, hoewel in 'n ligter graad.
- Dit blyk dus dat die gronde so gou moontlik na 'n reën bewerk moet word om die laer energievereistes as gevolg van hoë voginhoud te kan benut. In die geval van swaar klei-gronde mag praktiese probleme soos aanpakking en glyerige toestande egter bewerking op 'n vroeë stadium na die reëns verhoed. In sulke gevalle sou dit die moeite loon om die gronde eerder te bewerk wanneer hulle baie droog is en dus van nature verbrokkel het.



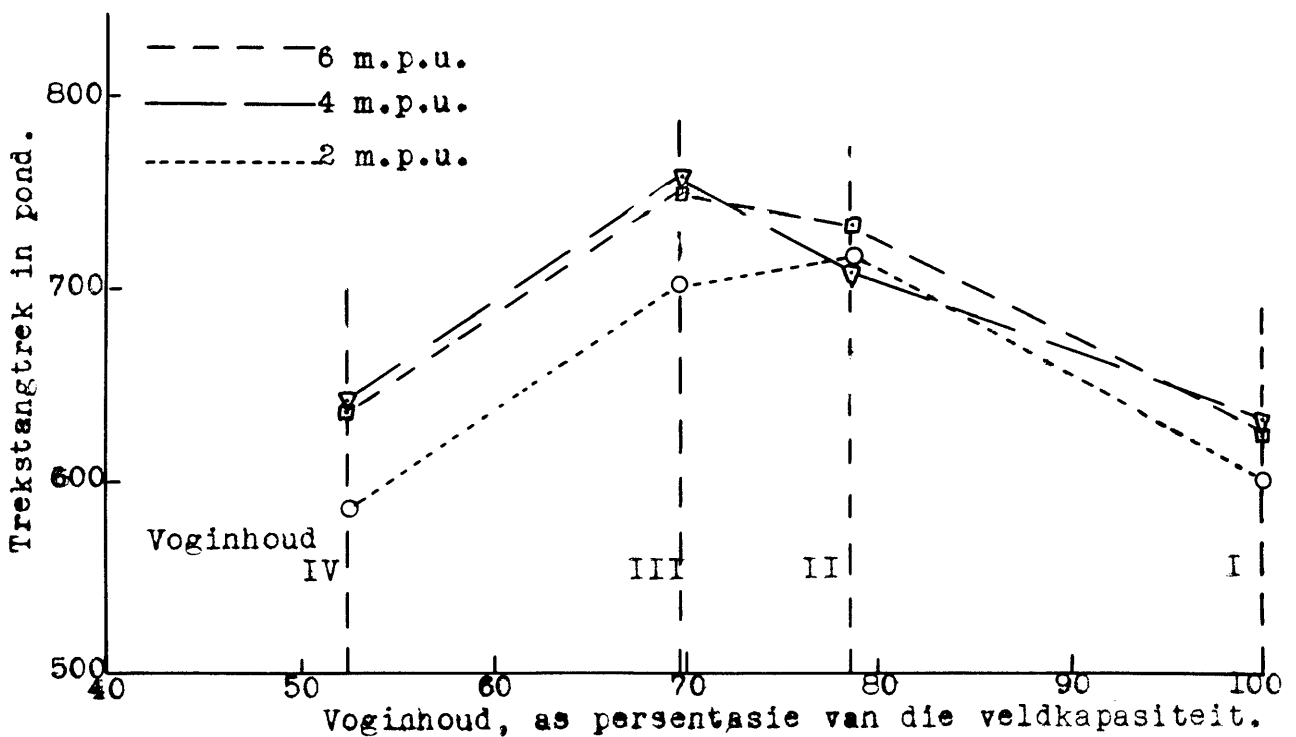
Voginhoud as persentasie van die veldkapasiteit.
 Figuur 32. Verband tussen trekkrag en voginhoud vir die sanderige leem. (Tipe B I.).



Voginhoud, as persentasie van die veldkapasiteit.
 Figuur 33. Verband tussen trekkrag en voginhoud vir die sanderige kleileem. (Tipe C I.).



Figuur 34. Verband tussen die trekkrag en die voginhoud vir die Sanderige kleigrond. (Tipe D I.).



Figuur 35. Verband tussen die trekkrag en die voginhoud vir die kleigrond. (Tipe E I.).

Invloed van die Grondtipes en Grondkonstantes:-

Hoewel die vyf gronde wat beskou is, baie van mekaar verskil het en gewissel het van 'n ligte sandgrond tot 'n baie swaar klei, het die volgende baie interessante aspekte nogtans duidelik na vore gekom, naamlik:

- Hoewel versnelling wel 'n rol speel ten opsigte van die spesifieke energievereistes van die gronde, is die invloed daarvan by lae snelhede nie baie groot nie. Die versnellingsenergie se invloed was veral baie klein wanneer die spesifieke energiewaardes baie hoog was in droë sanderige gronde of nat kleigronde. In eersgenoemde geval is die hoë energievereistes toe te skryf aan die hoë wrywingskoëffisiënte van die gronde, terwyl dit in laasgenoemde geval weer aan hoë kohesie- en adhesiewaardes toegeskryf kan word. Hieruit kan afgelei word dat die versnellingsenergie nie deur die grondtipe of voginhoud beïnvloed is nie, maar, soos te wagte, slegs afhanklik was van die hellingshoeke en voorwaartse snelhede.
- Uit die praktiese en teoretiese resultate blyk dit verder duidelik dat die kohesiespannings een van die belangrikste faktore was wat die spesifieke energievereistes kon beïnvloed. Die energievereistes het sterk toegeneem wanneer die kohesiespannings groot was. Hierdie bewering word verder onderskraag deur die feit dat die spesifieke energiewaardes selfs by lae snelhede en klein hellingshoeke baie skerp toegeneem het by 'n toename in die kohesiespanning.
Aangesien die kohesiespanning dus so 'n groot rol speel by die bepaling van die spesifieke energievereistes van die verskillende lemme, behoort daar gepoog te word om die bewerking van die gronde so na aan veldkapasiteit as moontlik te laat geskied.
- Soos verwag kon word, het die waardes van c_a en c_k skerp afgeneem by 'n toename in die klei-inhoud en voginhoud van die gronde. Hierdie afnames in die konstantes se waardes is toe te skryf aan die feit dat die gronde by die hoë voginhoud meer plastiese vervorming tydens bewerking ondergaan het. Die energievereistes ten opsigte van die kohesie- en versnellingskragte was dus laer as die teoretiese waardes, wat herlei is asof daar geen of weinig vervorming voorgekom het nie.

V. ONTWERP, KONSTRUKSIE EN TOETS VAN 'N VIBRERENDE LEM:-
INLEIDING:-

Uit die teorie oor die energievereistes van 'n nie-vibreerende implement het dit duidelik geblyk dat die lengte van die glypad van die grond oor die lem een van die grootste faktore is wat die spesifieke energievereistes kan beïnvloed. Verder het dit ook geblyk dat heelwat energie verlore gaan as gevolg van interne wrywing tussen die grondlae aan weerskante van die afskuifvlakke, veral omdat die afskuifvlakke onder 'n hoë normaaldruk gevorm word. Aangesien 'n kort lem normaalweg nie behoorlike verbrokkeling van die grond sal kan lewer nie, is daar besluit om die werk van Eggenmüller (1958 en 1959) op te volg met 'n teoretiese ontleding van die verskillende faktore wat die spesifieke energievereistes van 'n vibreerende lem kan beïnvloed. Vergelykings vir die verplasing, snelheid en versnelling is eers herlei, en omgewerk sodat die bewegingspad van die lem deur die grond op 'n eenvoudige wyse bestudeer kon word. Hierna is die verskillende energiewaardes ontleed om uitdrukings vir die spesifieke energievereistes daar te stel.

Redes vir die keuse van 'n Vibreerende Werktuig:-

- Uit die praktyk, en ook die voorafgaande beskouing van hoofstuk III, blyk dit duidelik dat die konvensionele ploë definitiewe nadele toon ten opsigte van die energievereistes wat benodig word om 'n eenheidsvolume grond te bewerk. Gevolglik is daar gepoog om die ploeg te verbeter of te verander sodat die totale energievereistes verlaag kon word. Hoewel hierdie ontwikkelings tot interessante werktuie gelei het, is daar egter nooit werklik daarin geslaag om implemente daar te stel wat 'n definitiewe en groot energiebesparing bo die konvensionele ploeg kon lewer nie.
- Die enigste implemente wat enigszins 'n verlaging in energievereistes kon lewer, was die beitelploë en dergelike tandimplement, wat egter weer die nadeel getoon het van 'n reeks onbewerkte riwwe tussen die tandpaaie.
- Uit die ontleding van 'n eenvoudige skuins lem wat deur die grond beweeg, is dit duidelik dat 'n verlaging in energievereistes gepaard sal gaan met 'n kleiner mate van verbrokkeling as by konvensionele ploë, veral in gevalle waar die hellingshoek en die lengte van die wrywingspad tussen die grond en die implement verlaag word.
- Studies met vibreerende implemente het deurgaans getoon dat, hoewel aansienlike verlaging in trekstangtrek bo konvensionele, nie-vibreerende implemente verkry kon word, daar nie enige noemenswaardige verskille ten opsigte van totale energievereistes voorgekom het nie. Waar sulke verskille egter wel groot

was, het dit op hoër energievereistes in die geval van vibrerende implement gedui. Verbrotkeling van die grond was egter baie meer intens by vibrerende implemente as by identiese implemente wat sonder vibrasie deur die grond beweeg het. Bogenoemde verskynsel het daartoe gelei dat besluit is om 'n eenvoudige implement te probeer ontwikkel wat, met behulp van vibrasies, dieselfde mate van verbrotkeling sou lewer as wat die geval met die konvensionele ploë was.

- Die teoretiese beskouing oor minimum energievereistes vir 'n eenvoudige lem is vervolgens gekombineer met die gedagtes vervat in die paragraaf hierbo, en daaruit is 'n geskikte implement ontwikkel vir die bewerking van gronde.

- Afgesien van bogeneomde oorwegings, het die volgende voordele van so 'n implement ook tot die finale keuse in die verband gelei, naamlik.

. Die vorming van 'n ploegsool kan feitlik geheel en al uitgeskakel word deurdat die vibrerende implement nie dieselfde pleistereffek op die onderkant van die ploegsool sal hê as die gewone rysterplaat- en skottelploë nie.

. Weens die feit dat die trekker geheel en al op die onbewerkte grond kan beweeg, word die gevaar van ploegsoolvorming as gevolg van die invloed van die trekker se regterwiele wat in die voor loop, uitgeskakel.

. Deurdat 'n gedeelte van die energie van die trekker deur middel van die kragas aan die implement voorsien sal word, sal traksie nie meer die beperkende faktor by bewerking wees nie, en gevolglik sal 'n ligter trekker met minder wielgewigte gebruik kan word, sodat grondkompaksie, wielglip en rolweerstand laer sal wees. Alternatiewelik sal wyer werktuie met dieselfde trekker getrek kan word.

. Die oordrag van energie geskied baie meer doeltreffend via die kragas van 'n trekker as wanneer dit via die trekstang oorgedra word, met die gevolg dat verdere onnodige verliese dus ook hier uitgeskakel sal kan word deur van vibrasie gebruik te maak.

- Weens die feit dat die trekstangtrek van 'n vibrerende implement soveel laer sal wees as die van 'n gewone ploeg, kan dit tot voordeel gebruik word ten opsigte van die volgende punte, naamlik:

. Die tempo van grondbewerking kan aansienlik opgestoot word sonder om van hoër snelhede gebruik te maak, maar deur wyer implemente te gebruik. Hierdie metode bied die voordeel dat die trekker die land minder kere hoef te deur-kruis, met die gevolg dat die effek van rol-

weerstand, kompaksie van die grond ensovoorts aansienlik verlaag kan word. 'n Verdere voordeel is dat die energie wat vermors word deurdat die trekker en/of implement teen obstruksies bots, deur holtes in die land moet beweeg, ensovoorts, aansienlik verlaag word, want dit word algemeen aanvaar dat hierdie energieverliese volgens die kwadraat van die snelheid varieer. Dit lei ook daartoe dat die implemente ligter gebou kan word omdat breuke nie so maklik sal voorkom wanneer soliede voorwerpe teen lae snelhede getref word nie.

. Die lae snelheid, gekombineer met 'n wyer bewerkingsimplement, bied die moontlikheid van die produksieprosesse soos ploeg, eg en plant te kombineer, met die gevolg dat die aantal kere wat die trekker die land hoef te deurkruis, nog verder verlaag kan word. Hierdie verlaging kan so hoog as sewentig persent of meer wees, met die gevolg dat die saad na goeie reëns baie gouer en met baie minder energievermorsing in die grond geplaas kan word.

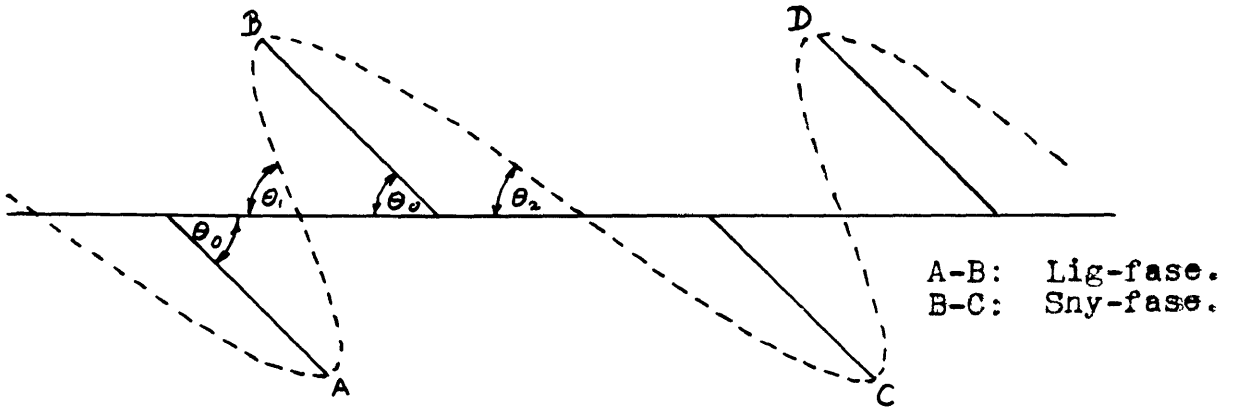
. Die uitskakeling van die eg- en plantprosesse nadat die grond geploeg is, sal ook aansienlike besparings t.o.v. rolweerstand lewer omdat die trekker op geen stadium oor reeds bewerkte grond sal hoef te beweeg nie. Die jong saailinge sal dus ook in 'n grond wat baie beter deurlug is, kan ontkiem en groei.

. Die vibrerende implement kan, as gevolg van die eenvoudiger konstruksie, ook aangewend word vir skoffelwerk. Geen veranderings, behalwe die diepteverstelling, sal hiervoor nodig wees nie, maar waar dit met planterbakke toegerus word, moet sulke bakke sonder veel moeite verwyder kan word om gewig te bespaar tydens skoffelwerk.

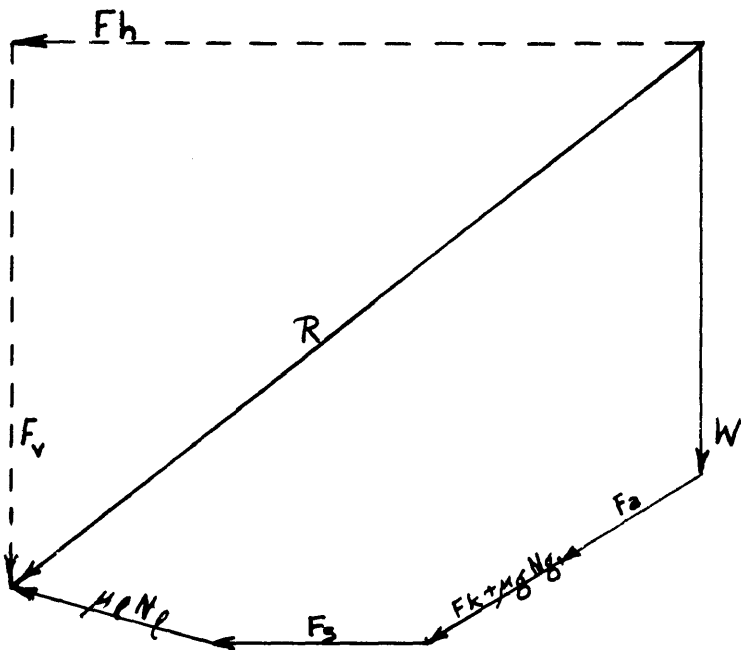
. Afgesien van bogenoemde moontlikhede, is daar ook die moontlikheid dat so 'n werktuig met twee of meer lemme aan elke skag, maar op verskillende vlakke, toegerus kan word. Hierdie rangskikking sal veroorsaak dat die grond op die oppervlakte baie meer intensief bewerk sal kan word as die res, en die bewerkingsintensiteit op verskillende vlakke sal dus na willekeur verander kan word om by verskillende plant-vereistes aan te pas.

Voorlopige beskouing oor die moontlike verlaging van die Energievereistes:-

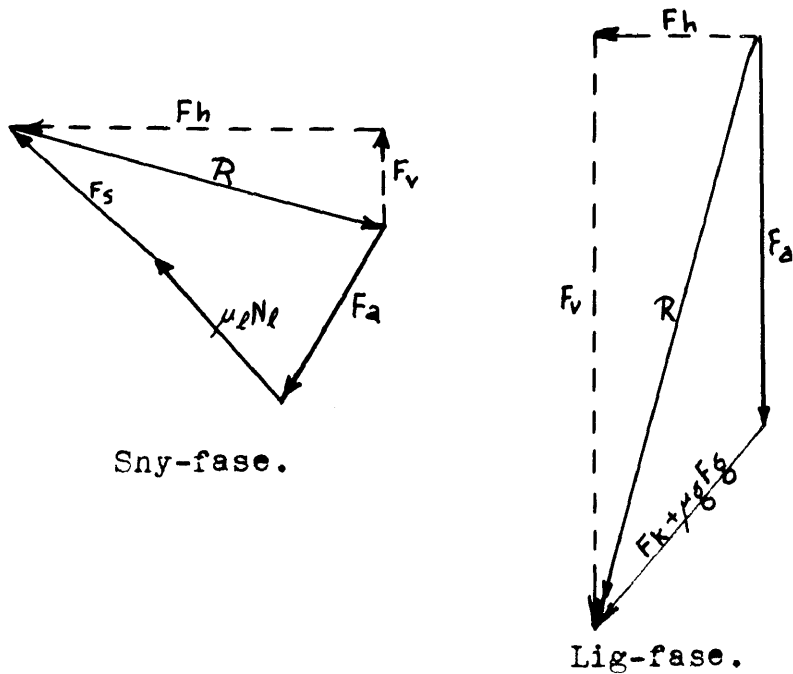
Volgens Eggenmüller (1958 en 1959), Hendrick (1962) en andere, bied vibrerende werktuie definitiewe moontlikhede vir die verlaging van die trekkrag



Figuur 36. Tipiese bewegingspad van 'n vibrerende werktuig.



Figuur 37. Kragte-ontleding van 'n nie-vibrerende skuins lem.



Figuur 38. Kragte-ontleding van 'n vibrerende skuins lem.

wat benodig word om so 'n implement deur die grond te trek. (Vergelyk ook Larsson -1967). Hierdie verlaging in trekkrag word hoofsaaklik bewerkstellig deurdat die sny- en lig-aksie van die werktuig geskei word doos in figuur 36 aangetoon word. Die kragte-ontleding van so 'n vibrerende werktuig verskil dan van die kragte-ontleding van 'n nie-vibrerende werktuig soos in figure 37 en 38 aangetoon, met die gevolg dat die trekkragvereistes heelwat laer is.

Ontleding van die aksie van 'n vibrerende lem:-

Indien 'n lem met 'n sinusvormige beweging met betrekking tot die implement-raamwerk vibreer, lei dit tot 'n saagtand-vormige bewegingspad deur die grond (soos in figuur 36 aangedui). Die ware vorm van die pad word hoofsaaklik bepaal deur die frekwensie en amplitude van die vibrerende skaar, en die voorwaartse snelheid van die implement. Die bewerkingsaksie van so 'n implement kan in twee definitiewe fases onderverdeel word, naamlik 'n "lig"-aksie, wat voorkom wanneer die skaar opwaarts beweeg (A-B en C-D in figuur 36), en 'n "sny"-aksie wat weer voorkom wanneer die implement afwaarts beweeg (B-C, figuur 36).

- Ontleding van die "lig"-aksie:-

Indien die lig-aksie ten opsigte van verlangde energievereistes ontleed word, behoort daar so ver moontlik aan die volgende vereistes voldoen te word, naamlik:

. Die versnellingsenergie moet 'n minimum wees:-

Hierdie vereiste kan alleen bevredig word indien die volgende geld, naamlik:

- (i) Die lemwydte moet so gekies word dat geen gronddeeltjies meer as een keer gelig word nie. Die lemwydte in die bewegingsrigting van die implement moet dus nie groter wees as die voorwaartse beweging van die implement tydens een vibrasie-siklus nie. Hierdie aspek is deur geen een van die navorsers wat met vibrerende implemente gewerk het, in gedagte gehou nie, en die rede daarvoor mag moontlik gevind word in die feit dat daar aangeneem is dat die versnellingskragte heelwat laer sou wees as die kragte wat benodig word om wrywing, die lig-aksie en kohesie te oorkom.
- (ii) Die versnelling self moet so laag as moontlik gehou word.
- (iii) Die versnellingsrigting moet sodanig wees dat die regte bewegingspad vir die lem deur die grond verkry word vir die minimum energievereistes ten opsigte van die res van die punte hieronder genoem.

(iv) Die versnelling moet sodanig wees dat die opwaartse snelheid van die grond groot genoeg is dat die grond die lem kan verlaat, ten einde laasgenoemde 'n kans te gee om in die onbewerkte deel van die ploeglint in te sny sonder dat wrywing tussen die reeds versnelde grond en die lem voorkom.

Die lig-energie moet 'n minimum wees:-

Hiervoor moet aan die volgende vereistes voldoen word, naamlik:

- (i) Die grond moet nie meer as een keer gelig word nie, en die lem moet dus aan die vereistes van (i) hierbo voldoen.
- (ii) Die afstand waardeur die grond gelig word, moet 'n minimum wees.
- (iii) Die lig-rigting en versnelling moet sodanig gekies word dat die grond nie tydens hierdie fase onnodige botsings met die reeds bewerkte grond maak nie.

Energie vir Wrywingoorkoming moet 'n minimum wees:-

Die volgende vereistes moet hiervoor bevredig word, naamlik:

- (i) Die normaaldrukspanning tussen die twee grondlae van die afskuifvlak moet 'n minimum wees. Die rede hiervoor lê daarin dat die afskuifspanning vir die grond gegee word, deur:
$$\tau = c + N \tan \phi$$
, waar ϕ = die wrywingshoek tussen die betrokke twee grondlae by die afskuifvlak.

Die afskuifspanning moet so laag moontlik gehou word vir minimum energievereistes, en dit kan alleen verkry word deur die grond te bewerk op 'n stadium wanneer c en $\tan \phi$ 'n minimum is, of deur die normaalspanning so klein moontlik, of selfs negatief, te maak.

By die nie-vibrerende skuins lem vind afskuiwing eers plaas wanneer die grond so saamgedruk is dat dit onder 'n groot normaaldruk afskuif, met die gevolg dat τ onnodig groot is. Dieselfde beswaar geld ook vir die rysterplaat-, skottel- en meeste ander ploë en grondbewerkingsimplemente, en gevolglik word 'n groot deel van die energie wat vir grondbewerking benodig word, hierdeur opgeneem sonder dat nuttige werk verrig word.

Indien die afskuifspanning dus so laag moontlik gehou moet word, is dit nodig dat die implement tydens die lig-fase vertikaal, of verkieslik selfs in 'n truwaartse rigting met betrekking tot die grond, sal beweeg.

(ii) Die bewegingspad van die lem deur die grond moet sodanig gekies word dat geen beweging tussen die grond op die lem, en die lem self, voorkom tydens die lig-aksie nie. Die rede hiervoor is dat die normaalkrag op die lem tydens die lig-aksie maksimaal is, met die gevolg dat wrywingsverliese tussen die grond en die lem op hierdie stadium hoog sal wees indien dit sou voorkom.

. Energie vir Kohesie-oorkoming moet 'n minimum wees:-

Aangesien bogenoemde energie slegs 'n funksie is van die kohesie-spanning (c), die oppervlakte waarop kohesie oorkom moet word, en die frekwensie waarteen genoemde oppervlaktes gevorm word, kan verwag word dat die minimum energievereistes bevredig kan word deur te sorg dat

(i) Die grond bewerk word wanneer c laag is,

(ii) die afskuifoppervlakte 'n minimum is, dit wil sê deur te sorg dat die afskuifvlakke in 'n vertikale vlak en loodreg op die bewegingsrigting, voorkom, en

(iii) die frekwensie van afskuifvlakvorming so laag moontlik gehou word, sonder om die graad van bewerking of die vorige faktore onnodig te benadeel.

- Ontleding van die Sny-aksie:-

Vir minimum energievereistes tydens die "sny"-fase (B-C, figuur 38) moet die volgende vereistes sover moontlik nagekom word, naamlik:

Die versnelde grond van die voorafgaande lig-aksie moet nie met die lem kontak maak nie, sodat dit nie enige addisionele wrywingsverliese tussen die grond en die lem veroorsaak nie.

. Die hoek van die lem moet so gekies word dat dit so na as moontlik parallel met die bewegingsrigting van hierdie fase sal wees, maar dit moet groot genoeg wees om te verhoed dat die onderkant van die lem met die onderste, onbewerkte grondoppervlakte sal kontak maak. Hierdeur word verseker dat die sny-aksie nie gepaard gaan met onnodige versnellings en ligkragte, wat die energievereistes verhoog nie.

. Die sny-afstand per siklus moet so klein as moontlik gehou word, en daar moet dus gesorg word dat die vibrasie-hoek (θ_0) so klein moontlik gehou word.

TEORETIESE ONTLEDING VAN DIE ENERGIEVEREISTES VAN 'N VIBRERENDE SKUINS LEM:-

Berekening van die verplasing, snelheid en versnelling van 'n vibrerende lem:-

Die simbole wat by die teoretiese ontledings vir 'n vibrerende werktuig gebruik word, is dieselfde as die wat by die nie-vibrerende lem in hoofstuk III gebruik is, met die uitsondering van 'n paar toevoegings wat in die besprekings verduidelik sal word.

Die beweging van die lem met betrekking tot die raamwerk van die implement, word in figuur 39 deur die projeksie van die kromme OABC op die lyn OZ voorgestel, terwyl die ware verplasing met betrekking tot die grond deur die kromme $OA_1 B_1 C_1 D_1 E_1 \dots$ voorgestel word vir die geval waar die implement teen 'n snelheid v_x voorwaarts beweeg.

Uit dieselfde figuur blyk dit ook dat die horisontale en vertikale verplasing van die lem met betrekking tot die raamwerk, gegee word deur

$$x_1 = -r (1 - \cos \omega t) \cos \theta_0, \text{ en}$$

$$y_1 = r (1 - \cos \omega t) \sin \theta_0,$$

waar θ_0 , die hoek voorstel waarteen die vibrasie ten opsigte van die horisontaal plaasvind, en waar ωt die hoekverplasing van 'n denkbeeldige vektor, wat teen 'n hoeksnelheid van ω radiale per sekonde in 'n anti-klokwartse rigting roteer, voorstel. Hierdie hoekverplasing is so gekies dat dit nul is wanneer die lem sy laagste posisie bereik, dit wil sê wanneer die vektor se posisie saamval met die vibrasierigting.

Die totale verplasing as gevolg van die vibrasie alleen, word gegee deur

$$\begin{aligned} z_1 &= x_1 + iy_1 \\ &= -r (1 - \cos \omega t) (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \end{aligned}$$

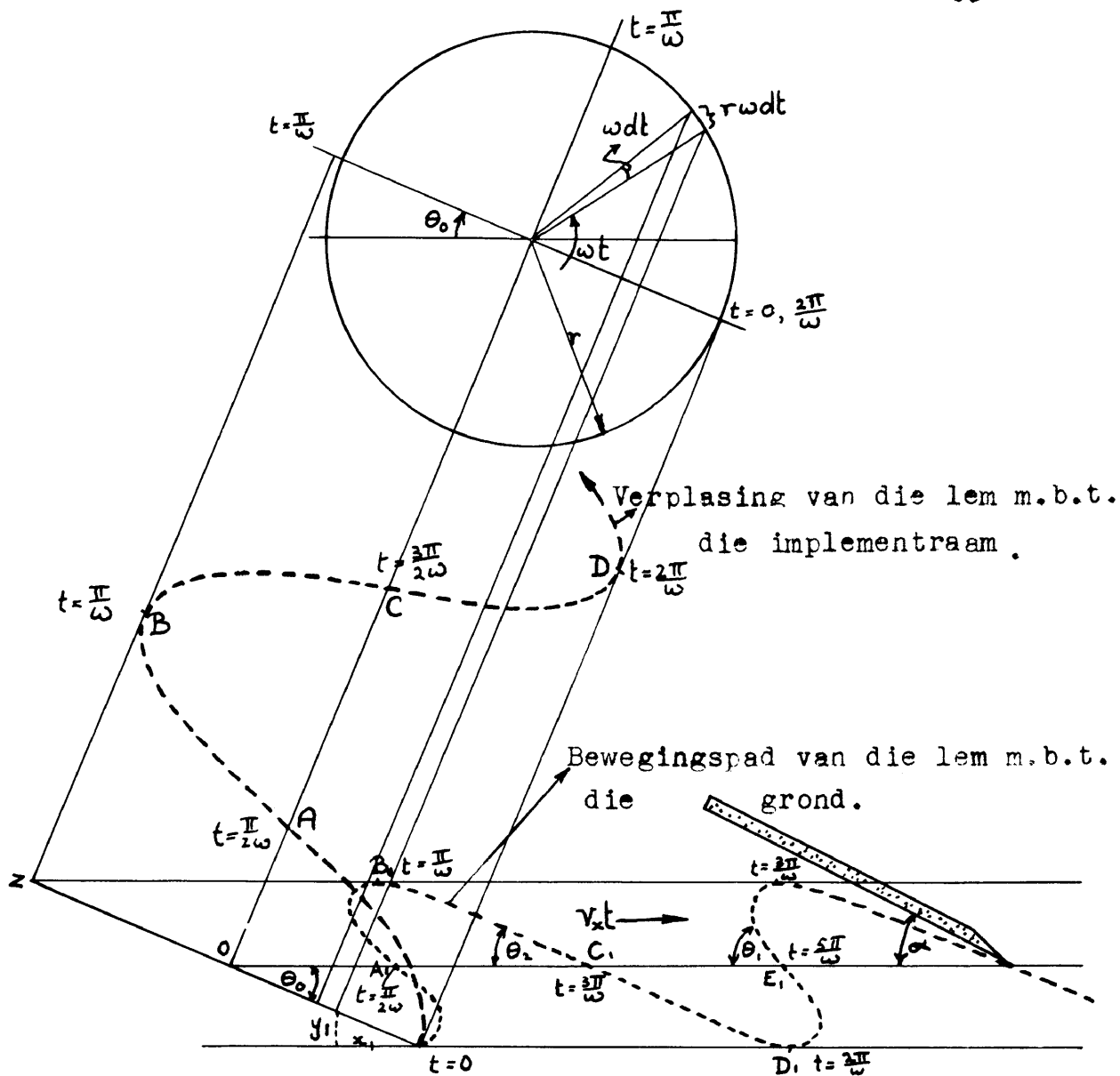
Afgesien van die vibrasiesnelheid, bevat die lem ook 'n konstante snelheidskomponent v_x as gevolg van die voorwaartse beweging van die implement as geheel, sodat die verplasing as gevolg van v_x gegee word deur

$$\begin{aligned} z_2 &= x_2 + iy_2 \\ &= v_x t + ix_0 \end{aligned}$$

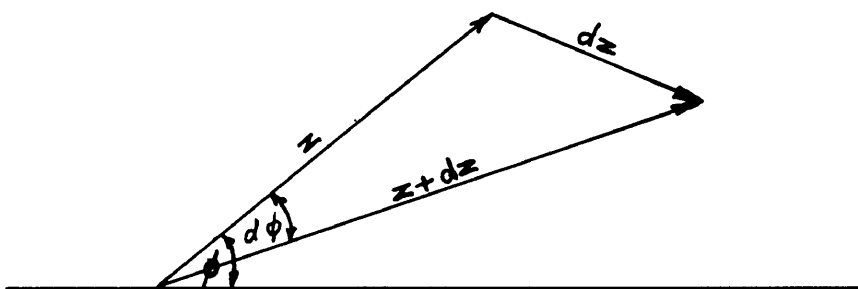
Die totale verplasing na 'n willekeurige tyd t word dus gegee deur

$$\bar{z} = \bar{z}_1 + \bar{z}_2, \text{ d.w.s.}$$

$$z = v_x t - r (1 - \cos \omega t) (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$$



Figuur 39. Skematiese voorstelling van die bewegingspad van die vibrerende lem deur die grond.



Figuur 40. Vektoriese voorstelling van die verandering van z in 'n tydsinterval dt .

Die verandering in die verplasing (dz) wat in 'n klein tydsverandering (dt) sal voorkom, kan vektories soos in figuur 40 voorgestel word waar

$$\bar{dz} = \overline{z + dz} - \bar{z}$$

Deur \bar{z} en $\overline{z + dz}$ te vervang, word gevind dat

$$\begin{aligned} dz &= v_X(t + dt) - r \left[1 - \cos \omega(t + dt) \right] (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \\ &\quad - v_X t - r (1 - \cos \omega t) (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \\ &= v_X dt - r \left[\cos \omega t - \cos \omega(t + dt) \right] (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \end{aligned}$$

Maar $\cos \omega t = 1 - \frac{\omega^2 t^2}{2!} + \frac{\omega^4 t^4}{4!} - \frac{\omega^6 t^6}{6!} + \frac{\omega^8 t^8}{8!} - \dots$

en $\cos \omega(t + dt) = 1 - \frac{\omega^2(t + dt)^2}{2!} + \frac{\omega^4(t + dt)^4}{4!} - \frac{\omega^6(t + dt)^6}{6!} + \dots$

Indien tweede en hoër ordes van dt verwaarloos word, en die binominaalstelling op die hoër orde terme toegepas word, geld:

$$\begin{aligned} \cos \omega(t + dt) &= 1 - \frac{\omega^2(t^2 + 2tdt)}{2!} + \frac{\omega^4(t^4 + 4t^3dt)}{4!} - \frac{\omega^6(t^6 + 6t^5dt)}{6!} + \dots \\ &= \left(1 - \frac{\omega^2 t^2}{2!} + \frac{\omega^4 t^4}{4!} - \frac{\omega^6 t^6}{6!} + \dots \right) - \left(\omega t - \frac{\omega^3 t^3}{3!} + \frac{\omega^5 t^5}{5!} - \dots \right) \omega dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \cos \omega t - \cos \omega(t + dt) &= \left(\omega t - \frac{\omega^3 t^3}{3!} + \frac{\omega^5 t^5}{5!} - \dots \right) \omega dt \\ &= \sin \omega t dt \end{aligned}$$

$$\therefore dz = v_X dt - r \sin \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \omega dt.$$

Deur integrasie volg nou dat

$$z = v_X t + r \cos \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) + k.$$

Uit figuur 39 blyk dit dat die verplasing z gelyk is aan nul wanneer $t = 0$, sodat

$$k = -r (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$$

$$\therefore z = v_X t - r (1 - \cos \omega t) (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \quad \text{---- (A)}$$

Die snelheid (\dot{z}) word verkry deur vergelyking (A) te differensieer waaruit volg dat

$$\dot{z} = v_x - r \omega \sin \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \quad \text{---- (B)}$$

Deur verder te differensieer, word die versnelling verkry as

$$\ddot{z} = -r \omega^2 \cos \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \quad \text{---- (C)}$$

Indien ϕ en ψ die hoeke voorstel wat die verplasing en snelheid met die horisontaal maak, kan hulle uit (A), (B) en (C) herlei word, naamlik:

$$\phi = \cot^{-1} \left[\frac{v_x t}{r(1 - \cos \omega t) \sin \theta_0} - \cot \theta_0 \right] \quad \text{---- (D)}$$

en

$$\psi = \cot^{-1} \left[\frac{v_x}{r \omega \sin \omega t \sin \theta_0} - \cot \theta_0 \right] \quad \text{---- (E)}$$

hoek ψ stel egter ook die helling van die verplasingskromme met betrekking tot die horisontaal voor, want die helling word gegee deur $\tan^{-1} dy/dx$, dit wil sê deur

$$\tan^{-1} \left[\frac{r \omega \sin \omega t \sin \theta_0}{v_x - r \omega \cos \omega t \sin \theta_0} \right] = \tan^{-1} \left[\frac{1}{\cot \psi} \right] = \psi$$

Verder is

$$\psi = -\cot^{-1} \left[\cot \theta_0 - \frac{v_x}{r \omega \sin \omega t \sin \theta_0} \right] \quad \text{van (E)}$$

Indien $\theta = 180 - \psi$, is

$$\theta = \cot^{-1} \left[\cot \theta_0 - \frac{v_x}{r \omega \sin \omega t \sin \theta_0} \right] \quad \text{---- (F)}$$

Hieruit volg dat $\theta = \theta_0$ wanneer $v_x = 0$, en wanneer $t = \pi/2\omega$, is

$$\theta_1 = \cot^{-1} \left[\cot \theta_0 - \frac{1}{k \sin \theta_0} \right] \quad \text{---- (G)}$$

wanneer $t = 3\pi/2\omega$, is

$$\theta_2 = \cot^{-1} \left[\cot \theta_0 + \frac{1}{k \sin \theta_0} \right] \quad \text{---- (H)}$$

waar $k = r \omega / v_x$, dit wil sê k stel die verhouding tussen die rotasie- en voorwaartse snelheid voor.

- Bestudering van die verplasingskrommes:-

Hoewel Eggenmüller - 1958 'n uitgebreide reeks verplasingskrommes getrek het, was dit nie geskik vir die bestudering van die bewegingspad deur die grond nie, want die krommes is almal op dieselfde skaal geteken, en baie het skynbaar identiese vorms gehad, maar het net ten opsigte van grootte verskil. Aangesien die vorms van die krommes deur r , ω , v_x en α bepaal word, kan die aantal krommes aansienlik gereduseer word deur dit op identiese skale, wat deur middel van dimensielose konstantes verkry kan word, te bereken en uit te teken.

Die maklikste wyse om in hierdie doel te slaag, bestaan daaruit dat die voorwaartse verplasing tydens 'n volle siklus as eenheidslengte geneem word. Dit is verder ook nodig om so 'n siklus op só 'n wyse te ontleed dat alle krommes op dieselfde punt ten opsigte van beide die x- en die y-asse sal begin en eindig. Dit word verkry deur die beweging vanaf $t = \pi/2\omega$ tot by $t = 5\pi/2\omega$ te bereken sodat beide x' en y' op daardie twee stadiums as nul geneem word.

Vergelyking (A) kan geskryf word as:

$$\frac{z}{2\pi v_X} = \frac{\omega t}{2\pi} - \frac{r\omega}{2\pi v_X} (1 - \cos \omega t)(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$$

d.w.s.

$$\frac{z\omega}{2\pi v_X} = \frac{\omega t}{2\pi} - \frac{k}{2\pi} (1 - \cos \omega t)(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$$

wanneer $t = \frac{\pi}{2\omega}$ of $\frac{5\pi}{2\omega}$, geld, vir

$$t = \frac{\pi}{2\omega} : \frac{z\omega}{2\pi v_X} \left| \frac{\pi}{2\omega} \right. = \frac{1}{4} - \frac{k}{2\pi} (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0), \text{ en vir}$$

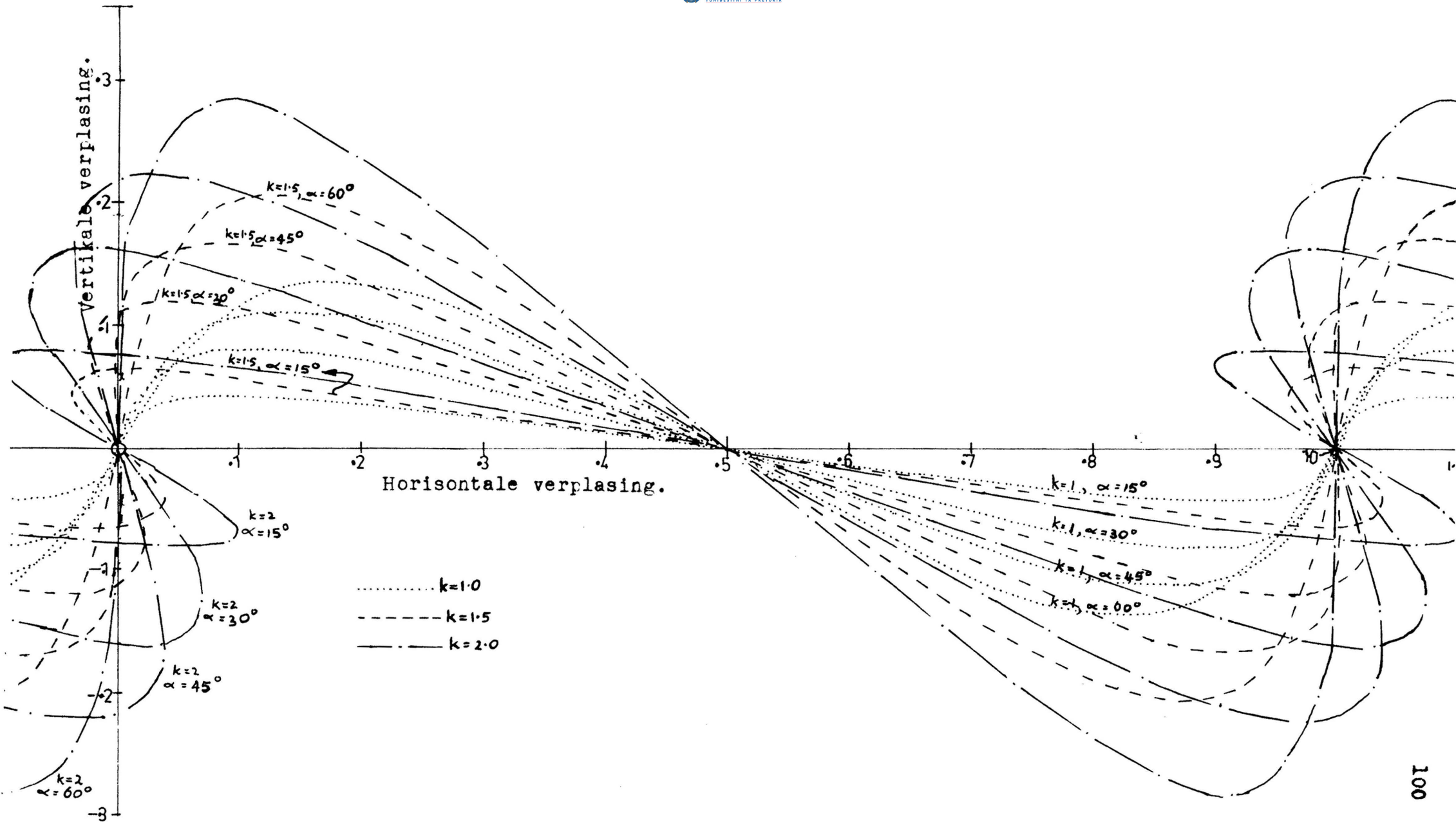
$$t = \frac{5\pi}{2\omega} : \frac{z\omega}{2\pi v_X} \left| \frac{5\pi}{2\omega} \right. = \frac{5}{4} - \frac{k}{2\pi} (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \text{ onderskeidelik}$$

Hierdie twee waardes verskil presies met een, wat die eenheidslengte voorstel.

Indien hierdie punte nou as die oorsprong en einde van so 'n siklus geneem word, kan die dimensielose grootheid $(z\omega/2\pi v_X) - (z\omega/2\pi v_X) \left| \frac{\pi}{2\omega} \right.$ geskryf word as

$$z' = \frac{z\omega}{2\pi v_X} - \frac{z\omega}{2\pi v_X} \left| \frac{\pi}{2\omega} \right. = \frac{\omega t}{2\pi} - \frac{1}{4} + \frac{k}{2\pi} \cos \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \text{ --- (I)}$$

Hierdie waardes van z' word op identiese horisontale en vertikale skale in figuur 41 aangedui vir waardes van α tussen 15° en 60° , k tussen 1 en 2, en vir tydintervalle t tussen 0 en $3\pi/\omega$.



Figuur 41. Verplasing-eienskappe van 'n vibrerende lem by verskillende waardes van "k" en die lemhoeke.

Uit die stel krommes blyk dit duidelik dat k groter as 1 moet wees indien die hoek θ_1 , soos in figuur 39 voorgestel, kleiner moet wees as $\pi/2$, met ander woorde, k moet groter wees as 1 indien 'n tru-waartse beweging tydens die lig-fase verkry moet word.

Berekening van die Energievereistes van 'n Vibrerende Werktuig:

(L.W. Energie benodig vir die vibrasie van die lem self is nie hier in berekening gebring nie, maar word later behandel.)

Indien die sinusvormig-vibrerende lem deur die grond beweeg, kan die energievereistes per eenheidsvolume bewerkte grond die maklikste bereken word indien dit vir 'n enkele siklus beskou word. Die totale hoeveelheid energie wat tydens so 'n siklus gelewer moet word, kan in twee hoof-groepe verdeel word, naamlik die energie benodig vir die lig-aksie (wanneer $0 \leq t \leq \pi/\omega$) en die energie benodig vir die sny-aksie (wanneer $\pi/\omega < t < 2\pi/\omega$).

- Energie tydens die "lig"-fase:-

Die totale energievereistes van hierdie fase bestaan uit die volgende onderafdelings, naamlik energie wat benodig word

- . vir versnelling
- .. om die grond te lig
- . om kohesiekragte te oorkom, en
- . om wrywing te oorkom.

Voordat met die energieberekening voortgegaan word, word die volume grond wat per siklus bewerk word (V) en die dwarsnitoppervlakte eers bereken (figuur 42).

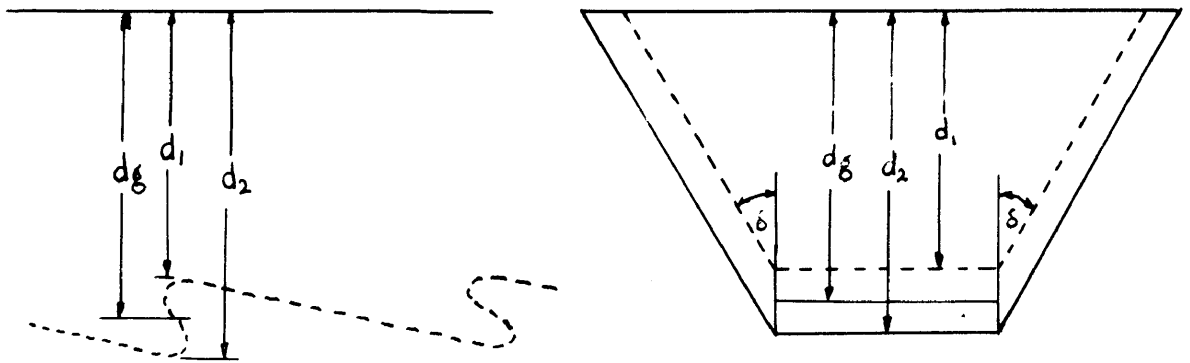
Die gemiddelde snydiepte word gegee deur:

$$d_g = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

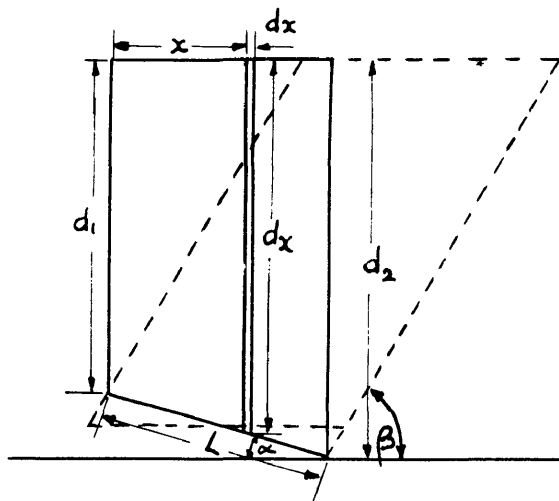
Die volume grond wat dus per siklus bewerk word, word gegee deur

$$V = d_g (b + d_g \tan \delta) v_x \cdot \frac{2\pi}{\omega}$$

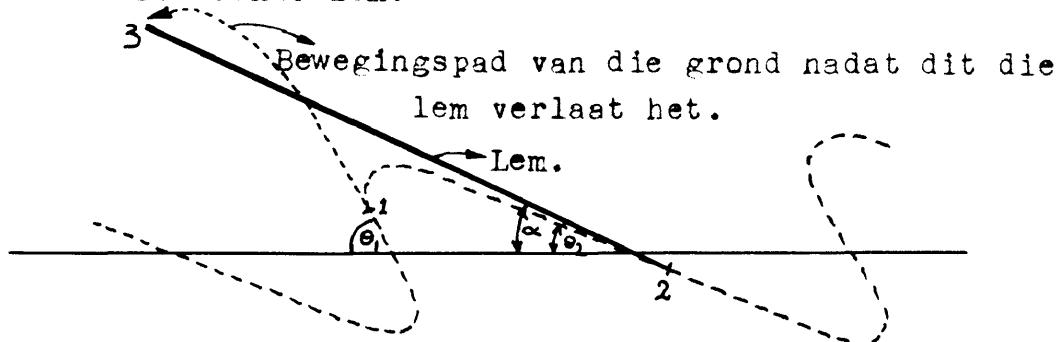
$$= \frac{2\pi A_g v_x}{\omega},$$



Figuur 42. Werkingsdieptes van die vibrerende lem.



Figuur 43. Diagram vir die berekening van die grondvolume van die vibrerende lem.



- 1: Tydstip t Wanneer die grond die lem verlaat.
- 1-2: Bewegingspad van die lempunt.
- 1-3: Bewegingspad van die grond.
- 2-3: Maksimum toelaatbare lengte van die lem.

Figuur 44. Relatiewe bewegingspaaie van die vibrerende lem en die grond.

waar A_g die gemiddelde dwarsnit-area wat bewerk word, voorstel, en waar $2\pi v_X/\omega$ die voorwaartse beweging per siklus voorstel.

Net soos in die geval van die nie-vibreerende lem, is dit in hierdie geval ook nodig om sekere aannames te maak ten einde berekeninge te vergemaklik en prakties bruikbare resultate te verkry. Hierdie aannames is as volg, naamlik:

Aannames:

- . Die grond is homogeen en vry van klippe, plante, ensovoorts.
- . Die grond word op so 'n wyse agter die lem vrygelaat, dat dit geen verdere invloed op die grond op die lem, of op die lem self sal hê nie.
- . Die adhesiekragte tussen die grond en die lem is weglaatbaar klein.
- . Vertikale verplasings word as positief beskou indien dit opwaarts is, en horisontale verplasings word as positief beskou indien dit in die rigting van beweging van die trekker en implement voorkom.
- . Vir vereenvoudiging van sekere gedeeltes van die berekening word ook aangeneem dat die sny- en lig-aksies min of meer lineêr geskied. Hierdie aanname word goed benader indien die vibrasiehoek θ_0 redelik klein gehou word.

- Berekening van die Versnellingsenergie:-

Die versnelling van die grond word gegee deur $\ddot{z} = -r \omega^2 x (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \cos \omega t$ en dus word versnellingskrag (F_a) wat op die grond inwerk, gegee deur

$$F_a = - \frac{\gamma V_r \omega^2}{g} (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \cos \omega t$$

Hierdie krag werk net vir die tydperk $t = 0$ tot $t = \pi/2\omega$ op die grond in, want daarna word dit negatief en gaan die versnelling dus oor in 'n vertraging. Hoewel 'n klein mate van energieherwinning hier mag voorkom as gevolg van die grond se gewig, wat die vertraging in die hand werk totdat die vertraging groter is as $-g$, word dit as weglaatbaar beskou.

Die snelheid word gegee deur $\dot{z} = v_X - r \omega (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \sin \omega t$ waaruit volg dat die werk wat per eenheidsvolume bewerkte grond verrig moet word om versnellingskragte te oorkom, gegee word deur

$$\begin{aligned}
 a_a &= - \int_0^{\pi/2} \frac{\gamma V r \omega^2}{g V} \sqrt{\cos^2 \theta_0 + \sin^2 \theta_0} \cos \omega t \dot{z} \cos (180 - \theta_0 - \psi) dt \\
 &= \frac{\gamma r \omega^2}{g} \int_0^{\pi/2} \cos \omega t \sqrt{(v_x - r \omega \cos \theta_0)^2 + (r \omega \sin \theta_0)^2} \sin \omega t \cos (\theta_0 + \psi) dt \\
 &= \frac{\gamma r \omega^3}{kg} \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - 2k \cos \theta_0 + k^2} \cos \omega t \sin \omega t (\cos \theta_0 \cos \psi - \sin \theta_0 \sin \psi) dt
 \end{aligned}$$

Aangesien $\cot \psi = (v_x / r \omega \sin \omega t \sin \theta_0) - \cot \theta_0$, sal bostaande vergelyking onnodig gekompliseerd raak indien $\cot \psi$ omgewerk word na $\sin \psi$ en $\cos \psi$ en dan daarin vervang word. Die totale energie sal egter nie in 'n groot mate beïnvloed word indien ψ as $180^\circ - \theta_1$ (dit wil sê die gemiddelde waarde tydens die lig-fase) geneem word nie. In so 'n geval word

$$\cos (\theta_0 + \psi) = - \cos (\theta_0 - \theta_1)$$

en

$$a_a = \frac{\gamma r^2 \omega^3}{kg} \sqrt{1 - 2k \cos \theta_0 + k^2} \left[\frac{\cos^2 \omega t}{\omega} + K \right]_0^{\pi/2\omega}$$

$$= \frac{\gamma r^2 \omega^2}{kg} \sqrt{1 - 2k \cos \theta_0 + k^2} \quad \text{-----} \quad \left(\text{as } t = \frac{\pi}{2\omega}, \text{ is } a = 0, \right.$$

$$\left. \therefore K = 0 \right)$$

$$\therefore a_a = \frac{\gamma v_x r \omega}{g} \sqrt{1 - 2k \cos \theta_0 + k^2} \quad \text{-----} \quad \text{(J)}$$

$$\approx \frac{\gamma v_x r \omega}{g} (1 - k) \quad \text{indien } \theta_0 \text{ klein is.}$$

- Berekening van die Lig-energie:-

Die energie wat benodig word om 'n eenheidsvolume grond te lig, word gegee deur

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \frac{\gamma V h}{V} \\
 &= \gamma h
 \end{aligned}$$

waar h die hoogte voorstel waardeur die grond gelig word, dit wil sê

$$h = 2 r \sin \theta_0 + \dot{y}_1 t - \frac{1}{2} g t^2,$$

waar \dot{y}_1 die vertikale snelheid van die grond op 'n tydstip t_1 , wanneer dit die lem verlaat, voorstel. Hierdie tydstip kom voor wanneer die vertikale opwaartse vertraging van die lem groter word as die swaartekragversnelling. Hierdie toestand word bevredig wanneer

$$\ddot{y} = r \omega^2 \sin \theta_0 \cos \omega t_1 = -32 \quad \text{(uit (C))}$$

$$\text{d.w.s., wanneer } \cos \omega t_1 = \frac{-32}{r \omega^2 \sin \theta_0} \quad \text{--- (a)}$$

Indien die versnelling nie groot genoeg is dat die grond die lem sal verlaat nie, sal h natuurlik net gelyk wees aan $L \sin \alpha$.

Die maksimum lighoogte kan bereken word deur dh/dt gelyk aan nul te stel, waaruit dan volg dat

$$\dot{y}_1 = gt, \text{ of } t = \dot{y}_1/g$$

Hieruit volg dat

$$\begin{aligned} h_{\text{maks}} &= 2r \sin \theta_0 + \frac{\dot{y}_1^2}{g} - \frac{1}{2} \frac{g \dot{y}_1^2}{g^2} \\ &= 2r \sin \theta_0 + \frac{1}{2} \frac{\dot{y}_1^2}{g} \end{aligned}$$

Maar

$$\dot{y}_1 = r \omega \sin \omega t_1 \sin \theta_0$$

$$\begin{aligned} \therefore a_1 &= \gamma \left[2r \sin \theta_0 + \frac{r^2 \omega^2}{2g} \sin^2 \omega t_1 \sin^2 \theta_0 \right] \\ &= \gamma \left[2r \sin \theta_0 + \frac{r^2 \omega^2}{2g} \sin^2 \theta_0 (1 - \cos^2 \omega t_1) \right] \end{aligned}$$

Vervang vergelyking (a) hierin:

$$\therefore a_1 = \gamma \left[2r \sin \theta_0 + \frac{r^2 \omega^2 \sin^2 \theta_0}{2g} - \frac{g}{2 \omega^2} \right] \quad \text{--- (K)}$$

- Die Energie benodig om Kohesiekragte te oorkom:-

Indien die afskuifvlakke teen 'n hoek β met die horisontaal gevorm word, sal die totale kohesiekrag wat langs so 'n skuifvlak oorkom moet word, gegee word deur $F_k = cA_2/\sin \beta$, waar A_2 die dwarsnit-area by die punt waar die lem op sy diepste ingesny het, voorstel.

Die energie per eenheidsvolume bewerkte grond word gegee deur:

$$da_k = \frac{cA_2}{V \sin \beta} dz$$

waar dz die afstand voorstel waaroor die kohesiekrag op die grond inwerk.

$$\therefore da_k = \frac{cA_2}{V \sin \beta} \dot{z}_\beta dt$$

waar \dot{z}_β die snelheid van afskuiwing langs die afskuifvlak voorstel.

Maar $\dot{z}_\beta \sin \beta \doteq \dot{z} \sin \theta_1$ indien aangeneem word dat die lig-aksie 'n reguitlyn-beweging is

$$\therefore da_k = \frac{cA_2}{V \sin^2 \beta} \cdot \dot{z} \sin \theta_1 dt$$

$$\therefore a_k = \int_0^{\pi/\omega} \frac{cA_2 \sin \theta_1}{V \sin^2 \beta} \left[v_x - r\omega \sin \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \right] dt.$$

$$\therefore a_k = \frac{cA_2 \sin \theta_1}{V \sin^2 \beta} \left[v_x t + r \cos \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) + K \right] \frac{\pi}{\omega}$$

Indien $t=0$, is $a_k = 0$, $\therefore K = -r (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$

$$\therefore a_k = \frac{cA_2 \sin \theta_1}{V \sin^2 \beta} \left[v_x t - r (1 - \cos \omega t) (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \right] \frac{\pi}{\omega}$$

Indien aangeneem word dat hierdie krag gedurende die volle periode $t=0$ tot $t=\pi/\omega$ werk, is

$$a_k = \frac{cA_2 \sin \theta_1}{V \sin^2 \beta} \left[\frac{\pi v_x}{\omega} - 2r (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \right]$$

Uit vergelyking (G) blyk dit dat

$$\cot \theta_1 = \cot \theta_0 - \frac{1}{k \sin \theta_0}, \text{ maar } \cot \theta_1 = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \theta_1}}{\sin \theta_1}$$

$$\therefore \sin^2 \theta_1 \left[\cot^2 \theta_0 - \frac{2 \cot \theta_0}{k \sin \theta_0} + \frac{1}{k^2 \sin^2 \theta_0} \right] = 1 - \sin^2 \theta_1$$

$$\therefore \sin^2 \theta_1 = \frac{\sin^2 \theta_0}{\cos^2 \theta_0 - \frac{2}{k} \cos \theta_0 + \frac{1}{k^2} + \sin^2 \theta_0}$$

$$\therefore \sin \theta_1 = \sin \theta_0 \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{2 \cos \theta_0}{k} + \frac{1}{k^2}}}$$

$$\therefore |a_k| = \frac{cA_2 \sin \theta_0 \times 2r}{V \sin^2 \beta} \sqrt{\frac{(\frac{\pi}{2k} - \cos \theta_0)^2 + (\sin \theta_0)^2}{1 - \frac{2}{k} \cos \theta_0 + \frac{1}{k^2}}}$$

$$= \frac{cA_2 \sin \theta_0 2r}{V \sin^2 \beta} \sqrt{\frac{\pi^2 - 4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2}{4 - 8k \cos \theta_0 + 4k^2}}$$

$$\therefore a_k = \frac{cA_2 \sin \theta_0 r \omega}{\pi A_g v_x \sin^2 \beta} \sqrt{\frac{\pi^2 - 4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2}{4 - 8k \cos \theta_0 + 4k^2}}$$

$$\therefore a_k = \frac{k c A_2 \sin \theta_0}{\pi A_g \sin^2 \beta} \sqrt{\frac{\pi^2 - 4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2}{4 - 8k \cos \theta_0 + 4k^2}} \quad \text{----- (L)}$$

- Energie benodig om wrywing te oorkom:-

Aangesien die afskuifspanning gegee word deur $\tau = c + N \tan \phi$, kan die tweede term verlaag of selfs gelyk aan nul gestel word deur N te verlaag of gelyk aan nul te stel. In so 'n geval waar $N=0$, sal daar dus geen interne wrywing tussen die grondlae aan weerskante van die afskuifvlak voorkom nie. Indien die bewegingspad van die lem deur 'n tru-waartse beweging tydens die lig-fase uitgevoer word, sal die waarde van N negatief word (om kohesie te oorkom) en sal geen interne wrywing dus voorkom nie.

Verder kan aangeneem word dat, indien die lig-fase min of meer in 'n reglynige beweging uitgevoer word, die beweging tussen die grond en die lem minimaal sal wees, met die gevolg dat die wrywingsverliese hier ook nul of baie klein sal wees.

- Energievereistes tydens die "sny"-fase:-

Die totale energievereistes vir hierdie fase bestaan uit die volgende onderafdelings, naamlik:

- . Die sny-aksie self
- . Oorkoming van wrywing tussen die lem en die grond
- . Oorkoming van moontlike versnellingskragte
- . Die lig-aksie

- Die Energie benodig om die grond te sny:-

Soos reeds vermeld, is daar gevind dat die snykrag nie veel afhang van die snyspoed nie, en dus word die snykrag gegee deur $b \times f_s$ waar f_s = snykrag benodig per eenheidslengte van die snykant.

Die energie wat benodig word, word gegee deur

$$a_s = \frac{b \times f_s \times \text{sny-afstand per siklus}}{V}$$

Die sny-afstand word gegee deur

$$z_s = \int_{-\pi}^{\frac{2\pi}{\omega}} \left[v_x - r \omega \sin \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \right] dt$$

$$\therefore a_s = \frac{b f_s}{V} \int_{-\frac{\pi}{\omega}}^{\frac{2\pi}{\omega}} \left[v_x - r \omega \sin \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \right] dt$$

$$= \frac{b f_s}{V} \left[v_x t + r \cos \omega t (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) + K \right] \frac{2\pi}{\omega}$$

as $t = \pi/\omega$, is $a_s = 0$, $\therefore K = -(\pi/\omega)v_x + r(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$

$$\begin{aligned}
 \therefore a_s &= \frac{bf_s}{V} \left[v_x(t - \frac{\pi}{\omega}) + r(1 + \cos \omega t)(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \right] \frac{2\pi}{\omega} \\
 &= \frac{bf_s}{V} \left[\frac{\pi v_x}{\omega} + 2r(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) \right] \\
 \therefore a_s &= \frac{r bf_s \omega}{\pi A_g v_x} \sqrt{\frac{\pi^2 v_x^2}{4r^2 \omega^2} + \frac{\pi v_x \cos \theta_0}{r \omega} + 1} \\
 &= \frac{k bf_s}{\pi A_g} \sqrt{\frac{\pi^2}{4k^2} + \frac{\pi}{k} \cos \theta_0 + 1} \quad \dots \dots k = \frac{r \omega}{v_x} \\
 &= \frac{bf_s}{2A_g} \sqrt{1 + \frac{4k \cos \theta_0}{\pi} + \frac{4k^2}{\pi^2}} \quad \text{----- (M)}
 \end{aligned}$$

Indien θ_0 klein is, is $a_s \approx (bf_s/2A_g)(1 + 2k/\pi)$

- Berekening van die Wrywingsenergie:-

Indien die grondelement dx bokant die lem beskou word soos in figuur 43 voorgestel, word die dwarsnit-area by die punt x gegee deur:

$$A_x = b dx + dx^2 \tan \delta$$

Hierdie waarde geld vir enige waarde van β , en gevolglik word dit gerieflikheidshalwe vertikaal geneem. 'n Verdere rede vir die vertikale keuse is dat dit die maksimum-waardes van wrywingsenergie lewer omdat dit die maksimum gewig op die lem lewer. Gevalle waar die grond terugwaarts uitbreek, dit wil sê wanneer $\beta > \pi/2$, sal alleen kan voorkom indien die lem baie skuins terugwaarts beweeg tydens die lig-aksie, dit wil sê wanneer θ_1 baie klein word. Aangesien dit uit die latere praktiese oorwegings blyk dat θ_1 nie te klein moet wees nie, hoef hierdie geval dus nie in berekening gebring te word nie.

Uit die figuur blyk dit dat

$$\begin{aligned}
 dx &= d_1 + \frac{(d_2 - d_1)x}{L \cos \alpha} \\
 &= d_1 + \frac{x L \sin \alpha}{L \cos \alpha} \\
 &= d_1 + x \tan \alpha
 \end{aligned}$$

Die energievereistes vir die oorkoming van wrywing word gegee deur:

$$a_R = \int_0^{L \cos \alpha} \frac{\mu_1 \gamma \omega A_x (L \cos \alpha - x)}{2 \pi A_g v_x \cos \alpha} dx$$

waar $(L \cos \alpha - x) / \cos \alpha$ die afstand voorstel waaroor die elementjie dx sal skuif wanneer die lem die volle sny-fase voltooi het.

d.w.s.

$$a_R = \frac{\mu_1 \gamma \omega}{2 \pi A_g v_x \cos \alpha} \int_0^{L \cos \alpha} A_x (L \cos \alpha - x) dx$$

Maar

$$A_x = b d_1 + b \tan \alpha x + d_1^2 \tan \delta + 2 d_1 \tan \delta \tan \alpha x + \tan \delta \tan^2 \alpha x^2$$

$$\begin{aligned} \therefore a_R &= \frac{\mu_1 \gamma \omega}{2 \pi A_g v_x \cos \alpha} \int_0^{L \cos \alpha} \left[(b d_1 L \cos \alpha + d_1^2 \tan \delta L \cos \alpha) + \right. \\ &\quad x(b \tan \alpha L \cos \alpha + 2 d_1 \tan \delta L \cos \alpha \tan \alpha - b d_1 - d_1^2 \tan \delta) + \\ &\quad \left. (\tan \delta \tan^2 \alpha L \cos \alpha - b \tan \alpha - 2 d_1 \tan \delta \tan \alpha) x^2 - \right. \\ &\quad \left. \tan \delta \tan^2 \alpha x^3 \right] dx \\ &= \frac{\mu_1 \gamma \omega}{2 \pi A_g v_x \cos \alpha} \left[L^2 \cos^2 \alpha (b d_1 + d_1^2 \tan \delta - \frac{b d_1}{2} - \frac{d_1^2 \tan \delta}{2}) + \right. \\ &\quad L^3 \cos^3 \alpha \left(\frac{b \tan \alpha}{2} + \frac{2 d_1 \tan \delta \tan \alpha}{2} - \frac{b \tan \alpha}{3} - \frac{2 d_1 \tan \delta \tan \alpha}{3} \right) + \\ &\quad \left. L^4 \cos^4 \alpha \left(\frac{\tan \delta \tan^2 \alpha}{3} - \frac{\tan \delta \tan^2 \alpha}{4} \right) \right] \\ &= \frac{\mu_1 \gamma \omega L^2 \cos \alpha}{2 \pi A_g v_x} \left[\frac{b d_1 - d_1^2 \tan \delta}{2} + L \tan \alpha \cos \alpha \left(\frac{b + 2 d_1 \tan \delta}{6} \right) + \right. \\ &\quad \left. L^2 \cos^2 \alpha \tan^2 \alpha \left(\frac{\tan \delta}{12} \right) \right] \\ &= \frac{\mu_1 \gamma \omega L^2 \cos \alpha}{2 \pi A_g v_x} \left[\frac{b d_1 - d_1^2 \tan \delta}{2} + L \sin \alpha \left(\frac{b + 2 d_1 \tan \delta}{6} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{L^2 \sin^2 \alpha \tan \delta}{12} \right] \\ &= \frac{\mu_1 \gamma \omega L^2 \cos \alpha}{2 \pi A_g v_x} \left[A_1 + \frac{L \sin \alpha}{3 d_1} \left(A_1 - \frac{b d_1}{2} \right) + \frac{L^2 \sin^2 \alpha \tan \delta}{12} \right] \end{aligned}$$

----- (N)

- Energie benodig vir die oorkoming van moontlike versnellingskragte en lig-aksies tydens die sny-fase:-

Aangesien k so gekies moet word dat daar duidelike "sny"- en "lig"-fases onderskei kan word, en aangesien die sny-fase feitlik lineêr verloop (sien die krommes van figuur 41), kan daar aangeneem word dat die lem suiwer in die grond sal insny tydens hierdie fase, en dat versnellings en lig-kragte dus weglaatbaar klein sal wees. Indien die lem se helling α egter presies gelyk aan die sny-helling θ_2 gemaak sou word, bestaan daar gevaar dat die onderkant van die lem met die onbewerkte ploegsool kontak sal maak, met die gevolg dat die wrywing aansienlik verhoog sal word. Hierdie toestand sal veral vererger word indien die trekker se wielglip om een of ander rede begin veroorsaak dat die snelheid v_x afneem sonder dat die kragasspoed dienooreenkomstig beïnvloed word. In sulke gevalle sal k effens toeneem, met die gevolg van θ_2 ook groter sal word. Dit sal dus wenslik wees om die helling van die lem 'n paar grade groter te maak as die sny-helling, maar indien $\alpha - \theta_2$ nie 5° oorskry nie, sal die versnellings- en ligkragte nog baie klein wees, en kan dit dus verwaarloos word.

- Totale Energievereistes:-

Die totale energievereistes vir die bewerking per eenheidsvolume grond word gegee deur die som van die "lig"- en "sny"-fases se onderskeie energievereistes, en word verkry vanaf vergelykings (J) tot (N), waaruit blyk dat

$$\begin{aligned}
 a_t &= a_a + a_l + a_k + a_s + a_R \\
 &= \frac{\gamma}{g} \sqrt{1 - 2k \cos \theta_0 + k^2} v_x r \omega + \gamma \left[2r \sin \theta_0 + \frac{r^2 \omega^2 \sin^2 \theta_0}{2g} - \frac{g}{2\omega^2} \right] + \\
 &\quad \frac{kc A_2 \sin \theta_0}{\pi A_g \sin^2 \beta} \sqrt{\frac{\pi^2 - 4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2}{4 - 8k \cos \theta_0 + 4k^2}} + \\
 &\quad \frac{bf_s}{2\pi A_g} \sqrt{\pi^2 + 4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2} + \\
 &\quad \frac{\mu_1 \gamma \omega L^2 \cos \alpha}{2\pi A_g v_x} \left[A_1 + \frac{L \sin \alpha}{3d_1} \left(A_1 - \frac{bd_1}{2} \right) + \frac{L^2 \sin^2 \alpha \tan \delta}{12} \right]
 \end{aligned}$$

Indien $r\omega$ ook in terme van k en v_x uitgedruk word, kan bostaande vergelyking geskryf word as:-

$$\begin{aligned}
 a_t = & \frac{\gamma}{g} \sqrt{1 - 2k \cos \theta_0 + k^2} \quad kv_X^2 + \gamma \left(2r \sin \theta_0 + \frac{k^2 \sin^2 \theta_0}{2g} v_X^2 - \frac{gr^2}{k^2 v_X^2} \right) + \\
 & \frac{kcA_2 \sin \theta_0}{\pi A_g \sin^2 \beta} \sqrt{\frac{\pi^2 - 4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2}{4 - 8k \cos \theta_0 + 4k^2}} + \frac{bf_s}{2 \pi A_g} \sqrt{\pi^2 (4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2) +} \\
 & \frac{\mu_1 \gamma k L^2 \cos \alpha}{2\pi A_g r} \left[A_1 + \frac{L \sin \alpha}{2d_1} \left(A_1 - \frac{bd_1}{2} \right) + \frac{L^2 \sin^2 \alpha \tan \delta}{12} \right] \\
 & \text{----- (O)}
 \end{aligned}$$

Indien $L < 1$ geneem word, is die term $L^2 \sin^2 \alpha \tan \delta / 12$ 'n vyfde orde kleinheid, en kan dit dus weggelaat word.

Soos verwag kan word, is hierdie vergelyking selfs meer gekompliseerd as die een wat vir die nie-vibreerende werktuig herlei is. Daar kan egter nogtans afgelei word dat die energievereistes en trekstangtrek laag gehou kan word indien daar aan die onderstaande aspekte aandag geskenk kan word.

Faktore wat die Totale energievereistes sal beïnvloed:-

Indien vergelyking (O) hierbo analities ontleed word, blyk dit dat die energievereistes deur die volgende faktore beïnvloed sal word, naamlik:-

Die voorwaartse Snelheid:-

Aangesien $kv_X = r\omega$ kan die terme waarin so 'n kombinasie voorkom, beskou word as onafhanklik van v_X , maar wel afhanklik van $r\omega$. Die eerste term van vergelyking (O) bestaan uit 'n komplekse funksie van $k^2 v_X^2$ wat slegs baie effens deur veranderings in v_X beïnvloed sal word. Die tweede term is onafhanklik van v_X , terwyl die derde, vierde en laaste terme, wat funksies van k is, dus afhanklik is van die resiproke waarde van v_X .

Aangesien die navorsing ten opsigte van skuins lemme getoon het dat die kohesiespanning een van die grootste faktore is wat die energievereistes kan beïnvloed, is die invloed van v_X op die derde term baie belangrik. Uit latere berekeninge het dit ook geblyk dat die energievereistes as gevolg van kohesiespannings selfs groter kan wees as die som van die res van die faktore se energievereistes.

Dit blyk dus dat die spesifieke energievereistes in die geval van 'n vibreerende lem sal afneem wanneer die snelheid toeneem sonder dat die ander afhanklikes daardeur beïnvloed word. Hierdie eienskap word in hoofsaak toegeskryf aan die feit dat daar by so 'n verhoging in snelheid minder afskuifvlakke gevorm sal word per eenheidsvolume grond wat bewerk word.

Die Vibrasiespoed:-

Die eerste twee terme van vergelyking (O) is afhanklik van $r^2 \omega^2$, terwyl die derde term van $r \omega$ afhanklik sal wees indien v_x nie sou verander nie. Die vierde term is afhanklik van $r \omega$, en die vyfde term slegs van ω . Dit blyk dus dat die vibrasiespoed ($r \omega$) so laag as moontlik gehou moet word vir lae energievereistes, en dat dit effens beter sal wees om r in plaas van ω te verhoog indien 'n hoër $r \omega$ tog nodig is om 'n geskikte k -waarde te verkry.

Die Spoedverhouding k :-

Aangesien $k=r \omega/v_x$ kan uit bostaande besprekings verwag word dat die spesifieke energievereistes baie sterk afhanklik sal wees van die waarde van k wat gebruik word. Hierdie bewering word onderskraag deur die feit dat drie van die vyf terme van vergelyking (O) deur k^2 beïnvloed word, terwyl die ander twee ook afhanklik is van k . Deur dus die verband tussen die vibrasiespoed ($r \omega$) en die voorwaartse snelheid v_x so laag moontlik te hou, kan verseker word dat die energievereistes nie baie hoog sal wees nie.

Die lengte van die lem:-

Uit die laaste term van vergelyking (O) blyk dit dat die energievereistes van die vierde mag van die lemlengte (L) afhanklik is, en dat lemlengtes dus so kort as moontlik gehou moet word om te verseker dat die energievereistes nie die hoogte sal inskiet nie. Hierdie faktor was grootliks verantwoordelik vir die hoë energiewaardes wat deur Eggenmüller (1958 en 1959) en andere gekry is waar vibrasies op konvensionele rysterplaatploë, ertappeloperters ensovoorts toegepas is.

Die groottes van die hoeke α en θ_0 :-

Noukeurige bestudering van vergelyking (O) toon verder ook dat beide hoeke α en θ_0 so klein as moontlik gehou moet word om lae energievereistes te verseker. Hierdie eienskappe kon ook verwag word as gevolg van die resultate wat ten opsigte van die nie-vibrerende lem verkry is ten opsigte van die hoek α , en as gevolg van die feit dat groter θ_0 waardes tot groter vertikale snelheidskomponente sal lei, wat verhoogde versnellings- en lig-energie tot gevolg sal hê.

Daar moet egter in gedagte gehou word dat, indien α te klein gemaak sou word, botsings aan die onderkante van die lemme sou voorkom,

en dat indringing en energievereistes dus daardeur benadeel sou word.

Dit blyk dus duidelik dat, vir minimum energievereistes, r , ω , L , θ_0 en α almal so klein moontlik moet wees, maar dat v_x in alle gevalle behalwe vir versnelling, waar dit nie 'n baie groot invloed het nie, relatief groot behoort te wees.

Aangesien die vorige navorsers op hierdie gebied (met uitsondering van Eggenmüller - 1958, 1959) nie een aan die verlaging van totale energie aandag gegee het, nie, maar slegs op lae trekkragswaardes gekonsentreer het, word die bevindings wat uit vergelyking (O) gemaak word, hoofsaaklik met Eggenmüller (1958, 1959) se werk vergelyk.

Eggenmüller (1958, 1959) het naamlik gevind dat lae frekwensies, klein amplitudes en klein hoeke bevorderlik was vir lae energievereistes. Dit stem volkome ooreen met die afleidings wat uit vergelyking (O) gemaak is. Eggenmüller (1958, 1959) se werk het egter nie die waarde van 'n klein lengte L en hoër snelhede v_x vir verlaging van energievereistes kon uitwys nie, en het ook slegs tendense aangetoon ten opsigte van r , ω en θ_0 soos verwag kon word.

Faktore wat die trekstangtrekkragsal beïnvloed:-

Aangesien die trekstangtrekkragsal verlaag word deurdat die kragas 'n deel van die energie in die vorm van vibrasies aan die implement voorsien, kan daar verwag word dat faktore wat gunstig sal wees vir trekkragsverlaging, juis die faktore sal wees wat tot verhoogde energie-oordrag na die implement sal lei. Daar kan ook met 'n redelike mate van veiligheid beweer word dat die lig-aksie feitlik volledig deur die kragas veroorsaak word, en deur dus die energievereistes hiervan te bestudeer, kan die volgende afleidings gemaak word, naamlik:

- Hoë waardes van r , die amplitude van vibrasie, is bevorderlik vir die verlaging van die trekstangtrek. Verskeie navorsers, waaronder Eggenmüller (1958 en 1959), Dubrovskii (1962), Hendrick (1962) en andere, het in die praktyk ook gevind dat dit wel so was.
- Indien ω of f , die frekwensie van vibrasie, sou toeneem, behoort dit ook tot verlaagde trekstangtrekkragsal te lei. Hierdie bewering is in die praktyk deur onder andere die volgende navorsers gestaaf, naamlik Aleksandryan (1963), Dubrovskii (1962), Eggenmüller (1958 en 1959), Gunn & Tramontini (1956), Hendrick (1962), Shkurenko (1958) en andere.
- Lae voorwaartse snelhede (v_x) sal ook gunstiger wees vir verlaging in trekstangtrek. Hierdie neiging is ook in die praktyk ondervind deur Gunn en Tramontini (1956) en Shkurenko (1958).

- Groot hoeke α en θ_0 sal ook bevorderlik wees vir verlaagde trekstangtrek. Ook in hierdie geval is die bewering in die praktyk ook so gevind deur onder andere Eggenmüller (1958c), Fischer, Schlemm en Moser (1964) en Hendrick (1962).
- Dit is interessant dat die lengte van die lem (L) nie by die onderliggende terme vir die lig-aksie te voorskyn kom nie, en dus nie juis 'n invloed op die trekstangtrek wys indien dit groot sou wees nie. Daar kan egter verwag word dat, aangesien dit wel by die sny-aksie voorkom, dit 'n definitiewe invloed op die trekstangtrek sal hê. In hierdie geval sal die invloed egter vir beide gevalle, naamlik energievereistes en trekstangtrek, dieselfde wees. Albei waardes sal verlaag kan word deur die lemlengte te verkort.

In teenstelling met die vorige resultate, was daar geen navorsers wat die invloed van die lem se afmetings bestudeer het nie, en moet dit gesien word as een van die groot redes waarom die werk met vibrasie-werktuie nog nie verder gevorder het nie.

Voorwaardes dat die grond nie weer op die lem terug sal val voordat die sny-aksie voltooi is nie:-

Indien wrywing tydens die sny-aksie tot 'n minimum beperk moet word, moet die grond teen so 'n hoek en teen so 'n snelheid opwaarts geslinger word, dat dit net agter die lem verby sal val. Hierdie vereiste is nodig sodat die sny-fase voltooi kan word sonder dat die reeds versnelde grond tot die wrywing sal bydra deurdat dit weer op die lem terugval. Hierdie vereiste is ook nodig om te verhoed dat dieselfde grond meer as een maal versnel moet word deurdat dit op die lem terugval, en so die versnellingskragte onnodig sal verhoog. Die verplasing van die lem, nadat die grond dit op 'n tydstip t verlaat het, moet dus gelyk wees aan die verplasing van die grond nadat dit die lem verlaat het, plus die lengte van die lem, wat as L geneem word.

Hierdie verplasing word skematies in figuur 44 voorgestel. Die lembeveging word gegee deur:

$$z = v_x t - r(1 - \cos \omega t)(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$$

Na 'n tyd t_1 is die verplasing dus

$$z_1 = v_x t_1 - r(1 - \cos \omega t_1)(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0),$$

waar t_1 die tydstip is waarop die grond die lem net sal verlaat.

Die verplasing van die lem vanaf die punt waarop die grond die lem verlaat, word dus gegee deur

$$z-z_1 = v_x(t-t_1) + r(\cos \omega t - \cos \omega t_1)(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$$

Hierdie afstand moet gelyk wees aan die verplasing van die grond plus die lengte van die lem ten einde te verseker dat die grond die lem net sal mis.

Die snelheid waarteen die grond die lem verlaat, word gegee deur:

$$\dot{z} = v_x - r \omega \sin \omega t_1 (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)$$

Dus moet

$$z-z_1 = \dot{z}(t-t_1) - \frac{1}{2}g(t-t_1)^2 + L(\cos \alpha - i \sin \alpha)$$

$$\therefore z-z_1 = v_x(t-t_1) - r \omega \sin \omega t_1 (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)(t-t_1) - \frac{1}{2}g(t-t_1)^2 + L(\cos \alpha - i \sin \alpha)$$

Deur bogenoemde twee waardes van $z-z_1$ gelyk aanmekaar te stel, volg dat

$$r(\cos \omega t - \cos \omega t_1)(\cos \theta_0 - i \sin \theta_0) + r \omega \sin \omega t_1 (\cos \theta_0 - i \sin \theta_0)(t-t_1) = L(\cos \alpha - i \sin \alpha) - \frac{1}{2}g(t-t_1)^2 \quad \text{----- (P)}$$

Hieruit kan twee vergelykings, wat onderskeidelik die horisontale en vertikale beweging van die grond en die lem kombineer, opgestel word, naamlik:

Horisontaal:

$$r \left[\frac{(\cos \omega t - \cos \omega t_1)}{(t-t_1)} + \omega \sin \omega t_1 \right] \cos \theta_0 (t-t_1) = L \cos \alpha \quad \text{--- (Q)}$$

Vertikaal:

$$r \left[\frac{(\cos \omega t - \cos \omega t_1)}{(t-t_1)} + \omega \sin \omega t_1 \right] \sin \theta_0 (t-t_1) = L \sin \alpha + \frac{g}{2}(t-t_1)^2 \quad \text{--- (R)}$$

Waaruit ook volg dat

$$\tan \theta_0 - \tan \alpha = \frac{g(t-t_1)^2}{2L \cos \alpha} \quad \text{--- (S)}$$

ONTWERP VAN 'N VIBRERENDE GRONDBEWERKINGSWERKTUIG:-

Na aanleiding van die teorie oor die vibrerende lem wat hierbo afgelei is, is daar deur die skrywer besluit om 'n werktuig te ontwerp wat sover moontlik by die teorie sou aanpas, maar nogtans 'n tipe grondbewerking sou lewer wat met dié van 'n konvensionele rysterplaatploeg vergelykbaar sou wees. Aangesien beide die bewerkingsintensiteit en energievereistes van so 'n vibrasieploeg egter deur sulke faktore soos die frekwensie, amplitude en rigting van vibrasie, asook die voorwaartse snelheid bepaal sou word, was

dit eers nodig om meer omtrent die bewerkingsaksie van 'n gewone rysterplaatploeg uit te vind voordat met die volledige ontwerp van die vibrasiewerktuig voortgegaan kon word.

Bepaling van die aantal siklusse per voet voorwaartse beweging:-

Ten einde die werktuig aan bogenoemde vereistes te laat voldoen, is daar besluit om die frekwensie so te kies dat die voorwaartse beweging van die werktuig per siklus ooreen sou stem met die voorwaartse beweging van 'n rysterplaatploeg tussen opeenvolgende afskuifvlakke. Aangesien hierdie afstand tussen die afskuifvlakke egter veranderlik is en beïnvloed word deur sulke faktore soos

- . die tipe ploegbodem
- . die snelheid van bewerking
- . voginhoud van die grond
- . teenwoordigheid van, en tipe plantegroei
- . grondtipe, ensovoorts,

is besluit om 'n reeks lesings by veldkapasiteit in dieselfde vyf gronde wat by die res van die voorlopige proewe gebruik is, te neem ten einde die frekwensiekurwes vir die afstande tussen die afskuifvlakke te bepaal.

'n Konvensionele 2 skaar x 14" rysterplaatploeg is teen 'n driekwart myl per uur op 'n diepte van nege duim deur die grond getrek terwyl die loodregte afstande tussen opeenvolgende primêre afskuifvlakke met behulp van 'n duimstok gemeet is. Die afstande tussen die afskuifvlakke is in klasintervalle van 'n duim ingedeel, en die aantal herhalings is in die vorm van histogramme (figuur 1 en figuur 2 van bylae B) verwerk. Daar dien egter op gelet te word dat die waardes tussen 0 en 1 duim nie heeltemal korrek is nie, omdat vlakke wat baie na aan mekaar geleë was, nie teen 'n snelheid van 'n driekwart myl per uur ontleed kon word nie. Die betrokke waarde stel dus slegs die meetbare afstande, wat tussen ongeveer 'n driekwart en een duim was, voor, en is dus kleiner as die werklike waarde vir die betrokke interval.

Die sekondêre afskuifvlakke is nie bestudeer nie omdat dit feitlik onmoontlik was om dit te meet terwyl die ploeg in beweging was, en omdat sekondêre afskuifvlakke in die geval van die vibrerende werktuig ook gevorm sou word as gevolg van die sny-aksie van die skag waaraan die lem vas is, en as gevolg van botsings tussen die grondseksies onderling en met die ploegvoornadat dit deur die werktuig versnel is.

Uit bogenoemde grafieke blyk dit duidelik dat, met die uitsondering van die sandgrond, die afstande tussen opeenvolgende afskuifvlakke in die

orde van drie duim 'n maksimum aantal herhalings toon. In die geval van sand was hierdie afstand tussen twee en drie duim. Praktiese waarnemings het verder ook getoon dat die afstande tussen afskuifvlakke deur die volgende faktore beïnvloed word, naamlik:

- . Plantwortels, ranke ensovoorts veroorsaak 'n toename in die afstand tussen die primêre vlakke.
- . Dit het ook geblyk dat 'n verhoging in spoed nie 'n noemenswaardige invloed op die vorming van die primêre vlakke gehad het nie, maar dit het wel gelyk asof die afstande afneem by toename in spoed.
- . Laer vogninhoude lei tot groter afstande tussen die afskuifvlakke, en lewer ook 'n groter variasie van afstande, wat 'n platter histogram tot gevolg het.

Na aanleiding van bogenoemde resultate is daar besluit om die vibrasieploeg so te kies dat opeenvolgende afskuifvlakke drie duim uit mekaar gevorm sou word. Dit beteken dus dat, indien die frekwensie van vibrasie as 'n funksie van die voorwaartse snelheid uitgedruk word,

$$f = 4 v_x \text{ hertz.}$$

Daar is verder besluit om slegs vir interessantheidshalwe te kyk hoe die afskuifintervalle van 'n gewone skottelploeg met dié van 'n rysterplaatploeg onder dieselfde praktiese toestande sou vergelyk. Die resultaat van die ondersoek, wat in 'n sandgrond uitgevoer is, word in figuur 3 van bylae B aangedui, en toon dat die skottelploeg 'n sterk neiging tot kleiner intervale het.

Keuse van die Voorwaartse Snelheid:-

Die voordele van verlaagde trekstangtrek wat met 'n vibrerende werktuig verkry kan word, kan alleen ten volle benut word indien voorkeur aan 'n wyer implement gegee word ten einde die bewerkings tempo te verhoog. Die nadele van die alternatiewe metode, naamlik om die snelheid te verhoog, lê daarin dat die trekker plus implement meer kere oor die land moet beweeg om dieselfde area te dek. Die gevolg is dan dat die verliese om die draaie, asook ten opsigte van rolweerstand, groter energie-absorpsie as gevolg van botsings, ensovoorts, skerp toeneem wanneer die spoed verhoog word.

Daar is gevolglik besluit om nie na 'n hoër snelheid te streef nie, maar om die snelheid min of meer by die normale ploegsnelheid van tussen twee en drie myl per uur te hou.

'n Verdere belangrike rede vir die keuse van 'n laer snelheid lê daarin dat, indien die spoedverhouding (k) konstant gehou word, 'n verhoging in die voorwaartse snelheid v_x noodwendig ook 'n gepaardgaande verhoging in r_ω sal veroorsaak. Uit die teorie blyk dit egter duidelik dat so 'n verhoging in r_ω ongewens sal wees ten opsigte van die energievereistes van die implement

Keuse van die Amplitude:-

Uit die vibrasie-kenkromme van figuur 41 is daar besluit om $k=1.5$ te neem. Die rede vir hierdie keuse lê daarin dat k so laag moontlik gehou moet word vir minimum energievereistes. Uit die grafieke is dit egter ook duidelik dat θ_1 groter word as 90 grade indien k kleiner of gelyk aan een geneem word. Vir k -waardes tussen 1 en 1.5 word daar weer gevind dat, hoewel die hoek kleiner kan wees as 90 grade, die lig- en sny-fases baie afwyk van die vereistes van reglynige beweging. Die laagste k -waarde wat 'n redelik lineêre lig-aksie in 'n effens tru-waartse rigting gee, en wat dus voldoen aan die vereistes vir minimum energie soos by die teorie bespreek is, is dus 1.5

Aangesien $k = r \omega / v_x$ kan die amplitude r dus as volg bereken word indien k , ω en v_x bekend is, naamlik

$$r = \frac{k v_x}{2 \pi f} = \frac{k}{8\pi} = 0.72 \text{ duim.}$$

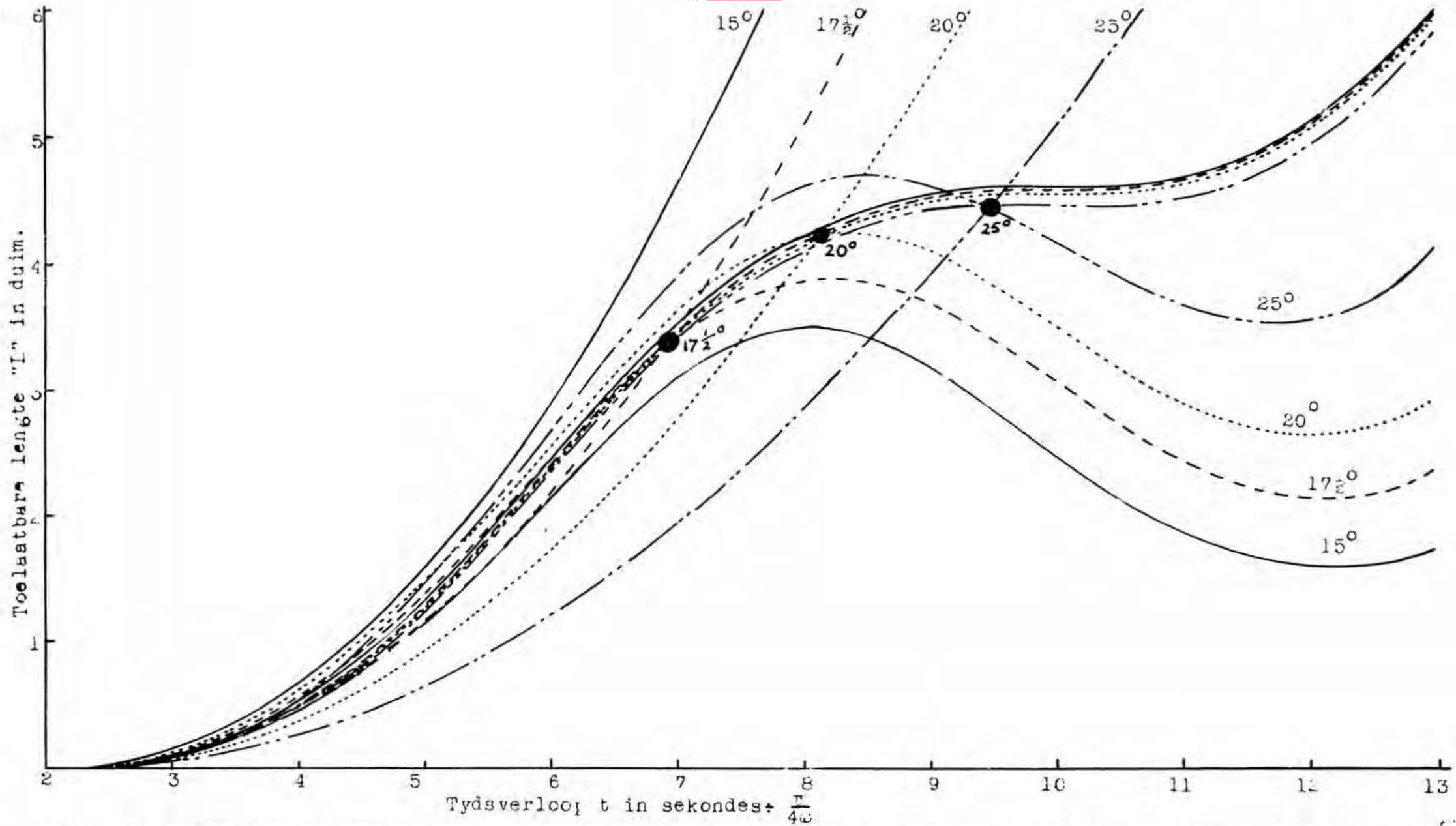
Die finale waardes wat gebruik is, was as volg, naamlik:

| | |
|---------------------|----------------------------------------------------------|
| Voorwaartse spoed: | $v_x = 3 \text{ m.p.u.}$ |
| Vibrasiefrekwensie: | $f = 16.7 \text{ hertz, } \omega = 1,000 \text{ o.p.m.}$ |
| Amplitude: | $3/4 \text{ duim}$ |
| Spoedverhouding: | $k = 1.5$ |

Bepaling van die vibrasie- en lemhoeke (θ_0 en α) en die lengte van die lem (L):-

Uit die teorie blyk dit dat vergelykings (Q) en (R), en dus ook (S) wat daaruit herlei is, uitgedruk kan word in terme van t en L indien θ_0 , t , en α bekend is, en indien r , ω , k en v_x soos hierbo aangeneem word. Uit vergelykings (a) en (H) blyk dit egter dat t_1 en θ_2 albei funksies van θ_0 is. Aangesien α slegs effens groter as θ_2 gekies moet word om te verhoed dat die onderkant van die lem met die ploegbodem sal kontak maak, kan dit dus ook as 'n funksie van θ_0 beskou word, met die gevolg dat L vir elke waarde van θ_0 bereken kan word. Deur dus verskillende waardes van θ_0 aan te neem en ooreenstemmende waardes van L te bereken, kan 'n realistiese oplossing uit bogenoemde vergelykings verkry word. Weens die komplekse geaardheid van die vergelykings is die oplossings verkry deur verskillende waardes van t aan te neem en L dan uit vergelykings (Q) en (R), en, as kontrole, ook uit (S) te bereken. Die L -waardes wat so verkry is, word grafies deur figuur 45 voorgestel, en die waardes van L word gegee deur die sny-punte van die drie krommes wat uit vergelykings (Q), (R) en (S) bereken is.

Uit die krommes blyk dit duidelik dat, indien $\theta_0 \leq 15^\circ$ geneem word, die grond feitlik dadelik na vrylating weer met die lem sal kontak maak, en dat L



Figuur 45. Grafiese oplossing van die grondbewegings-vergelykings (Q,R & S.) vir die bepaling van "L".

dus baie klein sal wees. Vir θ_0 tussen 15 en $17\frac{1}{2}$ grade, skuif die posisie van die snypunt skielik op tot by 'n waarde van L van ongeveer 3.4 duim, waarna dit weer stadiger toeneem tot by 'n waarde van ongeveer 4.5 duim vir 'n θ_0 -waarde van 25 grade.

Aangesien dit wenslik is dat die lem net so lank, of selfs effens korter, moet wees as die voorwaartse verplasing per siklus, is daar besluit om $\theta_0=17\frac{1}{2}$ grade te neem, en om die ware lengte van die lem dan op $2\frac{1}{2}$ duim te neem. Hierdie waarde van $2\frac{1}{2}$ duim is ongeveer vyf-en-twintig persent laer as die berekende waarde van 3.4 duim, en maak voorsiening vir moontlike adhesiekrigte tussen die grond en die lem, wat mag veroorsaak dat die grond nie so ver teruggeslinger sal word as wat die teorie aandui nie.

'n Monsterberekening ten opsigte van een waarde van t word getoon ten einde die metode van berekening te verduidelik.

Monsterberekening:-

Soos reeds gemeld, is $r=3/4$ duim, $\omega = 2 \pi f = 2\pi \times 16.7 \text{ rad./sek.}$, $v_x = 3 \text{ myl per uur} = 4.4 \text{ vt./sek.}$, en $k = 1.5$.

Indien $\theta_0 = 17\frac{1}{2}^\circ$ geneem word, en $t = 7 \pi/4 \omega$ (willekeurig), kan die drie waardes van L as volg bereken word, naamlik:

$$\cos \omega t_1 = \frac{-32}{r \omega^2 \sin \theta_0} \quad \text{--- vanaf (a)}$$

$$= \frac{-32}{3/48 \times (104.8)^2 \times 0.301}$$

$$= -0.155$$

$$\begin{aligned} \therefore \omega t_1 &= \pi - 81.1^\circ \\ &= 1.72 \text{ radiale} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore t_1 &= \frac{1.72}{104.8} \\ &= 0.01644 \text{ sek.} \end{aligned} \quad \text{----- (i)}$$

Verder is

$$\theta_2 = \cot^{-1} \left(\cot \theta_0 + \frac{1}{k \sin \theta_0} \right) \quad \text{--- vanaf (H)}$$

$$= \cot^{-1} \left(3.168 + \frac{0.667}{0.301} \right) \approx 10\frac{1}{2} \text{ grade}$$

Neem dus

$$\alpha = \theta_2 + 5^\circ = 15\frac{1}{2} \text{ grade} \quad \text{----- (ii)}$$

Uit (Q) volg dat

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{r \cos \theta_0}{\cos \alpha} (t-t_1) \left[\frac{\cos \omega t - \cos \omega t_1}{(t-t_1)} + \omega \sin \omega t_1 \right] \\
 &= \frac{3}{48} \times \frac{0.954}{0.972} (0.0525 - .01644) \left[\frac{.707 + .155}{.525 - .01644} + 104.8 \times .981 \right] \\
 &= 0.282 \text{ vt} \\
 &= 3.38 \text{ duim} \quad \text{----- (iii)}
 \end{aligned}$$

Uit (R) volg dat

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{r \sin \theta_0}{\sin \alpha} (t-t_1) \left[\frac{\cos \omega t - \cos \omega t_1}{(t-t_1)} + \omega \sin \omega t_1 \right] - \frac{g(t-t_1)^2}{2 \sin \alpha} \\
 &= \frac{3}{48} \times \frac{.301}{.234} \times .0361 \left[\frac{.862}{.0361} + 103.3 \right] - \frac{16 \times .0361^2}{.234} \\
 &= .3708 - .0888 \\
 &= .282 \text{ vt} \\
 &= 3.38 \text{ duim} \quad \text{----- (iv)}
 \end{aligned}$$

Uit (S) volg

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{g(t-t_1)^2}{2 \cos \alpha} \times \frac{1}{\tan \theta_0 - \tan \alpha} \\
 &= \frac{32(.0361)^2}{2 \times .973} \times \frac{1}{(.316 - .240)} \\
 &= .282 \text{ vt} \\
 &= 3.38 \text{ duim} \quad \text{----- (v)}
 \end{aligned}$$

Die drie identiese antwoorde van (iii), (iv) en (v) dui op die oplossing vir L waar $\theta_0 = 17\frac{1}{2}$ grade. Vir alle ander t-waardes sal drie verskillende L-waardes verkry word soos in figuur 45 deur die drie krommes aangedui word.

Finale afmetings wat gebruik is, en redes vir die bou van 'n enkellem vibrasieploeg:-

Die eerste vibrasieploeg wat gebou is, het slegs uit een lem bestaan, en is volgens die afmetings, soos hierbo teoreties bereken is, gekonstrueer. Die doel met die bou van die enkellemwerktuig was hoofsaaklik daarop toegespits om te bepaal of die werktuig aan sy doel sou beantwoord ten opsigte van verbrokkeling, en om 'n idee te probeer verkry van die groottes van piek- en ander kragte en draaimomente, sodat dit aangewend kon word by die ontwerp van 'n volwydte implement. Die energievereistes van die voorlopige vibrerende werktuig is vervolgens bestudeer om te bepaal in hoe 'n mate die praktiese resultate met die teorie ooreenstem, en om te sien of die graad van bewerking en energievereistes gunstig vergelyk met dié van 'n konvensionele rysterplaatploeg.

Die belangrikste afmetings van die bewerkingslem was as volg, naamlik:

| | |
|--------------------------------------------|-----------------------|
| Lengte (L): | $2\frac{1}{2}$ duim |
| Wydte van lem: | 10 duim |
| Hellingshoek van die lem (α): | 16° |
| Bewerkingshoek van die lem (θ_0): | $17\frac{1}{2}$ grade |
| Snelheid waarvoor ontwerp is: | 3 m. p. u. |
| Frekwensie waarvoor ontwerp is: | 16.7 hertz |
| Amplitude waarvoor ontwerp is (r): | $\frac{3}{4}$ duim |

Ontwerp en konstruksie van die Enkellem Vibrasieploeg:-

Die werktuig wat vir hierdie gedeelte van die studie gebruik is, het uit 'n enkele vibrerende lem, wat via 'n spesiale ratkas en V-bande vanaf die trekker se kragas aangedryf is, bestaan, en word deur plate 2 en 3 aangedui. In die betrokke plate toon A die lemgedeelte aan, terwyl B die geboë skag aandui. Die rede vir die geboë vorm van die skag B is toe te skryf aan die resultate wat deur Nichols en Reaves (1958) en Tanner (1960) verkry is, naamlik dat die skok nie in die nabyheid van die lem moet werk nie omdat dit dan 'n druksone sal veroorsaak waardeur die trekkragevereistes verhoog word. Die skag B is ook volgens die bevindinge van Payne (1956) aan die voorkant skerp-gemaak ten einde die trekkragevereistes daarvan verder te verlaag en om 'n kouter effek te verkry sodat die plantreste nie geneig sal wees om so maklik daar aan te pak nie.

Die lem is vanaf die trekker se kragas met die nodige kruiskoppeling C via 'n 90 grade ratkas D en V-bande E aangedryf. Die finale aandrywing is verkry deur van 'n eksentriese assie en aandryfstang F gebruik te maak om die nodige ossilasie om die aanhegtingspunt G te verkry. Die skarnierpunt G het uit 'n verseëelde koeëllaer bestaan, terwyl al die asse ook in koeëllaers gedraai het. Die bewerkingslem A is heeltemal dwars op die bewegingsrigting geplaas om te verseker dat die snykant oor die volle wydte so sal wees dat die hoek θ_0 verkry word. Indien 'n V-vorm gebruik word, sal dit beteken dat die buitenste punte van die snykant verder terug sal wees as die middelste gedeelte van die snykant, met die gevolg dat θ_0 oor die wydte van die lem sal verander.

PRAKTIESE BEPALING VAN DIE ENERGIEVEREISTES EN BEWERKINGS-EIENSKAPPE VAN DIE ENKELLEM VIBRASIEPLOEG:-

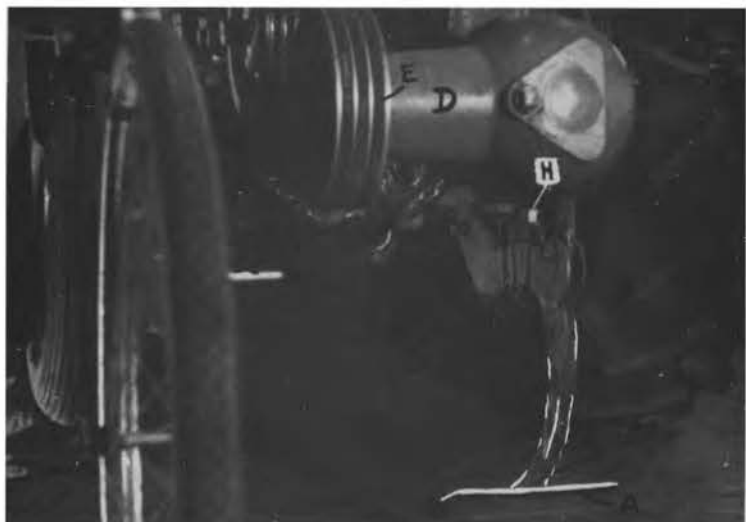
Hoewel die apparaat wat vir die nie-vibrerende werktuie gebruik is geen probleme opgelewer het as gevolg van die feit dat dit op die driepuntstelsel van die trekker gemonteer was nie, is daar nogtans gevoel dat probleme verwag sou kon word indien dit op die vibrerende apparaat aangebring sou word.



Plaat 1. Waterge vulde fietswiel wat vir die snelheids- en afstandsmeting gebruik is.



Plaat 2. Enkellem vibrasieploeg, skuins van die kant gesien.



Plaat 3. V-bandaandrywing, ratkas en lem van agter gesien.

Die batterye, omskakelaar, vier-kanaal versterker en 14-kanaal registreerapparaat is gevolglik agter in die bak van 'n vierwiel-aangedrewe bakkie met spesiale lae ratverhoudings aangebring. Net soos in die geval van die nie-vibrerende werktuig, is die energievereistes van die vibrerende werktuig ook deur middel van rekstrokies bepaal.

Prosedure wat gevolg is:-

Aangesien die doel met die bou van die enkellem vibrasieploeg hoofsaaklik was om 'n paar steekproewe uit te voer voordat daar met die bou van 'n werklike pro-tipe vibrasieploeg met meer lemme voortgegaan sou word, was daar geen noodsaaklikheid om op hierdie stadium lesings in alle tipes gronde te neem nie. Daar is dus besluit om 'n reeks lesings in 'n redelike swaar grond ('n kleileem) te neem ten einde die vibrasieploeg se werking met 'n gewone rysterplaatploeg te vergelyk, die energievereistes te bepaal en 'n idee te kry oor die verband tussen die ware lesings en die teoretiese waardes.

Veranderlikes wat ondersoek is:-

Die hoof-veranderlikes wat tydens die steekproewe met die enkellem-vibrasieploeg ondersoek is, was die volgende, naamlik:

- Spesifieke energievereistes:-

Die spesifieke energievereistes van die werktuig is bepaal om te sien of dit min of meer met die teoretiese waardes, soos vanaf die voorgaande teorie bereken, sou ooreenstem, en om 'n idee te kry van die grootte van die piekkragte en die verhoudings tussen die kragas- en trekstangperdekragte.

Die spesifieke energievereistes is ook met die spesifieke energievereistes van 'n gewone rysterplaatploeg onder dieselfde toestande vergelyk om te sien of daar wel so 'n goeie verskil in die guns van die vibrasieploeg sou wees as wat verwag is.

- Graad van Grondbewerking:-

Weens die feit dat die vibrasieploeg ontwerp is om min of meer dieselfde graad van grondbewerking te gee as die gewone rysterplaatploeg, moes ontledings van die graad van grondbewerking ook vir beide die vibrasie- en rysterplaatploeg gemaak word. Hierdie ontledings was nodig om te verseker dat die vibrasieploeg nie moontlik groot energiebesparings sou wys as gevolg van die feit dat die bewerking minder intensief as dié van die rysterplaatploeg sou wees nie.

- Snelheid:-

Daar is ook besluit om 'n idee te kry van die wyse waarop die snelheid die energievereistes in die praktyk sou beïnvloed, en gevolglik is waarnemingsproewe teen 1, 2 en 3 myl per uur met die vibrasieploeg uitgevoer, en vergelyk met die waardes wat teen 3 myl per uur met die rysterplaatploeg verkry is.

- Verband tussen die vibrasieploeg met vibrasie en dieselfde ploeg sonder vibrasie:-

Daar is ook besluit om die vibrasieploeg eenvoudig deur die grond te trek sonder om dit aan te dryf, en dan ook waarnemings te maak oor die wyse waarop die nie-vibrerende werktuig met die vibrerende werktuig vergelyk.

Proefuitleg:-

Die lesings wat met die vibrerende enkellem-werktuig geneem is, het bestaan uit 'n reeks lesings wat by snelhede van een, twee en drie myl per uur (almal in dieselfde rat) geneem is, en wat dan vergelyk is met lesings teen drie myl per uur sonder vibrasie, asook met lesings wat met 'n standaard-rysterplaatploeg teen drie myl per uur geneem is. Vir die doel van hierdie lesings moes die land weereens statisties onderverdeel word sodat vier herhalings van elke stel lesings geneem kon word, en sodat die ploeg, die nie-vibrerende vibrasieploeg en die vibrerende vibrasieploeg elke keer net langs mekaar kon werk. Aangesien dit egter moeilik was om slegs kort stukkie met die rysterplaatploeg te bewerk, en aangesien laasgenoemde 'n wyer perseel benodig het omdat 'n voor eers vooraf getrek moes word, is daar besluit om die ploeg aan die twee sykante van elke perseel te gebruik ten einde die werk te vergemaklik en al die lesings op die betrokke stuk land, waarvan die oppervlakte redelik beperk was, in te kry. Die ploeglesings is geneem nadat die akker eers aangevoer is ten einde te verseker dat die ware ploegtoestande in die land verkry sou word. Tabel 1, bylae B toon die uitleg van die land.

Meetmetodes vir die Grondkonstantes en graad van grondbewerking:-

Aangesien die lesings met die vibrasieploeg nie in dieselfde seisoen as die voorgaande werk met die nie-vibrerende skuins lemme uitgevoer is nie, kon daar nie meer verwag word dat die grondkonstantes van die vyf persele wat eerste gebruik was, onveranderd sou bly nie. Weens die feit dat die vyf persele intussen bewerk is, was dit dus ook nie meer moontlik om daar waarnemings te maak nie, en moes 'n nuwe perseel gebruik word. Aangesien

die doel van die lesings met die enkellem-werktuig egter net was om voorlopige resultate te verkry voordat met die konstruksie van 'n vol-wydte prototipe voortgegaan is, was daar egter geen beswaar teen die gebruik van 'n ander perseel vir die doel nie. 'n Geskikte perseel met 'n swaarderige kleileem is vervolgens uitgesoek en uitgelê soos reeds beskryf.

Die grondkonstantes van die nuwe grondtipe (F) was egter ook nie op hierdie stadium bekend nie, en moes bepaal word vir gebruik in die teoretiese berekeninge. Die volgende grondkonstantes is gevolglik bepaal toe die lesings met die vibrasieploeg by veldkapasiteit geneem is, naamlik:

- . Bulkdigtheid
- . Voginhoud
- . Kohesiespanning en interne wrywingskoeffisiënt
- . Wrywingskoeffisiënt tussen grond en staal
- . Snykrag van die grond

Bogenoemde konstantes is op dieselfde metodes bepaal as by die vroeëre ondersoek met skuins lemme, en word dus nie weer verduidelik nie.

Afgesien van bogenoemde grondkonstantes, is daar ook besluit om die bewerkingsintensiteite te bepaal deur die aantal kluite wat tussen sekere gewigsgrense val, met die hand te tel en ook die relatiewe lugdeurbaarheid van die gronde onder verskillende bewerkingsmetodes te vergelyk.

Die kluitgroottes is op 'n gewigsbasis bepaal deur 'n willekeurige gedeelte van die bewerkte deel uit te soek en die kluite dan versigtig uit te lig en te weeg. Die kluite is volgens hulle gewig in klasintervalle van 1-2 onse, 2-4 onse, 4-8 onse, 8 onse tot 1 pond ensovoorts ingedeel. Hierdie keuse van die klasintervalle op 'n logaritmiëse grondslag is gedoen omdat dit 'n baie makliker ontleding van die kluitgroottes gegee het. Die klasintervalle by die kleiner fraksies, waar die aantal kluite baie groot was, was dus gerieflik klein terwyl die klasintervalle by die groter kluite, waarvan daar baie minder was as by die kleintjies, weer groot genoeg was om nogtans maklike klassifikasie te gee. Die grondfraksie met kluitgroottes en grondkrummels kleiner as 1 ons in gewig is as geheel geweeg, en die aantal kluite is uitgedruk in terme van die gewig van die fraksie wat kluite fyner as 1 ons bevat het. Hierdie kluitgrootteverspreiding is in die vorm van histogramme voorgestel.

Die spesifieke lugdeurlaatbaarheid is gemeet deur die tyd te bepaal wat verstryk wanneer 'n konstante volume lug onder 'n sekere druk deur 'n spesifieke area van die bewerkte grond geblaas word, en dit dan met die lesings van die onbewerkte grond langsaan te vergelyk. Die apparaat wat vir hierdie doel gebruik is, het uit 'n silindriese ring wat in die grond ingepers word,

bestaan (figuur 46). Hierdie ring is met behulp van "tygon" plastiese pyp aan 'n 4 gelling houër, wat met water gevul is, verbind. 'n Omgekeerde silindriese houër is gebruik om die lug deur die pypie te forseer. 'n Konstante hoeveelheid lug is elke keer onder dieselfde druk deur die grond geforseer deur die omgekeerde houër tussen twee referensiemerke verby te laat sak. Die tyd wat verloop het terwyl die lug deur die grond beweeg het, is deur middel van 'n stophorlosie bepaal.

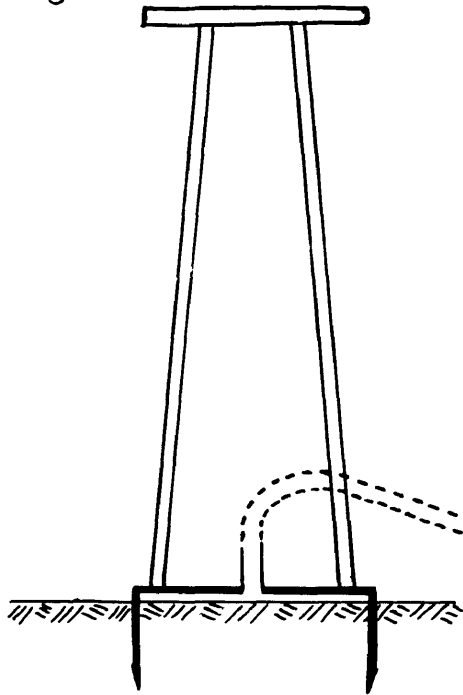
Hoewel daar moontlik kritiek teen die gebruik van die lugdeurlaatbaarheid as maatstaf vir grondbewerking ingebring kan word, is dit nogtans om die volgende redes gebruik, naamlik:

- . Kluitgrootte-ontledings gee 'n baie goeie maatstaf van die graad van verbrotting wat fisies ten opsigte van die grondmassa tydens bewerking voorgekom het, maar gee geen idee van die graad van lugintruïling wat in so 'n grondmassa kan voorkom, en baie belangrik kan wees vir goeie plantontwikkeling nie.
- . Aangesien grond wat goed opgebreek is, maar weer netjies op hulle oorspronklike posisies agtergelaat word, nie noodwendig ook goeie lugintruïling sal verseker nie, en moontlik na die eerste reëns weer min of meer in hulle oorspronklike toestand kan verval, is besluit om ook die lugdeurlaatbaarheid te meet. Hierdie meting gee natuurlik nie noodwendig 'n direkte aanduiding van die kluitgroottes of -verspreiding in so 'n grondmassa nie, maar sal beslis aantoon of daar 'n redelike mate van lugsirkulasie deur die grondmedium verwag kan word of nie.
- . Deur die lugdeurlaatbaarheid van die bewerkte grond met die onbewerkte grond langsaan te vergelyk, kan 'n goeie beeld dus verkry word van die graad van verbetering wat in dié opsig verkry is deur die spesifieke metode van bewerking.
- . Daar kan verwag word dat goeie lugdeurlaatbaarheid ook sal saamval met goeie wateropname-eienskappe, wat belangrik kan wees in gronde wat geneig is om harde, ondeurdringbare lae op die oppervlakte te vorm, mits groterige kluite nie die deurlaatbaarheid bevorder nie.

Beskrywing van die Apparaat wat gebruik is:-

Die apparaat wat vir die ondersoek met die enkellem vibrasieploeg gebruik is, het bestaan uit rekstrokie-toerusting wat vir die meet van kragte en draaimomente gebruik is, en uit apparaat wat vir die meet van snelhede en afstande gebruik is.

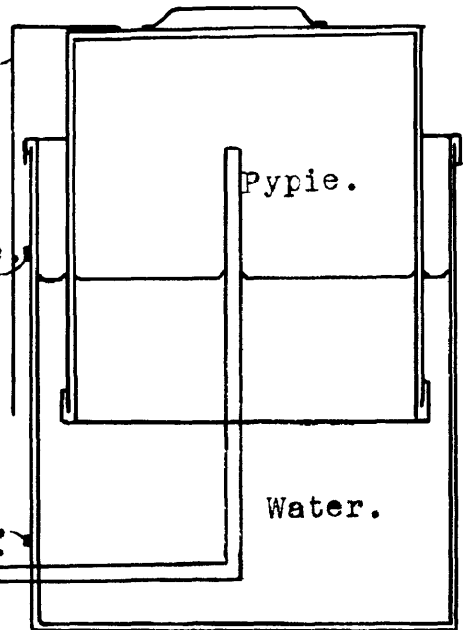
Apparaat waarmee die lug in die grond ingeblaas is.



Merker.

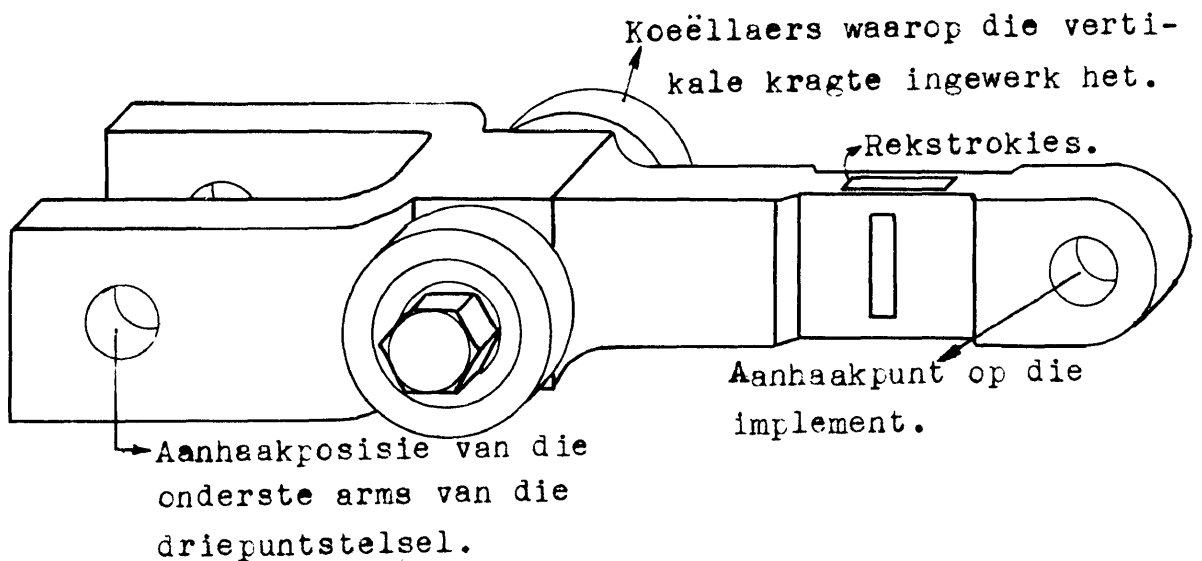
Merkie.

Merkie.



Apparaat waaruit lug voorsien is.

Figuur 46. Apparaat wat gebruik is vir die bepaling van die gronde se lugdeurlaatbaarheid.



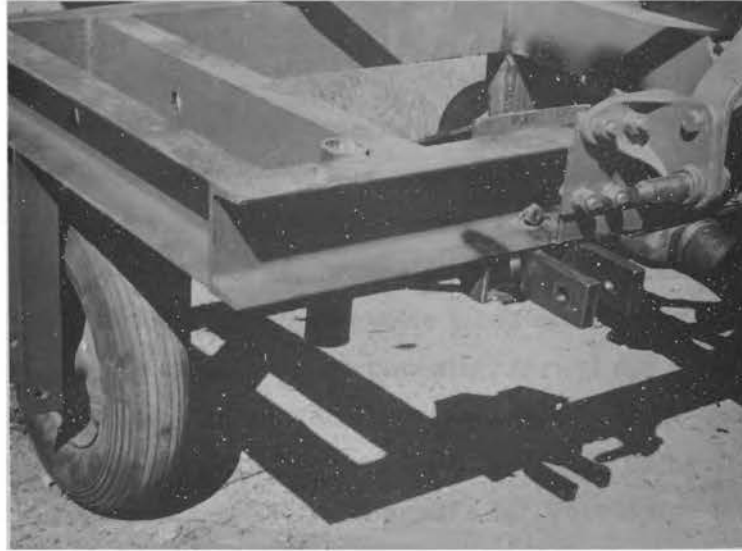
Figuur 47. Diagram van een van die trekselle wat gebruik is vir die bepaling van die horisontale trekkrage.

Apparaat vir die bepaling van Horisontale Trekkragte:-

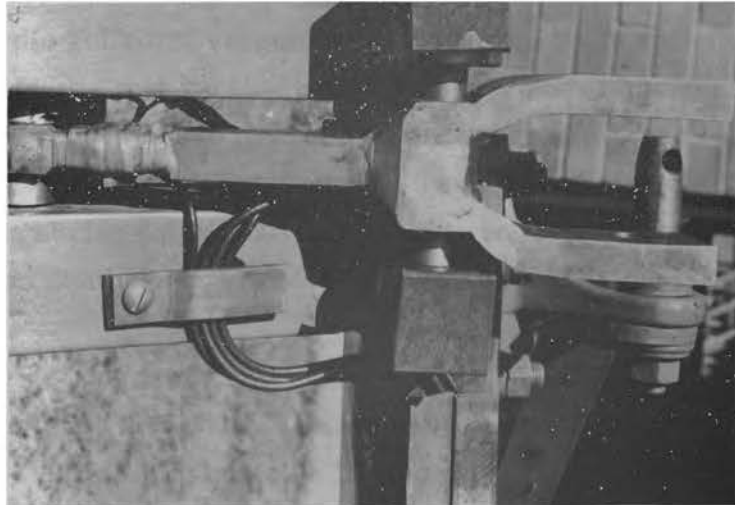
Weens die feit dat die konstruksie van die vibrerende werktuig meer gekompliseerd was as die van die nie-vibrerende lemme, kon dieselfde metode vir die meting van die horisontale kragte nie ook hier toegepas word nie. Een van die grootste redes hiervoor was die feit dat 'n sekere gedeelte van die energie van die kragas af voorsien is in die vorm van 'n sikliese krag, wat die vorige metode van meting sou beïnvloed. Daar is vervolgens besluit om die horisontale kragte deur middel van twee identiese trekselle aan die onderste arms van die driepuntstelsel te meet, terwyl die boonste arm tydens sulke lesings ontkoppel sou word en slegs gekoppel word wanneer die implement gelig en vervoer moes word. 'n Trekker met dieptebeheer op die driepuntstelsel is gebruik, met die gevolg dat die implement so ingestel kon word dat die selle in 'n horisontale posisie gehou was terwyl die lesings geneem is. Die diepte van bewerking is beheer deur die posisies van die twee wiele te verstel. Figuur 47 toon die konstruksie van die treksel met die rekstrokies wat so aangebring is dat alleenlik lengtekragte geregistreer is. Die trekselle is aan die onderkant van die raamwerk aangebring (plate 4 en 5) en is van koeëllaers voorsien om enige wrywing in die lengterigting uit te skakel. Die rede vir hierdie spesifieke konstruksie, teenoor die ander moontlikheid van 'n gewone uitsteekbalk wat aan die raamwerk vasgesweis en met rekstrokies toegerus kon word, is die feit dat die agterste deel van die sel, waar die rekstrokies aangebring is, heelwat dunner gemaak kon word. Die gevolg was dus dat die sensitiwiteit en akkuraatheid van die metings aansienlik verbeter kon word, terwyl die res van die sel nogtans sterk genoeg was om die kragte tydens oplig en vervoer te weerstaan.

Hoewel daar aanvanklik besluit is om die toevoersein na die selle in parallel, en die afvoersein in serie te verbind ten einde die sensitiwiteit verder te verhoog, is daar gevind dat so 'n verbinding van die rekstrookbrûe onderlinge sirkuleerstrome veroorsaak wat die akkuraatheid en lineariteit van die gesamentlike lesings benadeel het. Daar is vervolgens besluit om die selle ten volle in parallel te verbind, met die gevolg dat die sein wat gelewer word, nie die som van die afsonderlike selle se seine voorgestel het nie, maar wel die gemiddeld van die twee selle.

Die trekstangtrek van die rysterplaatploeg is met behulp van 'n gewone registrerende hidrouliese trekstangdinamometer bepaal. Die snelheid is bepaal deur stophorlosie-lesings van die tydsverloop te neem wanneer die ploeg tussen twee referensie-bakens verbybeweeg het. Die werkwydte en -diepte is deur middel van direkte meting met 'n duimstok bepaal.



Plaat 4. 'n Treksel aan die raamwerk van die enkel-
lemvibrasieploeg.



Plaat 5. Die treksel, met rekstrokiebedrading, van
onder gesien.



Plaat 6. Dwarsas met sleepringe en rekstrokies.

Apparaat vir die meting van die draaimoment:-

Die draaimoment wat nodig was om die vibrasie-aksie te bewerkstellig, is ook deur middel van rekstrokies, wat aan die dwars-as met die eksentriese aandrywing aangebring is, bepaal (plaat 6). Die rekstrokies is op die konvensionele wyse in die vorm van 'n volle Wheatstone-brug, met die rekstrokies op 45 grade hoeke, aan die as bevestig, terwyl die toevoer- en uitgangseine deur middel van vier silwer sleepinge en 16 silwer-grafiet-borseltjies (4 borseltjies per sleepring) vanaf die roterende as na die res van die bedrading en die registreer-apparaat oorgedra is. Voorlopige lesings het daarop gedui dat die orde van die piek-draaimomente redelik groot was, en dat die ontleding van die grafiese voorstellings uiters moeilik uitgevoer sou kon word. Daar is vervolgens besluit om 'n reaktiewe filter tussen die versterker en die registreer-apparaat aan te bring om die wisselsein in so 'n mate te demp dat ontledings van die golfvorm vergemaklik kon word. Na 'n reeks ossilloskoop waarnemings waartydens met verskillende filters ge-eksperimenteer is, is daar eindelijk besluit dat 'n 1,000 mikrofarad elektrolitiese kapasitor, wat parallel aan die galvanometers aangebring is, geskik sou wees vir die doel. Die filter is so aangebring dat dit na willekeur in- en uitgeskakel kon word, sodat beide piek- en gemiddelde waardes maklik grafies verkry kon word.

Snelheids- en Afstandsmeting:-

Die snelheids- en afstandsmeting is op dieselfde wyse en met dieselfde fietswiel as wat reeds in hoofstuk III (plaat I) bespreek is, uitgevoer, behalwe dat die permanente magneetjies aan die speke in hierdie geval weg-gelaat is, omdat resultate wat met die vorige eksperimente behaal is, getoon het dat die pieke van die tago-generator maklik ontleedbaar was en dus ewe maklik vir spoed- en afstandsmeting gebruik kon word. Aangesien daar nie sekerheid was oor die moontlike invloed van vibrasie op die snelheidsmetings van die fietswiel nie, is die snelheid ook deur middel van stophorlosies tussen vaste bakens bepaal om as kontrole te dien.

Meting van die Vibrasie-tempo:-

Die vibrasietempo is bepaal deur 'n permanente magneetjie (H, plate 2 en 3) aan die lem te bevestig sodat die beweging daarvan via 'n spoel, wat weereens van die nodige weerstande en 'n filter voorsien is om die regte sensitiwiteit en demping te verkry, aan een van die galvanometers oorgedra kon word.

Samestelling van die Apparaat:-

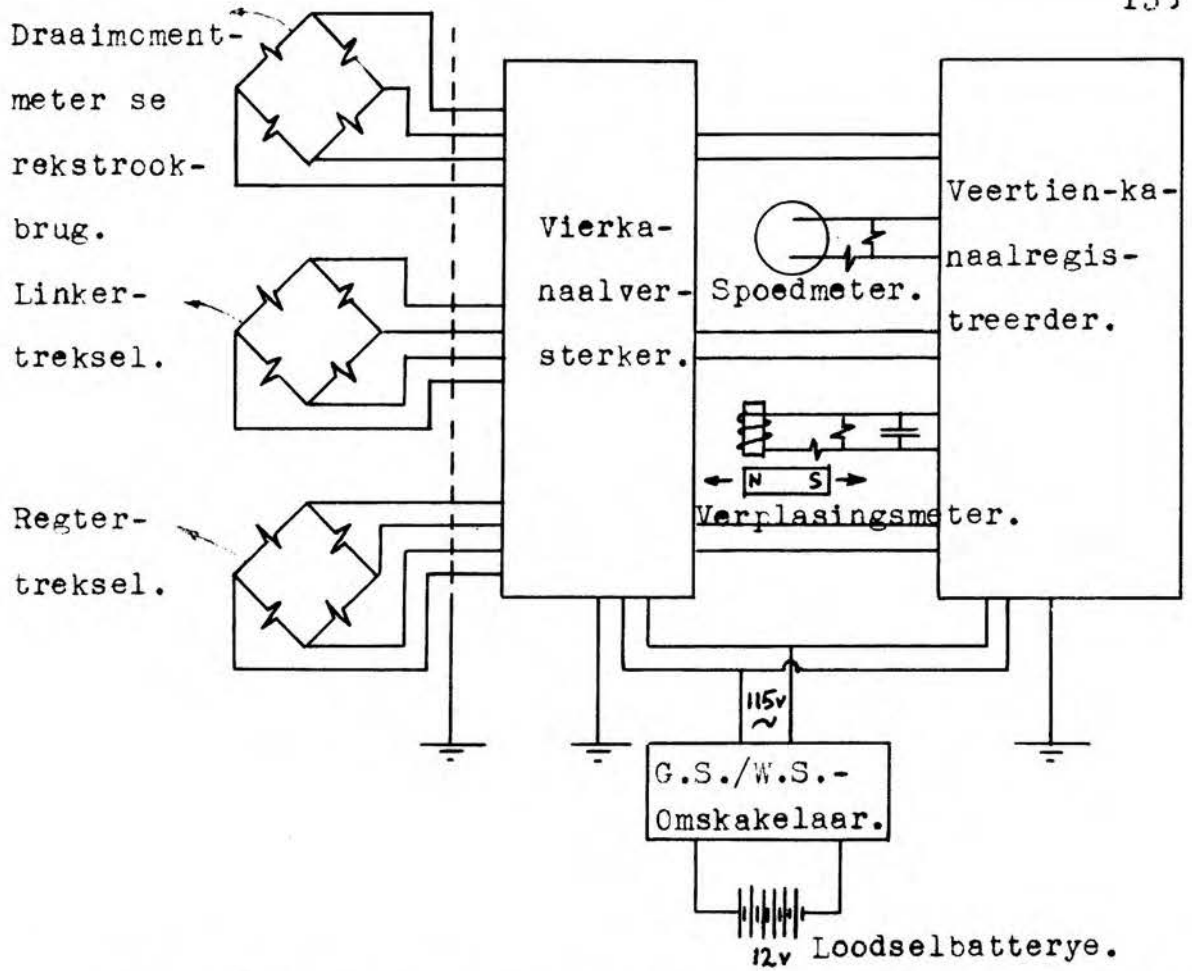
Die volle elektriese stroombaan van die apparaat wat vir hierdie deel van die ondersoek gebruik is, word in figuur 48 aangetoon. Figuur 49 toon 'n tipiese stel resultate waarop die aksie van die filter baie duidelik geïllustreer word. Plaat 7 toon die registreer-apparaat wat gebruik is, na montering in die vierwiel-aangedrewe voertuig met lae ratverhoudings. Item 1 toon die drie 12-volt loodselbatterye, terwyl item 2 die gekombineerde elektriese motor-generator kombinasie aandui wat as omskakelaar gebruik is om die 115-volt wisselsein te verkry. Item 4 toon die 4-kanaal, 3 kilohertz dragolf-versterker, terwyl item 3 die 14-kanaal optiese registreer-apparaat aantoon. Die kaset aan die voorkant van die registreerder (waarop die nommer 3 aangebring is) bevat die foto-sensitiewe papierstroke. Item 5, wat bo-op die versterker aangebring is, toon die kapasitiewe filter wat vir die demping van die draaimoment-sein gebruik is om ontleding van die krommes te vergemaklik.

Plaat 8 toon die enkelleemwerktuig agter die trekker, en die vierwielaangedrewe voertuig met die instrumente aan die regterhand. Die seine is deur middel van die elektriese kables vanaf die implement na die instrumente oorgedra. Die kables is almal deeglik afgeskerm om alle sturings uit te skakel, en spesiale multipunt-kontakproppe is gebruik om te verseker dat die kables nie sal breek indien die voertuie te ver van mekaar af beweeg nie. Spesiale aandag is ook gewy aan die wyse waarop die kables aan die steekproppe bevestig is ten einde te verhoed dat dit nie moontlik as gevolg van onderlinge vibrasie of skokke buite werking gestel sou word nie.

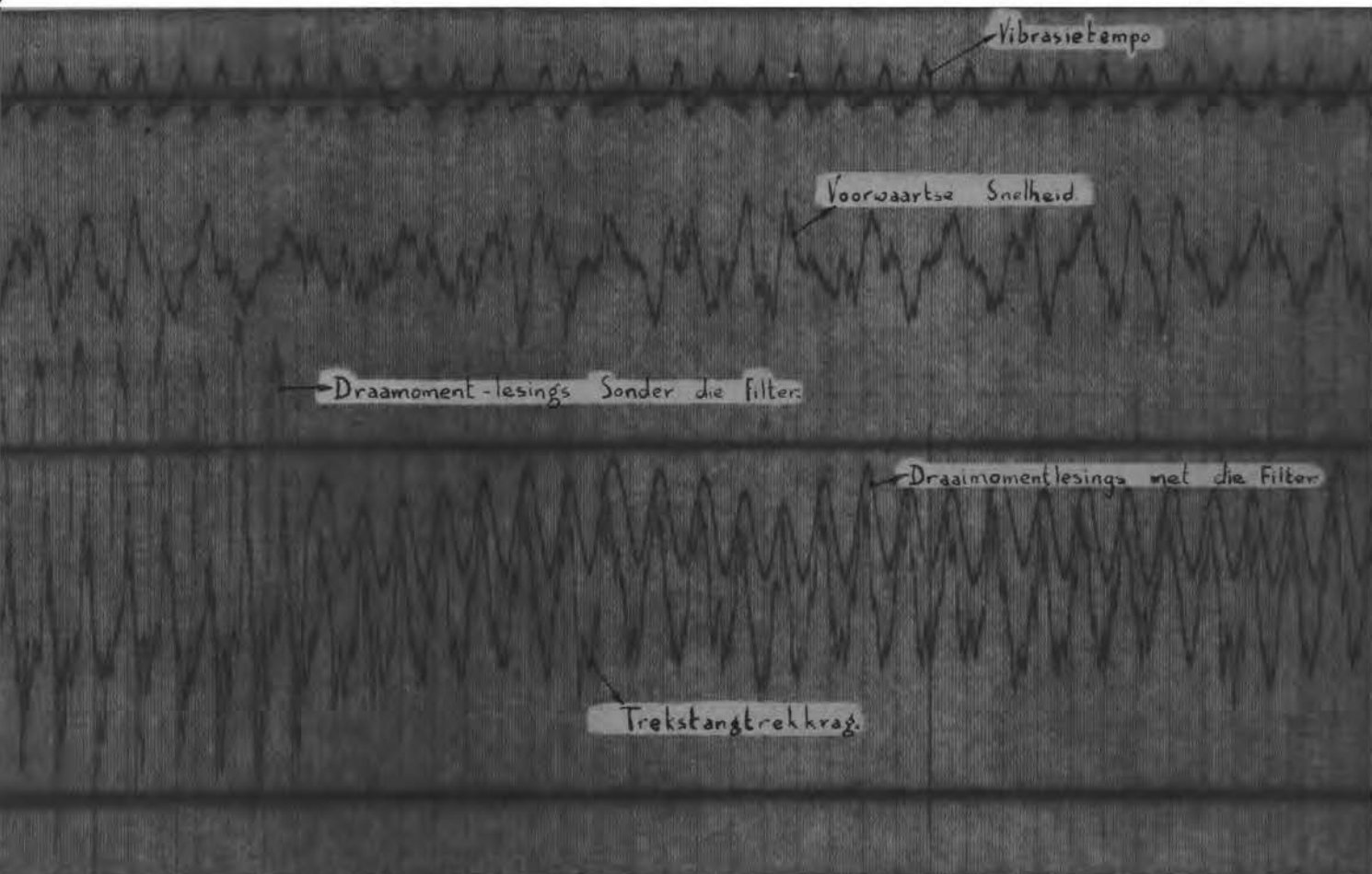
Kalibrasie van die Apparaat:-

Die trekselle is eers elk afsonderlik en daarna gesamentlik gekalibreer deur hulle in die reeds genoemde druk- en trektoetsapparaat aan verskillende trekkragte te onderwerp. Waar die selle saam gekalibreer is, is hulle parallel aan mekaar aan twee T-stukke gemonteer, met die gevolg dat elke sel die helfte van die vrag moes dra. Die selle is vervolgens aan buigmomente onderwerp om te verseker dat die direkte trekkrag-resultate nie deur moontlike buigmomente beïnvloed sou word nie.

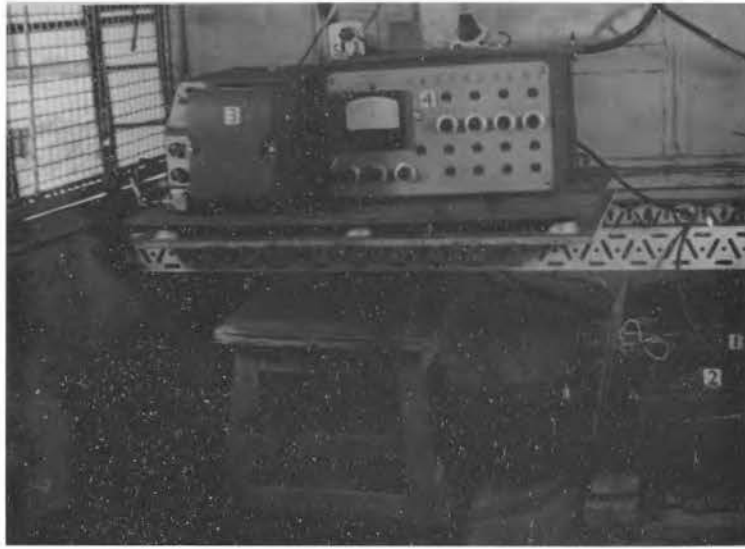
Die draaimomentmeter is eers staties gekalibreer vir draaimomente, en daarna is ook seker gemaak dat direkte drukkragte in die lengterigting, en buigmomente, wat staties in drie rigtings, elk 120 grade uit mekaar, aangewend is, nie enige invloed op die draaimoment-lesings sou hê nie. Die as is hierna in 'n draaibank gemonteer en, nadat die brug kunsmatig uit balans gegooi is deur die



Figuur 48. Skematiese diagram van die elektriese stroombaan wat by die kragte-bepaling vir vibrerende werktuie gebruik is.



Figuur 49. Tipiese filmstrook wat die aksie van die filter aandui.



Plaat 7. Registreerapparaat wat by rekstrokiemetings gebruik is.



Plaat 8. Trekker met vibrasieploeg en vragmotor tydens toetse.



Plaat 9. Tipiese bewerkingsoppervlakte wat met die vibrerende enkelleemwerktuig verkry is.

toevoeging van 'n weerstand oor een van die brug-arms, is die invloed van spoed op die uitgangsein bestudeer ten einde te verseker dat die sleepringe en borsels geen spoed-afhanklikheid sou toon nie. Figure 4 en 5 van bylae B toon die kalibrasie-krommes wat tydens die kalibrering van bogenoemde apparaat verkry is. Weens die feit dat die apparaat wat vir die spoed- en afstandmeting gebruik is, reeds tydens die vorige werk gekalibreer is, was verdere kalibrasie in hierdie opsig nie nodig nie.

VI. PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE ENKELLEM VIBRASIEPLOEG:-

Die resultate wat by hierdie fase van die ondersoek verkry is, kan in die volgende drie hoofafdelings onderverdeel word, naamlik:

- . Algemene resultate, soos die afstande tussen die opeenvolgende afskuifvlakke wat by rysterplaatploë voorkom, bepaling van grondkonstantes, ensovoorts.
- . Praktiese resultate wat met die enkellem vibrasieploeg teenoor die rysterplaatploeg verkry is, en
- . Teoretiese resultate, wat van die basiese teorie van hoofstuk III af bereken is.

ALGEMENE RESULTATE:-

Die vorming van Primêre afskuifvlakke by 'n Rysterplaatploeg:-

Die resultate wat met die rysterplaatploeg ten opsigte van die vorming van primêre afskuifresultate verkry is, word in figure 1 en 2 van Bylae B aangedui. Die resultate is in dieselfde vyf gronde verkry as wat vir die eerste deel van die studie (met nie-vibrerende skuins lemme) gebruik is. Uit figuur 2 van bylae B blyk dit baie duidelik dat die meeste primêre afskuifvlakke op afstande van tussen twee en drie duim uit mekaar gevorm word. Uit figuur 1 van dieselfde bylae blyk dit ook dat daar nie 'n baie groot variasie tussen die afskuifvlakintervalle van die verskillende gronde voorkom nie. Na aanleiding van bogenoemde resultate is daar vervolgens besluit om die afstande tussen die afskuifvlakke wat met die vibrasieploeg verkry sou word, so te kies dat hulle op drie duim intervale gevorm sou word. Hierdie intervale, wat op 'n frekwensie van vier siklusse per voet voorwaartse beweging neerkom, is gekies om te verseker dat die vibrasieploeg min of meer dieselfde graad van bewerking as 'n gewone rysterplaatploeg sou lewer.

Soos reeds in die vorige hoofstuk gemeld, is dieselfde waarnemings ook met betrekking tot 'n skottelploeg gemaak. Die resultate wat met die skottelploeg teenoor die rysterplaatploeg in 'n sandgrond verkry is, word in figuur 3 van bylae B aange-
toon. Uit die betrokke figuur blyk dit duidelik dat die skottelploeg 'n definitiewe neiging tot fyner verbrokkeling getoon het as die rysterplaatploeg. Aangesien hierdie waarneming slegs interessantheidshalwe uitgevoer is en nie verder gebruik word nie, is die waarnemings nie uitgebrei na die res van die grondtipes nie.

Bepaling van die Grondkonstantes:-

Aangesien die enkellem werktuig hoofsaaklik ontwerp en gebou is om te bepaal of so 'n werktuig wel moontlikhede inhou ten opsigte van energiebesparing bo 'n ge-

wone rysterplaatploeg, en om meer inligting oor die groottes van kragte, draaimomente ensovoorts te bekom voordat die vol-wydte prototipe gebou sou word, is daar besluit om die implement slegs op een grondtipe uit te toets. Daar is vervolgens besluit om 'n grondtipe wat min of meer in die middel van die reeks gronde geleë is, te kies, en aangesien die vyf gronde wat vir die vorige eksperimentele werk gebruik was, nie beskikbaar was vir sodanige toetse nie, moes 'n heeltemal nuwe perseel gekies word. Tabel 2 van bylae B toon die resultate wat met die betrokke grond verkry is. Uit die verskillende onderafdelings van die betrokke tabel blyk dit dat die grond as 'n leemgrond geklassifiseer kan word, en dat die bulkdigtheid by veldkapasiteit (20.5 persent voginhoud) op 123.0 pond per kubieke voet te staan gekom het. Die direkte afskuifresultate word in figuur 6 van dieselfde bylae getoon, waaruit dit blyk dat die kohesiespanning c op 3.40 pond per vierkante duim te staan kom, terwyl die interne wrywingshoek ϕ gegee word deur $\tan^{-1} 0.587$ (d.w.s. $\mu_g = 0.587$). Verder blyk dit ook uit tabel 2 dat die wrywingskoeffisiënt tussen die grond en staal (μ_1) op 0.576 pond per vierkante duim en die snykrag op 0.418 pond per duim, te staan gekom het toe dit op 'n diepte van 9 duim bepaal is.

PRAKTIESE RESULTATE WAT MET DIE ENKELLEM VIBRASIEPLOEG VERKRY IS:-

Die resultate wat met die vibrasie- en rysterplaatploeg verkry is, kan onderverdeel word in resultate ten opsigte van die spesifieke energieverbruik, en die graad van verbrokkeling wat verkry is.

Spesifieke Energieverbruik:-

Die spesifieke energieverbruik van die vibrerende werktuig is teen snelhede van 1, 2 en 3 myl per uur met vibrasie, en teen 3 myl per uur sonder vibrasie bepaal, terwyl die spesifieke energieverbruik van die rysterplaatploeg slegs teen drie myl per uur bepaal is. Die resultate van die spesifieke energieverbruik vir die verskillende gevalle word in tabel 8 aangetoon.

Uit bogenoemde resultate blyk dit dat:-

- Die vibrerende implement slegs 54.2%, 51.6% en 47.8% (teen snelhede van 3, 2 en 1 myl per uur) van die energie vereis het wat 'n konvensionele rysterplaatploeg sou vereis om teen 3 m.p.u. te ploeg.
- Hoewel die besparings ten opsigte van totale spesifieke energie van die vibrasieploeg in vergelyking met die nie-vibrerende geval nie baie groot was nie (12.6%, 15.2% en 21.3% teen 3, 2 en 1 myl per uur respektiewelik) was daar egter heelwat besparings ten opsigte van trekstangtrek verkry, naamlik 20.9%, 22.9% en 27.7% teen 3, 2 en 1 myl per uur respektiewelik.

Tabel 8. A. Spesifieke Energieverbruik van Vibrerende Enkelleemwerktuig in Leemgrond by Veldkapasiteit.

| Spoed (m.p.u.) | Vibrasie | Tipe | Spesifieke Energievereistes | | | | Gemiddeld |
|-------------------|----------|-----------|--------------------------------|-----|------|-----|-----------|
| | | | vt pond/kub. voet | | | | |
| 3 | Geen | Trekstang | 1,044 | 952 | 1018 | 928 | 988 |
| 3 | met | Trekstang | 816 | 726 | 684 | 898 | 781 |
| | | Kragas | 88 | 74 | 84 | 84 | 83 |
| | | Totaal | 904 | 800 | 768 | 982 | 863 |
| 2 | met | Trekstang | 709 | 831 | 746 | 760 | 762 |
| | | Kragas | 69 | 83 | 74 | 78 | 76 |
| | | Totaal | 778 | 914 | 820 | 838 | 838 |
| 1 | met | Trekstang | 819 | 627 | 683 | 722 | 713 |
| | | Kragas | 67 | 61 | 65 | 65 | 65 |
| | | Totaal | 886 | 688 | 748 | 787 | 777 |

B. Spesifieke Energieverbruik van 2 Skaar Rysterplaatploeg (onder dieselfde omstandighede, teen 3 myl per uur).

| Spesifieke Energieverbruik Voet pond per Pond | | | | | | | | Gemiddeld | |
|--------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|-------|
| 1,596 | 1643 | 1486 | 1587 | 1673 | 1664 | 1675 | 1648 | - | 1,622 |

- Wanneer die nie-vibrerende vibrasieploeg se trekstangtrek ondersoek word, blyk dit dat dit slegs 60.9 persent van die trekstangtrek van die rysterplaatploeg onder dieselfde toestande beslaan. (Hierdie waardes word verkry deur die betrokke spesifieke energieverbruik in voet pond per kubieke voet grond wat bewerk word, direk met mekaar te vergelyk omdat albei werktuie al die energie via die trekstang ontvang het).
- Dit blyk ook dat die trekstangtrek van die vibrerende vibrasieploeg by 3, 2 en 1 myl per uur onderskeidelik slegs 48.2, 46.9 en 44 persent van die rysterplaatploeg se trekstangtrek teen drie myl per uur beslaan het. Hierdie waardes is weereens verkry deur die spesifieke energiewaardes wat via die trekstang oorgedra is vir die verskillende gevalle, direk met mekaar te vergelyk. Dit kan gedoen word omdat die spesifieke energieverbruik (in voet pond per kubieke voet), dieselfde is as die trekstangtrek in pond per vierkante voet.
- Dit blyk dat die spesifieke energieverbruik 'n toename met toenemende snelheid toon, maar dat dit baie gering is. In hierdie geval was die toename slegs sowat 11 persent vir 'n drievoudige spoedtoename vanaf 1 tot 3 myl per uur, teenoor die 47 persent wat by 'n verdubbeling in spoed met rysterplaatploeg verkry is. (Vergelyk Boltinski - 1961).
- Die geringe toename wat by verhoogde snelhede ten opsigte van die trekstangtrek verkry is, word toegeskryf aan die botsingseffek van die skag waaraan die lem bevestig is, en die grond waardeur dit tydens die sny-fase moet beweeg. Die geringe spoed-afhanklikheid kan ook toegeskryf word aan die feit dat die lem tydens die sny-fase nie 'n suiwer sny-aksie het nie, en dat die grond dus wel op hierdie stadium aan versnelling onderwerp word.
- Uit praktiese waarneming het dit ook duidelik geblyk dat die vibrerende implement die grond baie fyner verbrokkel het as in die geval waar dieselfde implement sonder vibrasie gebruik is.

Graad van Verbrokkeling wat verkry is:-

Soos reeds in hoofstuk V verduidelik, is die graad van verbrokkeling op twee wyses bestudeer, naamlik deur die kluitgroottes te ontleed en deur gebruik te maak van die relatiewe lugdeurlaatbaarheid van die bewerkte grond. Die eerste metode is in werklikheid die metode wat 'n indikasie gee van die doeltreffendheid waarmee die beskikbare energie aan die grondmassa oorgedra is, en gee dus 'n direkte beeld van die aantal fisiese breuke wat deur die werktuig in die grond veroorsaak is.

Aangesien lugdeurlaatbaarheid egter belangrik is vir goeie vog-opname en plantontwikkeling, is die lugdeurlaatbaarheid ook gemeet om 'n indikatie te verkry van die doeltreffendheid van bewerking ten opsigte van hierdie belangrike aspek.

Tabel 9 en figure 50 en 51 toon die vergelykende kluitgrootteverspreidings wat met die verskillende metodes van bewerking verkry is. Die waardes is uitgedruk as die aantal kluite in 'n sekere klasinterval per pond fyn bewerkte grond, waarvan die kluite en krummels ligter as een ons geweeg het. Uit hierdie resultate blyk dit dat -

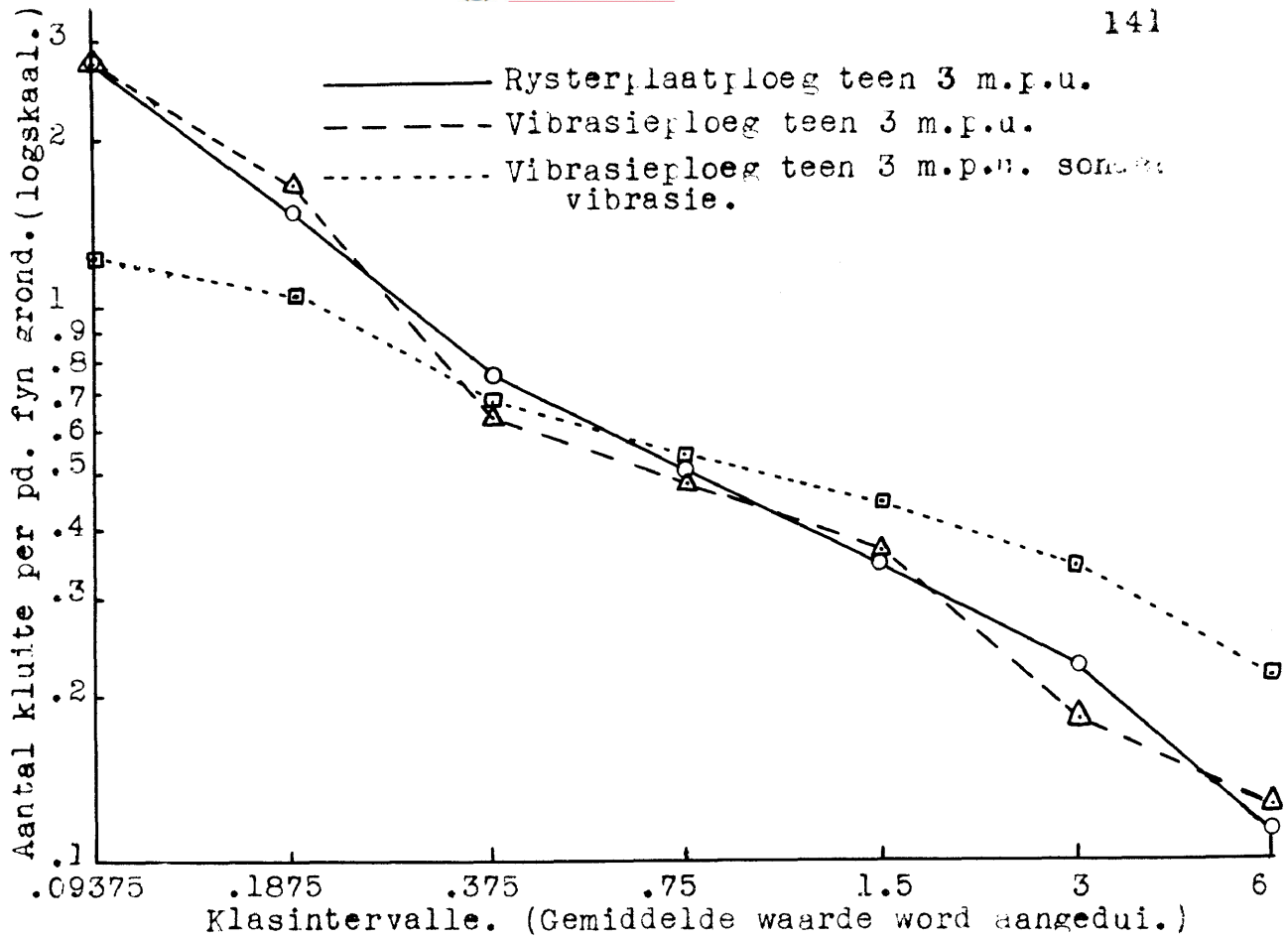
- Die algemene kluite-verspreiding van die rysterplaatploeg en vibrasieploeg, albei teen drie myl per uur geneem, baie goed vergelyk.

Tabel 9. Vergelykende kluitgroottes tussen die vibrasieploeg en die rysterplaatploeg in leemgrond. (Uitgedruk as die aantal kluite in die spesifieke klasinterval per pond fyn grond waarvan die deeltjiegroottes kleiner as 1 ons in gewig is.)

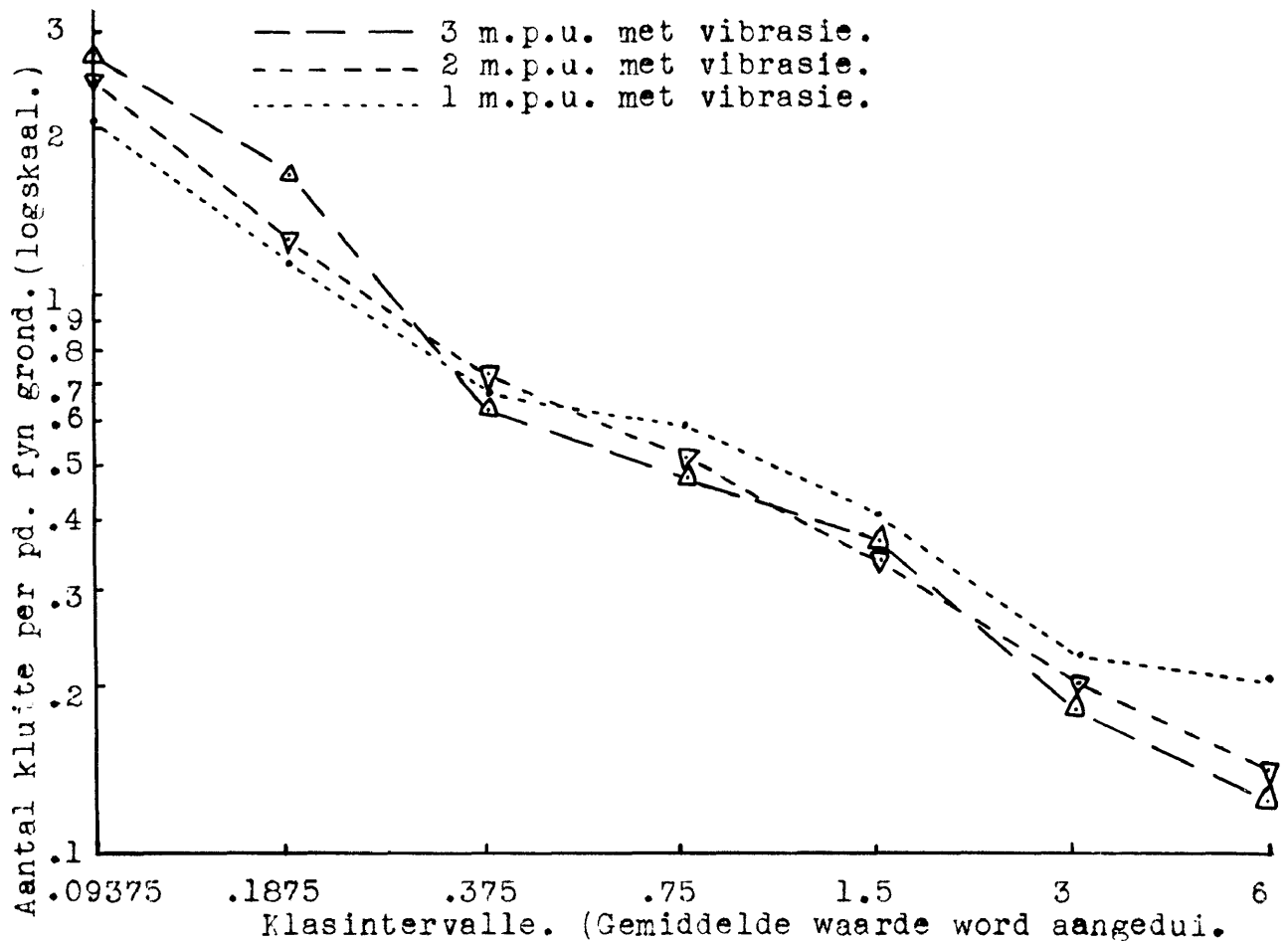
| Kluitgroottes (onse) | Rysterplaatploeg teen 3 m.p.u. | teen | teen | teen | teen |
|----------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 3 m.p.u. | 3 m.p.u. | 2 m.p.u. | 1 m.p.u. |
| 1-2 | 2.740* | 2.702 | 1.214 | 2.496 | 2.104 |
| 2-4 | 1.495 | 1.667 | 1.041 | 1.282 | 1.180 |
| 4-8 | 0.748 | 0.626 | 0.663 | 0.721 | 0.690 |
| 8-16 | 0.503 | 0.478 | 0.517 | 0.505 | 0.587 |
| 1-2 pd. | 0.341 | 0.364 | 0.443 | 0.339 | 0.410 |
| 2-4 pd | 0.222 | 0.181 | 0.344 | 0.212 | 0.228 |
| 4-8 pd | 0.113 | 0.124 | 0.223 | 0.140 | 0.204 |

* Let wel: Elke waarde stel die gemiddeld vir elke stel herhalings met die betrokke werktuig voor, d.w.s. die gemiddeld van agt lesings in die geval van die rysterplaatploeg, en die gemiddeld van vier lesings in die geval van die vibrerende werktuig.

- Daar 'n besliste verskil in die graad van bewerking van die vibrasieploeg met en sonder vibrasies waarneembaar was. In laasgenoemde geval was die verbrokkeling heelwat swakker, soos deur die groter aantal groot kluite aangetoon is. Verder was dit ook op die oog af duidelik dat die grond nie soveel versteur was as waar die implement vibreer het nie, met die gevolg dat dit 'n nadelige invloed op die lugdeurlaatbaarheid moes hê.



Figuur 50. Kluitgrootte-resultate van die rysterplaat- en die vibrasieploeg, met en sonder vibrasie.



Figuur 51. Kluitgrootte-resultate van die vibrasieploeg by verskillende snelhede.

- Dit blyk verder ook dat die graad van bewerking in 'n geringe mate afneem namate die voorwaartse snelheid, en dus die frekwensie van vibrasie, afneem. Die rede hiervoor moet gevind word in die feit dat die laer snelhede minder gunstig was vir die vorming van sekondêre breuke in die grondmassa. Hierdie breuke kom voor as gevolg van onderlinge botsings tussen die gronddele, en tussen die skag en die grond wanneer laasgenoemde daar deur beweeg.

Plate 9 en 10 toon tipiese bewerkte stroke wat met die vibrasieploeg teen 3 myl per uur verkry is, en toon die verbrokkelingseffek en volumetoename van die bewerkte grond baie duidelik.

Tabel 10 toon die verband tussen die lugdeurbaarheid na bewerking met die verskillende implemente, teenoor die oorspronklike lugdeurbaarheid van die grond.

Tabel 10: Relatiewe Lugdeurlaatbaarheid van die Leemgrond na bewerking met die verskillende implemente

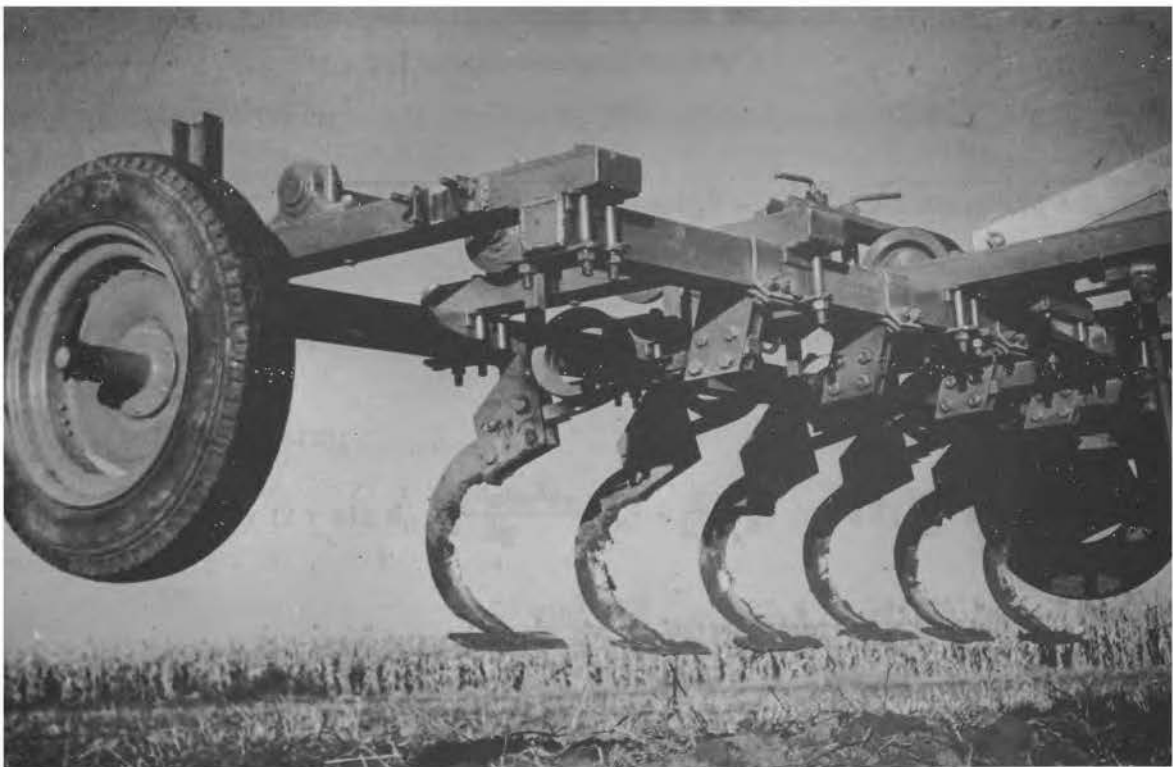
| Tipe Werktuig | Relatiewe Lugdeurlaatbaarheid* | | | | Gemiddeld |
|-------------------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-----------|
| Enkellem, sonder vibrasie, 3 m.p.u. | 1.31 | 1.19 | 1.25 | 1.37 | 1.28 |
| Enkellem, met vibrasie, 3 m.p.u. | 1.88 | 1.78 | 2.66 | 2.35 | 2.17 |
| Enkellem, met vibrasie, 2 m.p.u. | 1.96 | 1.73 | 1.86 | 1.89 | 1.86 |
| Enkellem, met vibrasie, 1 m.p.u. | 1.77 | 1.48 | 1.78 | 1.54 | 1.64 |
| Rysterplaatploeg, 3 m.p.u. (8 lesings) | 1.64 | 2.06 | 2.45 | 2.19 | |
| | 1.81 | 2.13 | 2.56 | 2.34 | 2.15 |

* Let Wel: Elke waarde aangetoon is die gemiddeld van 4 lesings, wat na willekeur op die betrokke perseel geneem is

Hierdie waardes is verkry deur die tye wat nodig was om 'n sekere volume lug teen 'n bepaalde druk deur die onbewerkte persele se gronde te laat beweeg, te deel deur die tye van die bewerkte gronddele. Aangesien die lugdeurlaatbaarheid 'n funksie is van die resiproke waarde van die tyd, het hierdie metode die relatiewe lugdeurlaatbaarheid direk aangegee. Dit blyk dat die lugdeurlaatbaarheid van die grond wat deur die vibrasieploeg teen drie myl per uur bewerk is, baie goed vergelyk het met die lugdeurlaatbaarheid van die grond wat met die ploeg bewerk is. Verder blyk dit ook dat die lugdeurlaatbaarheid van die grond wat teen drie myl per uur met die vibrasieploeg bewerk is, effens beter was as in die gevalle waar die snelhede laer



Plaat 10. Tipiese bewerkingsoppervlakte wat met die vibreerende enkelleemwerktuig verkry is.



Plaat 11. Konstruksie van die prototipe vibrasieploeg.

was. Daar was ook 'n aansienlike verswakking in die lugdeurlaatbaarheid wat met die vibrasieploeg sonder vibrasie verkry is. Hierdie verlaging in lugdeurlaatbaarheid is vermoedelik veroorsaak deur die feit dat die grond minder versteur was, en dus min of meer in dieselfde posisie bly lê het nadat die lem daar verby beweeg het.

BEREKENDE SPESIFIEKE ENERGIE-WAARDES:-

Die spesifieke energievereistes van die vibrerende lem is bereken deur gebruik te maak van vergelyking (O) van die vorige hoofstuk, en deur die grondkonstantes van die leemgrond daarin te vervang. Die waardes wat in die vergelyking vervang is, was die volgende, naamlik:

Bulkgdigtheid (γ) = 123 pond/kub.vt.

$$\delta = \beta = 45^\circ - \frac{\phi}{2} = 29.8^\circ \quad \therefore \tan \delta = 0.573$$

$b = 10$ duim, $d = 9$ duim, $r = \frac{3}{4}$ duim, $L = 2.5$ duim, $c = 490$ pond/vk.vt.
 $\mu_1 = 0.576$

Berekening van die spesifieke energievereistes:-

Indien bogenoemde waardes term vir term in vergelyking (O) vervang word, word die volgende resultate verkry -

Eerste term:

$$\frac{\gamma}{g} \sqrt{1 - 2k \cos \theta_0 + k^2} k v_x^2 = \frac{123}{32.2} \sqrt{1 - 3 \cos 17\frac{1}{2} + 2.25} \times 1.5 v_x^2$$

$$= 69.3 \text{ vt.pd./kub.vt.}$$

teen 3 myl per uur, en 31.0 en 7.7 vt.pd./kub.vt. teen 2 en 1 myl per uur onderskeidelik.

Tweede term:

$$\gamma \left(2r \sin \theta_0 + \frac{k^2 \sin^2 \theta_0}{2g} v_x^2 - \frac{gr^2}{k^2 v_x^2} \right) = 123 \left(\frac{1.5}{12} \sin 17\frac{1}{2} + \right.$$

$$\left. \frac{2.25 \sin^2 17\frac{1}{2}}{64.4} v_x^2 - \frac{32.2 \times .75^2}{2.25 \times 144 v_x^2} \right)$$

$$= 123 \left(.0376 + .00318 v_x^2 - \frac{.0560}{v_x^2} \right)$$

= 11.7, 7.2 en 2.3 vt.pd./kub.vt. teen 3, 2 en 1 myl per uur onderskeidelik.

Derde term:

$$\frac{kc A_2 \sin \theta_0}{\pi Ag \sin^2 \beta} \sqrt{\frac{\pi^2 - 4\pi k \cos \theta_0 + 4k^2}{4 - 8k \cos \theta_0 + 4k^2}} = \frac{1.5 \times 490 A_2 \sin 17\frac{1}{2}}{\pi Ag \sin^2 29.8^\circ} \sqrt{\frac{0.9}{1.6}}$$

waar $Ag = bd + d^2 \tan \delta = 0.948 \text{ vk.vt.}$, en

$$A_1 = bd_1 + d_1^2 \tan \delta = 0.915 \text{ vk.vt. (} d_1 = 8.77 \text{ dm)}$$

$$A_2 = bd_2 + d_2^2 \tan \delta = 0.978 \text{ vk.vt. (} d_2 = 9.33 \text{ dm)}$$

die derde term word dus nou

$$\frac{1.5 \times 490 \times .978 \sin 17\frac{1}{2}}{\pi \times .948 \sin^2 29.8} \times 0.75 = 221 \text{ vt.pd./kub.vt.}$$

vir alle snelhede.

Vierde term:

$$\frac{b f s}{2 \pi Ag} \sqrt{\pi^2 + 4 \pi k \cos \theta_0 + 4 k^2} = \frac{10 f s}{2 \pi \times .948} \sqrt{.982 + 17.9 + 9}$$

= 42.7 vt.pd./kub.vt. vir alle snelhede.

Vyfde term:

$$\frac{\mu_1 \gamma \omega L^2 \cos \alpha}{2 \pi Ag v_x} \left[A_1 + \frac{L \sin \alpha}{2 d_1} \left(A_1 - \frac{bd_1}{2} \right) + \frac{L^2 \sin^2 \alpha \tan \alpha}{12} \right]$$

$$= \frac{\mu_1 \gamma k L^2 \cos \alpha}{2 \pi Ag r} \left[A_1 + \frac{L \sin \alpha}{2 d_1} \left(A_1 - \frac{bd_1}{2} \right) \right] \quad \text{--- die laaste term was 'n 5e orde kleinheid, en dus weglaatbaar}$$

$$= \frac{0.576 \times 123 \times 1.5 \times .0435 \cos 13\frac{1}{2}}{2 \times .948 \times .0625} \left[.915 + \frac{.208 \sin 13\frac{1}{2}}{1.46} (.915 - .305) \right]$$

= 11.3 vt.pd./kub.vt. vir alle snelhede.

Die totale spesifieke energie word verkry deur die waardes van die vyf terme saam te voeg, en is onderskeidelik 285.0, 312.9 en 356.0 vt.pd./kub.vt. teen snelhede van 1, 2 en 3 myl per uur.

Vergelyking tussen teoretiese en praktiese waardes:-

Soos verwag kon word, was die teoretiese waardes in hierdie geval laer as die praktiese waardes. Die hoër praktiese waardes wat verkry is, moet toegeskryf word aan die volgende faktore, naamlik:

- Die teoretiese waardes is slegs bereken vir die skuins lem, en maak nie voorsiening vir die vertikale skag waaraan die lem bevestig is nie. In die geval van grondtipe CI ('n Sanderige Kleileem) waarvan die kohesiekragte ensovoorts redelik goed ooreengestem het met die leemgrond (FI) se waardes, is daar egter gevind dat die skag alleen (sonder

vibrasie) ongeveer 570 pond trekkrag vereis het. Dit stem ooreen met ongeveer 520 voet/pond per kub. voet spesifieke energie indien die dwarssnit-area van die vibrerende lem se bewerkte strook in berekening gebring word. Met vibrasie, en as gevolg van die feit dat die skag geboë maar breër was, kon verwag word dat die energievereistes hier min of meer met die bostaande berekende waarde sou ooreenstem, maar vermoedelik selfs effens laer sou wees.

- Hoewel daar by die afleiding van die teorie aangeneem is dat geen wrywing tussen die grondlae wat oor mekaar skuif, sou voorkom nie, kan daar tog verwag word dat 'n geringe mate van wrywing wel sal voorkom, met die gevolg dat die spesifieke energie daardeur effens verhoog kan word.
- Tydens versnelling kan daar ook verwag word dat daar 'n geringe mate van wrywing tussen die lem en die grond sal voorkom, en ook in hierdie geval sal die spesifieke energievereistes dus effens verhoog word bo die teoretiese waarde.

Indien die waarde van 520 voet pond per kubieke voet, soos in die eerste geval hierbo verkry, by die berekende waardes getel word, word waardes van 805, 833 en 876 voet pond per kubieke voet teen 1, 2 en 3 myl per uur verkry, wat baie goed met die praktiese waardes van 777, 838 en 863 van tabel 8 vergelyk.

Die resultate wat dus tydens hierdie steekproef met 'n enkellem-vibrerende werktuig verkry is, was so suksesvol dat daar besluit is om voort te gaan om 'n vol wydte prototipe te bou wat op dieselfde beginsels gebaseer sou wees, maar wat weens praktiese oorwegings geringe konstruksie-wysigings sou moes ondergaan.

Die resultate kan in kort as volg saamgevat word, naamlik:

- Meer as 50 persent besparing in energie in die guns van die vibrasieploeg is verkry teenoor die rysterplaatploeg.
- Min of meer dieselfde kluitgrootte-verspreidings is verkry as met 'n gewone rysterplaatploeg.
- Die lugdeurlaatbaarheid na bewerking het nie veel verskil nie.
- Die teoretiese en praktiese waardes van spesifieke energievereistes het baie goed vergelyk.

VII. ONTWERP, KONSTRUKSIE EN TOETS VAN 'N VOL-WYDTE PROTO-TIPE VIBRASIEPLOEG

Nadat die enkellem vibrasieploeg volledig uitgetoets is, is daar besluit om 'n volledige vibrerende werktuig met 'n hele reeks lemme en 'n redelike wye werkwydte te bou en in die praktyk met 'n gewone rysterplaatploeg te vergelyk ten opsigte van die volgende drie aspekte, naamlik:-

- (i) Trekstangtrekkragvereistes
- (ii) Spesifieke energieverbruik
- (iii) Graad van bewerking.

Aangesien die implement as geheel ontwerp is om teen drie myl per uur te werk, is besluit om bogenoemde toetse vir beide die rysterplaatploeg en die vibrerende werktuig teen genoemde snelheid uit te voer.

Ontledings van grafieke wat deur Eggenmüller (1958, 1959) opgestel is ten opsigte van die variasie van die spesifieke energievereistes teenoor diepte van bewerking, het getoon dat, indien die krommes verleng word na 'n bewerkingsdiepte van 0 duim, daar nog 'n aansienlike hoeveelheid energie vereis word om die vibrasie te bewerkstellig. Hierdie resultate kan toegeskryf word aan die feit dat die vibrerende gedeelte redelik swaar en groot was om voorsiening te maak vir die nodige verstellings van hoeke, amplitudes, ensovoorts. Daar is gevolglik besluit om self 'n teoretiese ontleding van so 'n vibrerende lem te maak ten einde te bepaal hoe die energievereistes van so 'n sisteem verlaag kon word sonder om die meganisme onnodig gekompliseerd te maak. Aangesien die enkellem vibrasieploeg redelik lig van konstruksie was, en ook nie groot massas grond op 'n keer bewerk het nie, was die teorie nie in daardie stadium toegepas nie omdat die massas betrokke nie abnormaal hoog was nie. Die teorie word egter hieronder behandel, en is by die ontwerp van die prototipe vibrasieploeg toegepas om nog verdere energiebesparings moontlik te maak.

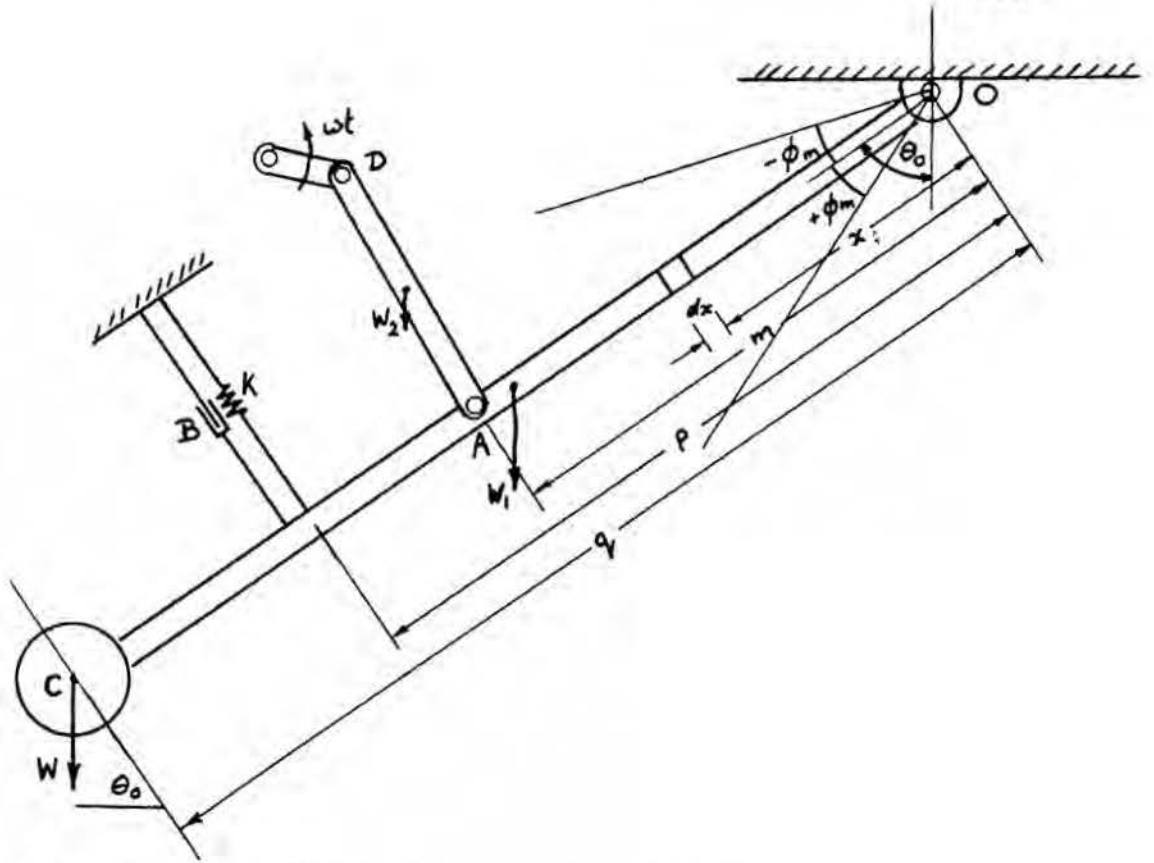
TEORETIESE ONTLEDING VAN 'N VIBRERENDE LEM:

By hierdie ontleding word die lem alleen beskou, en in sy eenvoudigste vorm kan dit voorgestel word soos in figuur 52.

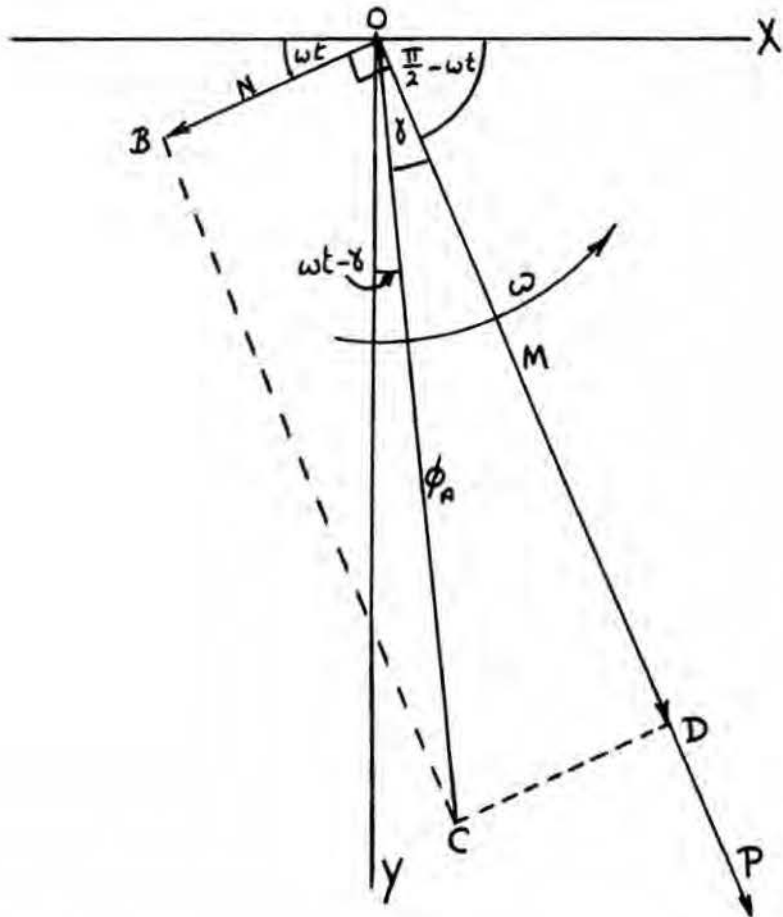
Die volgende aannames word vir eenvoudiging van die berekeninge gemaak, naamlik -

Aannames:-

- (i) Die veer en demper (k en B) is gewigloos. (Hoewel dit in die praktyk nie die geval is nie, kan dit wel as sulks beskou word indien die ekwivalente gewig daarvan by die gewig W ingereken sou word.)



Figuur 52. Skematiese voorstelling van die vibrerende lem.



Figuur 53. Vektoriese voorstelling van "M" en "N".

(ii) Die veer, demper en arm AB werk altyd loodreg op die implement-arm OC. (Hierdie aanname is ook nie volkome waar nie, maar aangesien die lem van die implement deur 'n baie klein hoekie beweeg, kan aangeneem word dat k en b min of meer loodreg op die lem sal bly indien hulle in die rusposisie as sulks voorkom.

(iii) Die demping is 'n funksie van spoed.

Die simbole wat gebruik word stem ooreen met dié wat in die vorige werk gebruik is, behalwe vir 'n paar toevoegings wat in die beskrywings bespreek word.

Berekening van die hoekverplasing:-

Beskou eers die arm OC wanneer dit deur 'n hoek ϕ uit die ewewigsposisie beweeg, en neem momente om O. Volgens die Newton-metode (Church - 1963) geld dan:

$$\frac{W}{g} q^2 \ddot{\phi} + \frac{W_1}{qg} \int_0^q x^2 \ddot{\phi} ds + \frac{W_2}{g} m^2 \ddot{\phi} + Bp^2 \dot{\phi} + kp^2 \phi = mF \sin \omega t$$

$$\therefore \frac{1}{g} \left(W + \frac{W_1}{3} + \frac{W_2 m^2}{q^2} \right) q^2 \ddot{\phi} + Bp^2 \dot{\phi} + kp^2 \phi = mF \sin \omega t$$

$$\text{of } \frac{W_E}{g} q^2 \ddot{\phi} + Bp^2 \dot{\phi} + kp^2 \phi = mF \sin \omega t. \quad (a)$$

Waar W_E nou die effektiewe gewig voorstel wat by posisie C op 'n gewiglose arm OC geplaas moet word om dieselfde beweging daar te stel as in die geval onder beskouing.

Uit vergelyking (a) volg nou

$$\ddot{\phi} + 2\beta \dot{\phi} + \omega_n^2 \phi = \frac{mFg}{W_E q^2} \sin \omega t \quad (b)$$

$$\text{Waar } 2\beta = \frac{Bp^2 g}{W_E q^2} \quad (i), \text{ en}$$

$$\omega_n^2 = \frac{kp^2 g}{W_E q^2} \quad (ii)$$

β stel die dempingsfaktor, en ω_n die ongedempte natuurlike frekwensie voor.

Vergelyking (b) is 'n nie-homogene, lineêre, tweede orde differensiaal vergelyking, waarvan die oplossing uit 'n komplementêre funksie (K.F.) en 'n partikuliere integraal (P.I.) bestaan.

Die standaardmetode van oplossing lewer die volgende K.F., naamlik:-

$$\text{K.F.: } \phi = e^{-\beta t} (C_1 \cos \sqrt{\omega_n^2 - \beta^2} t + C_2 \sin \sqrt{\omega_n^2 - \beta^2} t) \quad (\text{c})$$

C_1 en C_2 is konstantes wat bepaal kan word deur die nodige grensvoorwaardes in (c) te vervang.

Die P.I. sal weer die volgende vorm aanneem, naamlik:-

$$\text{P.I.: } \phi_1 = M \sin \omega t + N \cos \omega t \quad (\text{d})$$

Waar M en N ook konstantes is wat deur vervanging van grensvoorwaardes bepaal kan word.

Deur die P.I. in vergelyking (b) te vervang, word gevind dat -

$$- N \omega^2 + 2\beta M \omega + N \omega_n^2 = 0, \text{ en}$$

$$- M \omega^2 - 2\beta N \omega + M \omega_n^2 = \frac{m F g}{W_E q^2}$$

Hieruit volg dat

$$M = \frac{m F g}{W_E q^2} \cdot \frac{\omega_n^2 - \omega^2}{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2} \quad (\text{e})$$

$$N = -\frac{m F g}{W_E q^2} \cdot \frac{2\beta \omega}{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2} \quad (\text{f})$$

Hierdie twee waardes moet in die P.I. vervang word vir die oplossing daarvan, en die volledige oplossing van die differensiaalvergelyking word dan gegee deur die som van die P.I. en die K.F., naamlik:-

$$\phi = e^{-\beta t} (C_1 \cos \sqrt{\omega_n^2 - \beta^2} t + C_2 \sin \sqrt{\omega_n^2 - \beta^2} t) + M \sin \omega t + N \cos \omega t \quad (\text{g})$$

Die eerste twee terme, naamlik die K.F., stel die ongeforsende natuurlike vibrasie van die lem voor, terwyl die laaste twee terme, of die P.I., wat dieselfde frekwensie as die aangewende krag het, die geforsende vibrasie voorstel.

Aangesien die oorgangstadium waarin die eerste twee terme van belang is, slegs aan die begin van vibrasie aangetref word en gou uitgedemp word, word die aandag verder slegs by die laaste twee terme bepaal.

Die uitdrukking vir die geforsende vibrasie kan vereenvoudig word deur gebruik te maak van 'n vektoriese voorstelling van M en N soos in figuur 53 aangedui.

Die roterende vektore \overline{OB} en \overline{OD} stel die groothede N en M onderskeidelik voor, en roteer teen 'n hoeksnelheid ω in 'n antiklokwaartse rigting. Aangesien $M \sin \omega t$ en $F \sin \omega t$ in fase is, word F ook op die diagram aangedui. Die twee terme vir die geforsende vibrasie in vergelyking (g) word direk gegee deur die projeksie van \overline{OD} en \overline{OB} op die X-as. Die algebraïese som van die twee vektore word gegee deur die projeksie van die resulterende vektor \overline{OC} op die X-as.

Die grootte van OC, wat deur ϕ_A voorgestel word, word gegee deur -

$$\begin{aligned} \phi_A &= \sqrt{M^2 + N^2} \\ &= \frac{m F g}{W_E q^2} \times \frac{1}{\sqrt{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4 \beta^2 \omega^2}} \end{aligned}$$

maar $\omega_n^2 = \frac{k p^2 g}{W_E q^2}$

$$\therefore \phi_A = \frac{m F}{k p^2} \times \sqrt{\frac{1}{(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2})^2 + \frac{4 \beta^2 \omega^2}{\omega_n^4}}}$$

Die hoek γ tussen die vektore \overline{OC} en \overline{OD} word gegee deur

$$\tan \gamma = \frac{-N}{M} = \frac{2 \beta \omega}{\omega_n^2 - \omega^2} \tag{h}$$

Die projeksie van \overline{OC} op die X-as gee nou die uitdrukking vir die geforseerde beweging, dit wil sê

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \phi_A \sin(\omega t - \gamma) \\ &= \frac{m F \sin(\omega t - \gamma)}{k p^2 \sqrt{(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2})^2 + \frac{4 \beta^2 \omega^2}{\omega_n^4}}} \end{aligned} \tag{i}$$

Hieruit volg dat

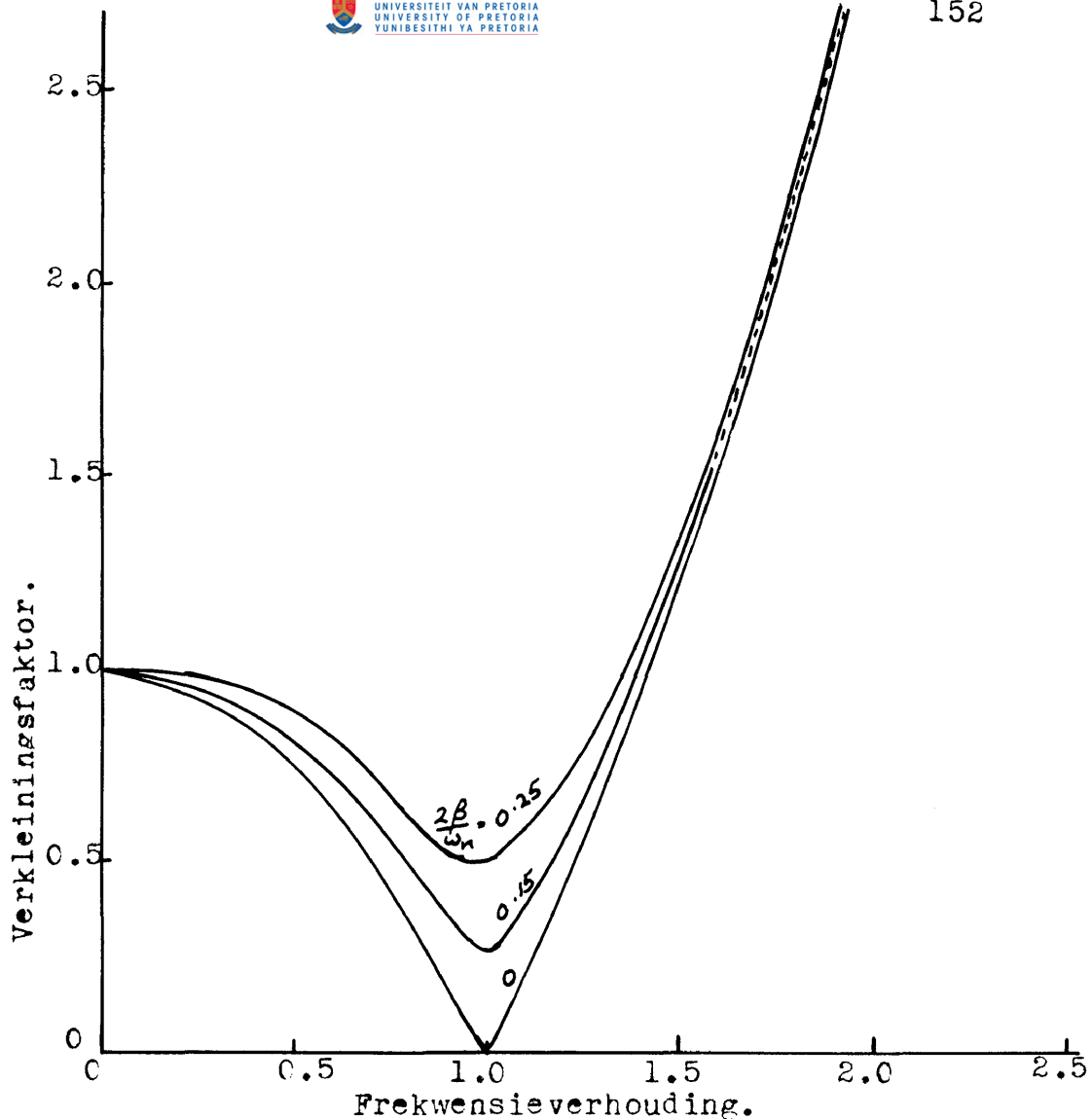
$$\begin{aligned} F &= \frac{\phi_1 k p^2}{m \sin(\omega t - \gamma)} \sqrt{(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2})^2 + \frac{4 \beta^2 \omega^2}{\omega_n^4}} \\ \text{d.w.s. } F &= \frac{F_{st}}{\sin(\omega t - \gamma)} \sqrt{(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2})^2 + \frac{4 \beta^2 \omega^2}{\omega_n^4}} \end{aligned} \tag{j}$$

waar F_{st} die statiese krag voorstel wat benodig word om die uitwyking ϕ_1 te bewerkstellig indien die krag by die punt A aangewend sou word, soos in figuur 52 voorgestel.

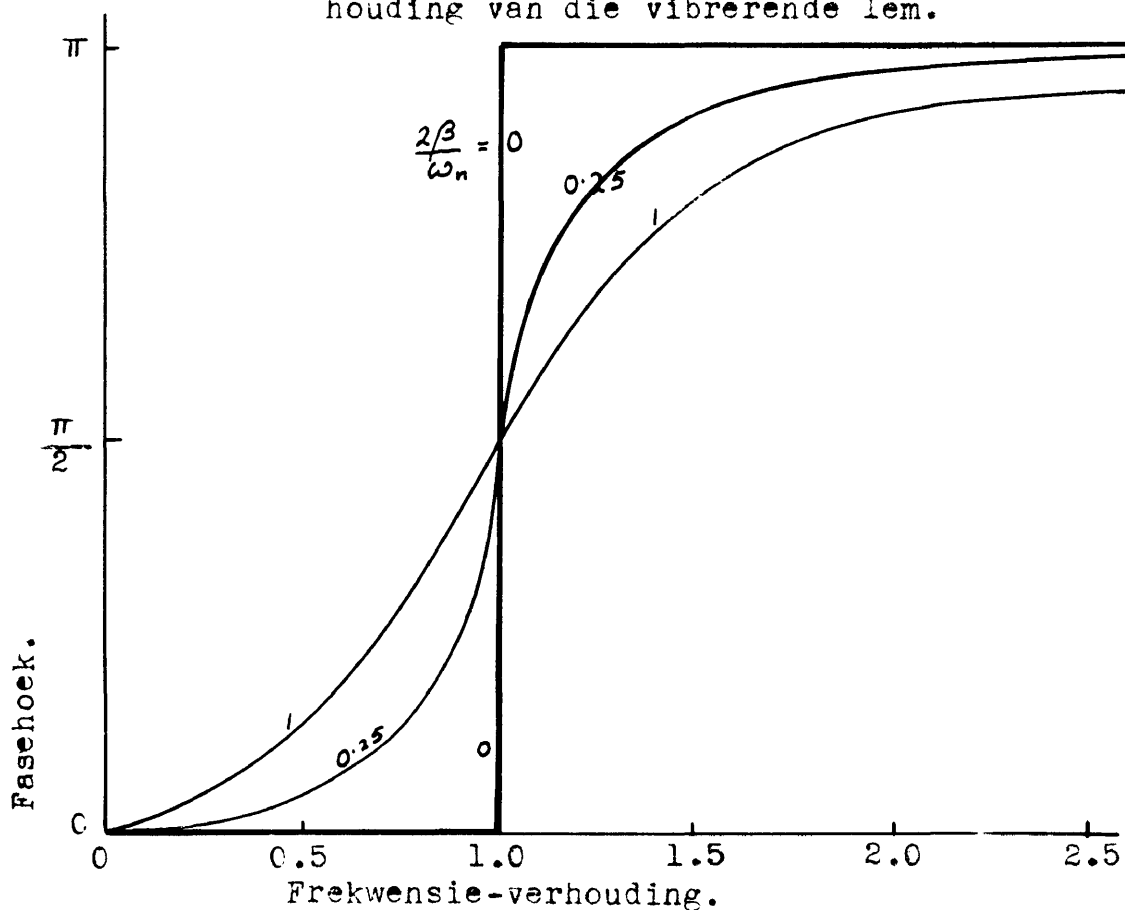
Figuur 54 stel die waarde van die verkleiningsfaktor, naamlik

$$\sqrt{(1 - \omega^2/\omega_n^2)^2 + 4 \beta^2 \omega^2/\omega_n^4}$$

vir verskillende frekwensieverhoudings, naamlik ω/ω_n , voor, en dit is dus duidelik dat die frekwensie van vibrasie so na as moontlik aan die natuurlike frekwensie (ω_n) moet wees vir minimum waardes van die aangewende krag F. Dit blyk ook verder dat 'n groot vibrasiefrekwensie, wat heelwat groter as die natuurlike frekwensie is, 'n baie nadelige invloed op die grootte van die krag F sal hê, en dat die waarde van die dempingsfaktor β in so 'n geval nie veel invloed op die waarde van F sal hê nie.



Figuur 54. Verband tussen verkleiningsfaktor en frekwensieverhouding van die vibrerende lem.



Figuur 55. Verband tussen fasehoek en frekwensieverhouding.

Invloed van die fasehoek γ op F en ϕ_A :

Aangesien die fasehoek gegee word deur $\gamma = \tan^{-1} \left[\frac{2\beta\omega}{\omega_n^2 - \omega^2} \right]$ volg direk dat, vir die waardes van $\omega < \omega_n$, γ tussen 0 en $\pi/2$ sal lê, terwyl, vir waardes van $\omega > \omega_n$, γ weer tussen $\pi/2$ en π sal lê. Indien $\omega = \omega_n$, sal $\tan \gamma$ neig na oneindigheid, en sal γ dus 'n waarde van $\pi/2$ hê.

Figuur 55 stel die waardes van γ teenoor die frekwensieverhouding ω/ω_n voor, en dit blyk dus dat die verplasing en die aangewende krag presies 90 grade uit fase sal wees wanneer die natuurlike frekwensie met die vibrasie-frekwensie ooreenstem.

Die werk verrig per siklus:

Uit vergelyking (i) volg dat die hoeksnelheid van die verplasing gegee word deur

$$\dot{\phi}_1 = \phi_A \omega \cos(\omega t - \gamma)$$

Aangesien die aangewende krag gegee word deur $F \sin \omega t$, word die werk wat deur die vibrasie verrig word, gegee deur,

$$dW_v = F \sin \omega t \times m \phi_A \omega \cos(\omega t - \gamma) dt$$

$$W_v = m \omega \phi_A F \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \left[\sin(2\omega t - \gamma) + \sin \gamma \right] dt$$

$$= \pi m \phi_A F \sin \gamma \quad (k)$$

Uit figuur 53 blyk dit dat $\phi_A \sin \gamma$ gelyk is aan die absolute waarde van N , sodat vergelyking (f) in (k) vervang kan word om die volgende te gee, naamlik -

$$W_v = \frac{\pi F^2 m^2 g}{q^2 W_E} \cdot \frac{2\beta\omega}{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2} \quad (l)$$

Die maksimum waarde van die beskikbare werk word dus van die sisteem verkry wanneer $\omega_n = \omega$ dit wil sê by die resonansie-frekwensie.

Hierdie werk moet gelyk wees aan die energie wat per siklus deur die dempweerstand β geabsorbeer word. Die grootte van die dempkrag is

$$B_p \dot{\phi}_1 = B_p \phi_A \omega \cos(\omega t - \gamma)$$

Die werk wat dus per siklus geabsorbeer word, word gegee deur die integraal van die produk van die dempkrag en die snelheid vir 'n tydjie dt , dit wil sê

$$\begin{aligned}
 W_V &= \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} B p \phi_A \omega \cos(\omega t - \gamma) p \dot{\phi} dt \\
 &= B p^2 \phi_A^2 \omega^2 \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \cos^2(\omega t - \gamma) dt \\
 &= B p^2 \phi_A^2 \omega^2 \left[\frac{t}{2} + \frac{\sin 2(\omega t - \gamma)}{4\omega} \right]_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \\
 &= \pi B p^2 \phi_A^2 \omega
 \end{aligned} \tag{m}$$

Hieruit blyk dit dus dat die energie wat per siklus verbruik word, toeneem met die vierkant van die amplitude.

Die energieverbruik per eenheidsvolume bewerkte grond sal egter gegee word deur

$$\begin{aligned}
 \frac{W_V}{V} &= \frac{\pi B p^2 \phi_A^2 \omega^2}{2 \pi A g v_X} \\
 &= \frac{B p^2 \phi_A^2 \omega^2}{2 A g v_X}
 \end{aligned} \tag{n}$$

Gevolgtrekkings:

Die volgende belangrike gevolgtrekkings kan uit bostaande teorie gemaak word, naamlik:

- (i) Uit vergelyking (1) blyk dit dat die maksimum waarde van die beskikbare werk verkry word wanneer die sisteem by sy natuurlike frekwensie vibreer. Aangesien die natuurlike frekwensie volgens vergelyking (ii) gegee word deur

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k p^2 q}{W_E q^2}}$$

kan dit na willekeur verander word deur die waarde k, dit wil sê die veerkonstante, en/of die afstande p en q te laat varieer.

- (ii) 'n Verdere rede waarom daar teen die resonansie-frekwensie gewerk moet word, word verkry uit vergelyking (j) en figuur 54 waaruit blyk dat die aangewende krag ook hier 'n minimum is.
- (iii) Uit vergelyking (n) blyk dit dat die energieverbruik per eenheidsvolume bewerkte grond, net soos in die geval van die teorie van grondbewerking met vibrasie, 'n funksie is van die kwadraat van die frekwensie en amplitude, en die resiproke waarde van die snelheid.

Minimum energievereistes gaan dus weereens gepaard met die volgende, naamlik -

- . lae frekwensies van vibrasie,
- . klein amplitudes, en
- . hoë voorwaartse snelhede.

ONTWERP VAN DIE PROTOTIPE VIBRASIEPLOEG:

Beskrywing:

As gevolg van die gunstige resultate wat met die enkellem-werktuig behaal is, is daar besluit om 'n vol-wydte prototipe te bou wat aan die volgende vereistes moes voldoen, naamlik -

- Die vorm en aksie van die lemme moes ooreenstem met dié van die enkellem-werktuig, maar die skarnierpunt van die enkellem sou vervang word deur 'n stywe spiraalveer ten einde slytende onderdele uit te skakel, en die natuurlike frekwensies van die lemme min of meer ooreen te laat stem met die vibrasie-frekwensie.
- Die aandrywing moes sodanig gekies word dat die lemme so ver moontlik uit fase sou werk ten einde piek-draaimomente op die aandryf-as so laag moontlik te hou.
- Die lemme en hulle aandrywing moes verstelbaar wees ten opsigte van die spasiëring sodat die werktuig maklik verander sou kon word vir skoffel- of ander tipes werk, soos deur onder andere minimum-bewerkingsmetodes vereis word.
- Die implement moet so gebou word dat dit sonder veel moeite omgeskakel kan word sodat die lemme op verskillende dieptes kan werk. Hierdie vereistes is veral van nut in die geval van minimum-bewerking, waar daar moontlik net in die planterbane diep bewerk moet word, terwyl die res van die lemme slegs 'n vlak skoffel-aksie uitvoer.
- Voorsiening moes gemaak word vir abnormale skokvragte soos wanneer versteekte klippe of ander obstruksies getref word.
- Hoewel die werklike implement op die driepuntstelsel van die trekker gemonteer kon word en dus nie dieptewiele sou vereis nie, is besluit om die prototipe van twee dieptewiele te voorsien ten einde die meting van die horisontale trekkrag op die onderste arms van die driepuntstelsel moontlik te maak. In hierdie geval sou die boonste arm van die driepuntstelsel weereens losgemaak moes word om te verhoed dat enige oordraging van kragte daarlangs sou plaasvind. Die implement sou ook horisontaal ingestel moes word deur van die dieptebeheerstelsel van die trekker gebruik te maak.

- Die aandrywing vanaf die kragas van die trekker moes sodanig geskied dat daar 'n mate van skok-absorpsie kon plaasvind, terwyl daar terselfdertyd voorsiening gemaak moes word vir moontlike oorvragtoestande soos wanneer klippe en ander obstruksies getref word. Daar is gevolglik besluit om weereens van 'n V-band aandrywing gebruik te maak ten einde aan beide bogenoemde vereistes te voldoen.

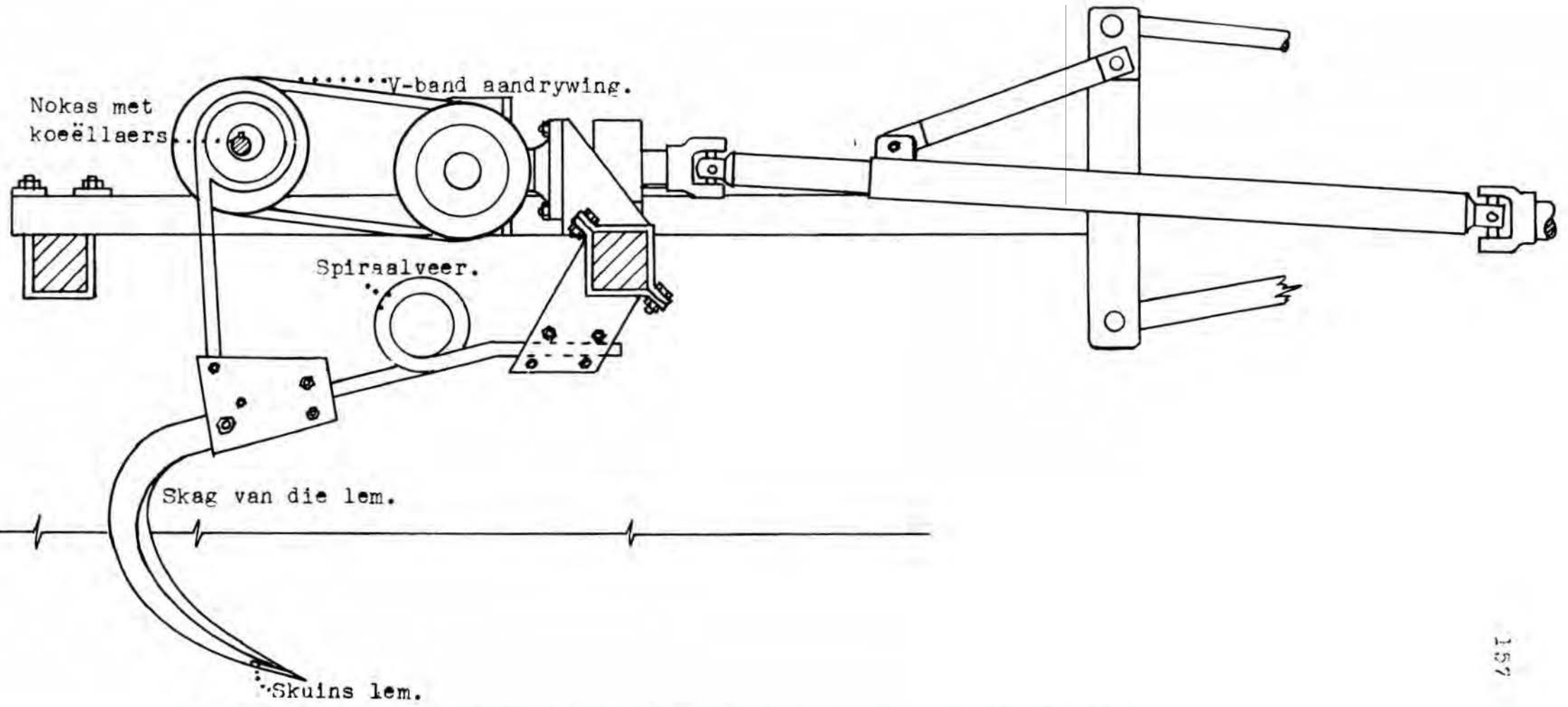
Konstruksie van die Prototipe:

Die konstruksie van die prototipe vibrerende werktuig word in figuur 56 aangedui, en bestaan uit 'n stewige staalraamwerk wat aan die driepuntstelsel van die trekker gekoppel kan word, en wat met die nodige lemme en aandrywing toegerus is.

Die aandrywing geskied vanaf die standaard (540 o.p.m.) kragas van die trekker via die nodige kruiskoppings na 'n ratkas wat die spoed verhoog na 1,000 o.p.m. Van hieraf word die aandrywing via vier klas B V-bande aan 'n lang dwars-as oorgedra. Die as is oor sy volle lengte, en 180 grade uit mekaar, van twee $\frac{1}{4}$ duim groewe voorsien. Die rotasie van die as word deur middel van ses verskuifbare en vervangbare nok-assies waarvan die hoogste punte 60 grade uit fase geleë is (of 90 grade indien slegs vier lemme gebruik word), in 'n ossillerende beweging omgesit. Die dwars-as roteer in 'n reeks rollaers wat in verseelde laerhulse gemonteer is, terwyl die nok-assies van verseelde koeëllaers voorsien is ten einde wrywing en slytasie tot 'n minimum te beperk. Die nok-assies is verder van $\frac{1}{4}$ duim speie, wat met behulp van greepskroewe op die as vasgetrek is, voorsien ten einde verskuiwing en vervanging te vergemaklik.

Die lemme met hulle skagte is basies dieselfde as dié van die enkellemwerktuig, behalwe vir die feit dat dit van afskuifboutjies voorsien is om beskadiging as gevolg van skokke te voorkom, terwyl die skarnierpunte uitgeskakel is deur van veerstaal gebruik te maak. Die spasiëring van die lemme is op 16 duim ingestel om maksimum werkwydte per lem te kombineer met minimum-onbewerkte grondsegmentjies tussen die lemme.

Die eenheid is in staat om 'n volle wydte van 96 duim te bewerk met ses lemme (of 64 duim indien dit met vier lemme toegerus word), en voorsiening vir diepteverstelling is gemaak deur die aanbring van twee verstelbare wiele aan die sykante (Plaat No. 11, bladsy 143).



Figuur 56. Vertikale snit deur die prototipe vibrerende vibrasieploeg.

PRAKTIESE BEPALING VAN DIE ENERGIEVEREISTES EN BEWERKINGS-EIENSKAPPE VAN DIE PROTOTIPE VIBRASIEPLOEG

Weens die feit dat die vol-wydtte prototipe vibrasieploeg slegs 'n uitbreiding op die enkellem-werktuig was, was dit nie nodig om enige verdere proewe ten opsigte van die basiese eienskappe uit te voer nie. Daar is vervolgens besluit om slegs 'n direkte vergelyking tussen die vibrasieploeg en 'n konvensionele rysterplaatploeg by veldkapasiteit te maak. Aangesien die enkellem-werktuig egter net in 'n leemgrond uitgetoets was, en die persele wat vir die eerste reeks proewe met nie-vibrerende, skuins lemme gebruik was, intussen weer beskikbaar geword het, is daar besluit om die vergelykende proewe op genoemde vyf gronde uit te voer. Daar is ook besluit om 'n vergelykende proef tussen dié twee werktuie onder droë toestande uit te voer om te sien hoe die energievereistes dan sal vergelyk.

Prosedure wat gevolg is:

Die vibrasie- en rysterplaatploeg is met mekaar vergelyk deur albei teen die ontwerpspoed van 3 myl per uur te laat werk, en die energievereistes op dieselfde wyse as by die enkellem vibrasieploeg te bepaal. Die vibrasieploeg en die rysterplaatploeg is elke keer net langs mekaar oor afstande van 30 voet gebruik, maar in die geval van die rysterplaatploeg is daar eers 'n voor oopgeploeg voordat die lesings geneem is. Hierdie voor was nodig om te verseker dat tipiese landtoestande nageboots is. Twaalf herhalings van die vibrasieploeg langs die rysterplaatploeg is op 'n ewekansige wyse in elke grondtipe uitgevoer sodat 'n goeie beeld verkry kon word van die energievereistes van elk van die werktuie. Aangesien die ontleding van die kluite relatief stadig geskied het, is daar slegs ses herhalings van kluit-groottes vir elke grondtipe en elke werktuig uitgevoer. Hierdie ontledings is by elke tweede herhaling gedoen.

Die lugdeurlaatbaarheid van die gronde is ook weereens bepaal, en aangesien dit relatief gou en maklik gedoen kon word, is daar twee lesings per herhaling (dit wil sê 24 lesings per grondtipe vir elke werktuig) geneem.

Beskrywing van die apparaat wat gebruik is:

Die apparaat wat gebruik is vir die bepaling van die trekkrag- en energievereistes, asook die kluit-grootte-ontleding en die lugdeurlaatbaarheid, het in hoofsaak ooreengestem met die apparaat wat by die enkellem vibrasieploeg gebruik is, maar klein veranderinge was nogtans nodig om dit by die prototipe vibrasieploeg te laat aanpas.

Meting van horisontale trekkragte:-

Die trekstangtrekkragvereistes van die ploeg is weereens met behulp van 'n gewone registrerende dinamometer bepaal, terwyl die trekkragvereistes van die vibrerende werktuig deur middel van trekselle wat met rekstrokies toege-
rus was, aan die onderste arms van die driepuntstelsel bepaal is. Die boonste arm is weereens ontkoppel om die oordrag van kragte uit te skakel, en twee wiele, waarmee die diepte van die implement verstel kon word, is aangebring. Hierdie wiele is egter nie 'n vereiste indien die implemente ten volle op die driepuntstelsel gemonteer word nie.

Aangesien dieselfde trekselle wat vir die enkellem-vibrasieploeg gebruik is, ook in hierdie geval gebruik is, was geen verdere kalibrasie nodig nie.

Meting van die oorgedraagde draaimoment:-

Die draaimoment is bepaal deur 'n kort tussen-as tussen die kragas van die trekker, en die kruiskoppeling-tipe aandryf-as na die implement, aan te bring. Hierdie as is van rekstrokies voorsien sodat die draaimoment weereens direk op die fotosensitiewe papier geregistreer kon word. Dieselfde glipringe, borsels en filter wat by die enkellem-werktuig gebruik is, is ook in hierdie geval gebruik. Aangesien die as waarop die rekstrokies geplak is, egter nie meer dieselfde een was nie, was her-kalibrasie nodig. (Sien figuur 7, Bylae B.)

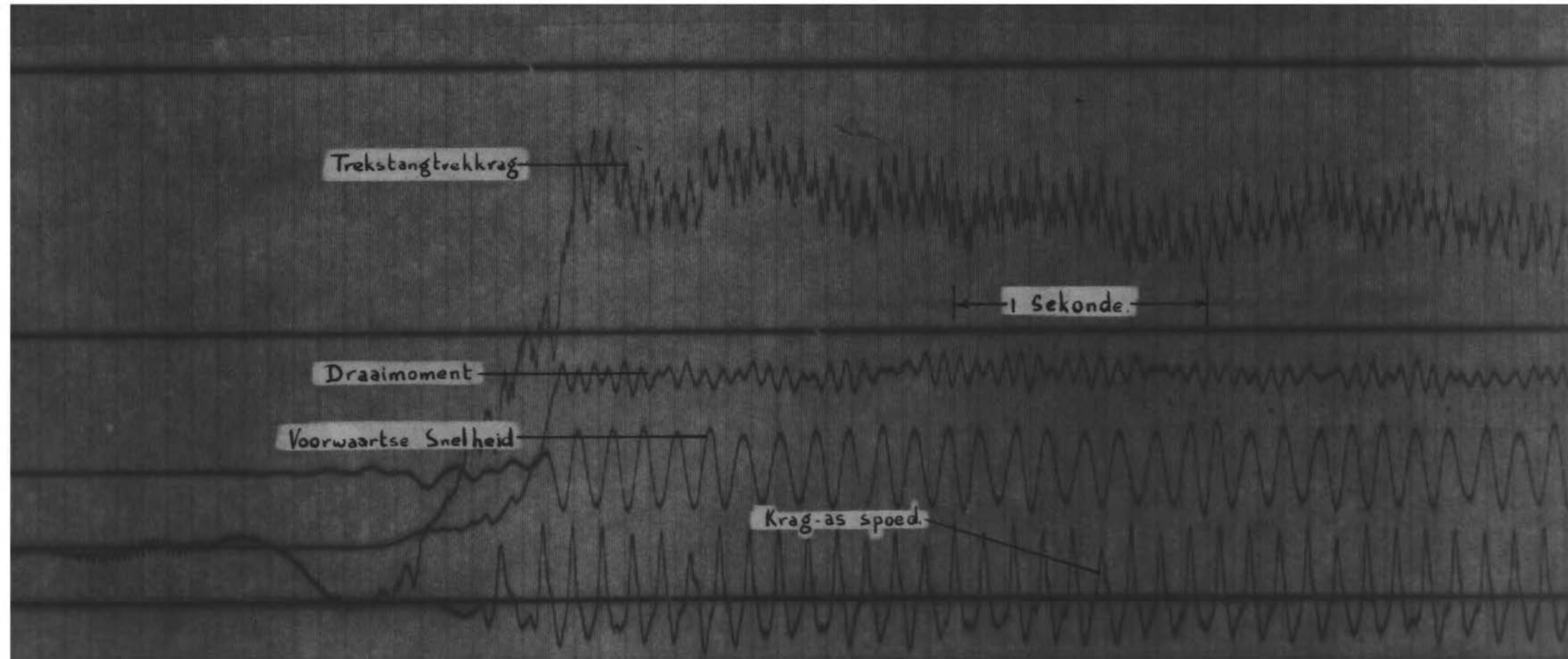
Die versterker, registreerder en verwante apparaat is, soos in die vorige geval, op dieselfde vierwiel-aangedrewe voertuig gemonteer ten einde die moontlike invloed van vibrasies op die apparaat uit te skakel.

Bepaling van die voorwaartse- en rotasiesnelhede:-

Die voorwaartse snelheid van die apparaat is weereens deur middel van die watergevulde fietswiel (wat egter in hierdie geval agter die voorwiel van die trekker aangebring is om die invloed van vibrasie uit te skakel) bepaal, en geen her-kalibrering was nodig nie. 'n Stophorlosie is egter ook as kontrole gebruik om die gemiddelde snelheid tussen twee referensiebakens te bepaal.

Die rotasiespoed van die kragas is bepaal deur dit van 'n permanente magneet te voorsien wat naby 'n statiese spoel verbybeweeg het. Die geïn-
duseerde stroomimpulse van die spoel is weereens deur middel van die galvano-
meters in uitwykings op die fotosensitiewe papier omgesit, waarvandaan die rotasiesnelheid bepaal kon word.

Figuur 57 toon 'n tipiese stel resultate wat op die fotosensitiewe papier-
strook verkry is.



Figuur 57. Tipiese stel resultate wat met die prototipe vibrasieploeg tydens proewe verkry is.

Die volle elektriese stroombaan van meetapparaat wat vir die prototipe gebruik is, stem dus ten volle ooreen met dié wat vir die enkellem-werktuig gebruik is, behalwe dat die magneet en spoel in eersgenoemde geval gebruik is om die rotasiespoed aan te toon, terwyl dit in laasgenoemde geval (by die enkellem-werktuig) gebruik is om die verplasing van die lem voor te stel.

Die bewerkingsnelheid van die rysterplaatploeg is weereens bepaal deur stophorlosielesings by referensiebakens te neem.

Die spesifieke energieverbruik is bepaal deur die energievereistes van die implemente (in voet-pond per minuut) te bereken, en dit deur die produk van die dwarsnit-area (in vierkante voet), en die voorwaartse snelheid (in voet per minuut) te deel. Op hierdie wyse is die spesifieke energieverbruik in voet-pond per kubieke voet bewerkte grond verkry.

Meting van die graad van bewerking:-

Die bewerking van die gronde is weereens beoordeel deur die kluitontledings en lugdeurlaatbaarheid as maatstawwe te gebruik. Dieselfde apparaat as by die enkellem-vibrasieploeg is weereens gebruik.

Die resultate wat met die prototipe vibrasieploeg verkry is, word in hoofstuk VIII aangegee.

VIII. PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE PROTOTYPE VIBRASIEPLOEG

Die praktiese resultate van die prototipe vibrasieploeg bestaan uit die trekstangtrekkragte en spesifieke energievereistes wat met die vibrasieploeg en die rysterplaatploeg in verskillende gronde verkry is, asook ontledings van die bewerkingsintensiteite van hierdie ploeg.

PRAKTIESE RESULTATE WAT VERKRY IS:

Tabel 11 toon die verband tussen die trekkragvereistes van die onderskeie implemente in dieselfde vyf gronde wat by die nie-vibrerende lemme gebruik is. Die lesings is by veldkapasiteit uitgevoer en een stel lesings is ook in droë grond uitgevoer om 'n aanduiding te kry van die relatiewe energievereistes van die genoemde implemente onder droër toestande. Laasgenoemde lesings wat in 'n sanderige kleileem (Tipe C) by 14.46% voginhoud geneem is, is ook teen die ontwerpspoed van 3 myl per uur uitgevoer soos die res van die toetse.

Die spesifieke energievereistes vir bogenoemde waarnemings word in tabel 12 aangetoon, terwyl tabel 13 die kluit-grootte-ontledings van die verskillende gronde aantoon. Hierdie kluit-ontledings word ook grafies deur figure 58 tot 63 aangetoon.

Die relatiewe lugdeurlaatbaarheid word in tabel 14 ten opsigte van beide die rysterplaat- en vibrasieploeg aangetoon ten opsigte van die verskillende gronde wat bewerk is.

Plate 12 tot 23 toon die oppervlakte van die verskillende bewerkte gronde vir beide die vibrasie- en rysterplaatploeg aan.

BESPREKING VAN DIE PRAKTIESE RESULTATE:

Uit die resultate blyk dit duidelik dat aansienlike energiebesparings met die vibrasieploeg verkry is sonder dat die lugdeurlaatbaarheid of die verbrokkelingseffek enigsins swakker as in die geval van die rysterplaatploeg was.

Trekstangtrekkragvereistes:-

Uit tabel 11 blyk dit dat die trekstangtrekkragvereistes van die vibrasieploeg (in pond per vierkante duim bewerkte dwarssnit-area) bykans 50 persent laer was as dié van die rysterplaatploeg onder dieselfde toestande. Dit blyk dat die werklike verhouding tussen die trekstangtrekkragte van die vibrasieploeg en dié van die rysterplaatploeg in die verskillende gronde as volg vergelyk het, naamlik -

Tabel 11. Trekkragresultate van die prototipe vibrasieploeg teenoor 'n ryster-
 plaatploeg in verskillende gronde.

| Trekstangtrek (Pond per vierkante duim bewerk) | | | | | | |
|------------------------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|
| Grond --- Voginhoud --- Tipe ploeg -- | Sandgrond 8.97%*(AI) | | Sanderige Leem 13.60%*(BI) | | Sanderige Kleileem 19.25%*(CI) | |
| | Ryster- plaat | Vibra- sie | Ryster- plaat | Vibra- sie | Ryster- plaat | Vibra- sie |
| | 5.25 | 2.68 | 8.05 | 5.48 | 11.20 | 6.47 |
| | 4.99 | 2.73 | 8.31 | 5.52 | 11.24 | 6.50 |
| | 4.95 | 2.94 | 9.60 | 4.43 | 11.00 | 6.00 |
| | 5.18 | 2.74 | 9.55 | 4.13 | 11.07 | 6.05 |
| | 5.29 | 2.87 | 9.58 | 4.27 | 11.55 | 6.51 |
| | 5.17 | 3.01 | 9.22 | 4.39 | 11.53 | 6.48 |
| | 5.38 | 2.88 | 9.33 | 5.16 | 10.67 | 6.03 |
| | 5.22 | 2.92 | 8.74 | 5.28 | 10.97 | 5.96 |
| | 4.98 | 2.75 | 8.92 | 5.09 | 11.08 | 6.63 |
| | 5.06 | 2.96 | 8.88 | 5.16 | 10.98 | 6.63 |
| | 5.18 | 2.98 | 8.55 | 4.45 | 11.13 | 5.84 |
| | 5.39 | 2.75 | 9.29 | 4.40 | 11.33 | 6.00 |
| Gemiddeld | 5.17 | 2.85 | 9.00 | 4.80 | 11.15 | 6.26 |
| Grond --- Voginhoud --- | Sanderige Klei 27.75%*(DI) | | Klei 27.99%*(EI) | | Sanderige Kleileem 14.46%** (C) | |
| | 12.4 | 6.31 | 13.0 | 6.81 | 11.1 | 6.82 |
| | 12.6 | 6.31 | 13.2 | 6.86 | 13.4 | 6.64 |
| | 11.2 | 6.43 | 13.5 | 6.63 | 14.3 | 6.28 |
| | 11.3 | 6.54 | 13.6 | 6.65 | 13.0 | 6.79 |
| | 13.1 | 6.73 | 12.2 | 6.70 | 13.3 | 6.91 |
| | 12.9 | 6.78 | 12.5 | 6.73 | 11.9 | 6.56 |
| | 10.8 | 6.68 | 13.1 | 6.69 | 13.7 | 6.73 |
| | 11.1 | 6.64 | 13.0 | 6.73 | 12.6 | 7.11 |
| | 12.0 | 6.35 | 12.2 | 6.43 | 13.8 | 6.48 |
| | 12.3 | 6.40 | 12.6 | 6.40 | 13.8 | 6.37 |
| | 11.9 | 5.99 | 14.0 | 7.08 | 14.2 | 6.74 |
| | 12.0 | 6.02 | 13.9 | 7.15 | 14.0 | - |
| Gemiddeld | 12.0 | 6.43 | 13.1 | 6.74 | 13.3 | 6.68 |

* Veldkapasiteit

** Heelwat droër as veldkapasiteit.

Tabel 12. Spesifieke energievereistes (in vt. pd. per kub. vt. bewerkte grond) van die prototipe vibrasieploeg teenoor 'n konvensionele rysterplaat-ploeg teen 3 myl per uur

| Tipe Ploeg | Sand by Veldkapasiteit (AI) | | | | Sanderige Leem by Veldkapasiteit (BI) | | | |
|------------|-----------------------------|----------|------------|--------|---------------------------------------|----------|------------|--------|
| | Ryster-plaat (T.S.) | Vibrasie | | | Ryster-plaat (T.S.) | Vibrasie | | |
| | | Kragas | Trek-stang | Totaal | | Kragas | Trek-stang | Totaal |
| | 756 | 25.2 | 386 | 411 | 1160 | 59.5 | 790 | 850 |
| | 719 | 25.7 | 393 | 419 | 1196 | 59.5 | 796 | 856 |
| | 713 | 26.4 | 424 | 450 | 1385 | 58.3 | 638 | 696 |
| | 746 | 24.6 | 395 | 420 | 1375 | 57.5 | 594 | 652 |
| | 762 | 24.1 | 414 | 438 | 1382 | 52.9 | 615 | 668 |
| | 744 | 25.1 | 434 | 459 | 1328 | 53.2 | 633 | 686 |
| | 775 | 29.6 | 415 | 445 | 1345 | 42.0 | 744 | 786 |
| | 752 | 30.1 | 421 | 451 | 1258 | 42.3 | 761 | 803 |
| | 718 | 27.8 | 396 | 424 | 1288 | 48.7 | 733 | 781 |
| | 729 | 29.9 | 426 | 456 | 1280 | 49.0 | 743 | 792 |
| | 747 | 32.9 | 429 | 462 | 1235 | 49.4 | 640 | 689 |
| | 776 | 32.1 | 396 | 428 | 1337 | 49.3 | 633 | 682 |
| Gem. | 745 | 27.8 | 411 | 439 | 1297 | 51.8 | 693 | 745 |

| Tipe Ploeg | Sanderige Kleileem by Veldkapasiteit (CI) | | | | Sanderige Klei by Veldkapasiteit (DI) | | | |
|------------|-------------------------------------------|----------|------------|--------|---------------------------------------|----------|------------|--------|
| | Ryster-plaat (T.S.) | Vibrasie | | | Ryster-plaat (T.S.) | Vibrasie | | |
| | | Kragas | Trek-stang | Totaal | | Kragas | Trek-stang | Totaal |
| | 1618 | 66.8 | 931 | 998 | 1786 | 72.3 | 908 | 980 |
| | 1620 | 67.1 | 936 | 1003 | 1816 | 72.6 | 909 | 982 |
| | 1586 | 65.7 | 864 | 930 | 1613 | 70.4 | 925 | 995 |
| | 1542 | 66.1 | 872 | 938 | 1628 | 70.9 | 942 | 1013 |
| | 1668 | 69.7 | 937 | 1007 | 1887 | 70.9 | 968 | 1039 |
| | 1660 | 69.4 | 933 | 1002 | 1860 | 71.4 | 977 | 1048 |
| | 1538 | 80.3 | 868 | 948 | 1554 | 74.1 | 961 | 1035 |
| | 1580 | 80.3 | 859 | 939 | 1598 | 73.7 | 956 | 1030 |
| | 1595 | 73.2 | 955 | 1028 | 1731 | 74.0 | 914 | 988 |
| | 1581 | 73.0 | 955 | 1028 | 1770 | 74.8 | 922 | 997 |
| | 1605 | 64.4 | 841 | 905 | 1712 | 70.3 | 862 | 932 |
| | 1630 | 66.0 | 864 | 930 | 1728 | 70.1 | 866 | 936 |
| Gem. | 1604 | 70.3 | 901 | 971 | 1724 | 72.1 | 926 | 999 |

Tabel 12 (Vervolg)

| Tipe Ploeg | Klei by veldkapasiteit (EI) | | | | Sanderige kleileem (C) by 14.46% voginhoud | | | |
|---------------|-----------------------------|----------|----------------|--------|-----------------------------------------------|----------|----------------|--------|
| | Ryster- plaat (T.S.) | Vibrasie | | Totaal | Ryster- plaat (T.S.) | Vibrasie | | Totaal |
| | | Kragas | Trek- stang | | | Kragas | Trek- stang | |
| | 1880 | 70.4 | 980 | 1050 | 1600 | 308 | 983 | 1291 |
| | 1901 | 70.7 | 988 | 1059 | 1930 | 346 | 956 | 1302 |
| | 1945 | 66.7 | 955 | 1022 | 2060 | 340 | 905 | 1245 |
| | 1960 | 66.6 | 957 | 1024 | 1872 | 364 | 978 | 1342 |
| | 1752 | 70.9 | 965 | 1036 | 1915 | 292 | 995 | 1287 |
| | 1800 | 71.4 | 968 | 1039 | 1711 | 351 | 945 | 1296 |
| | 1885 | 64.8 | 964 | 1029 | 1977 | 310 | 970 | 1280 |
| | 1871 | 76.4 | 969 | 1045 | 1815 | 344 | 1023 | 1367 |
| | 1755 | 78.0 | 926 | 1004 | 1987 | 308 | 935 | 1243 |
| | 1813 | 77.3 | 921 | 998 | 1987 | 335 | 916 | 1251 |
| | 2018 | 74.4 | 1020 | 1094 | 2043 | 320 | 970 | 1290 |
| | 2001 | 72.5 | 1030 | 1103 | 2018 | - | - | - |
| Gem. | 1882 | 71.7 | 970 | 1042 | 1915 | 329 | 961 | 1290 |

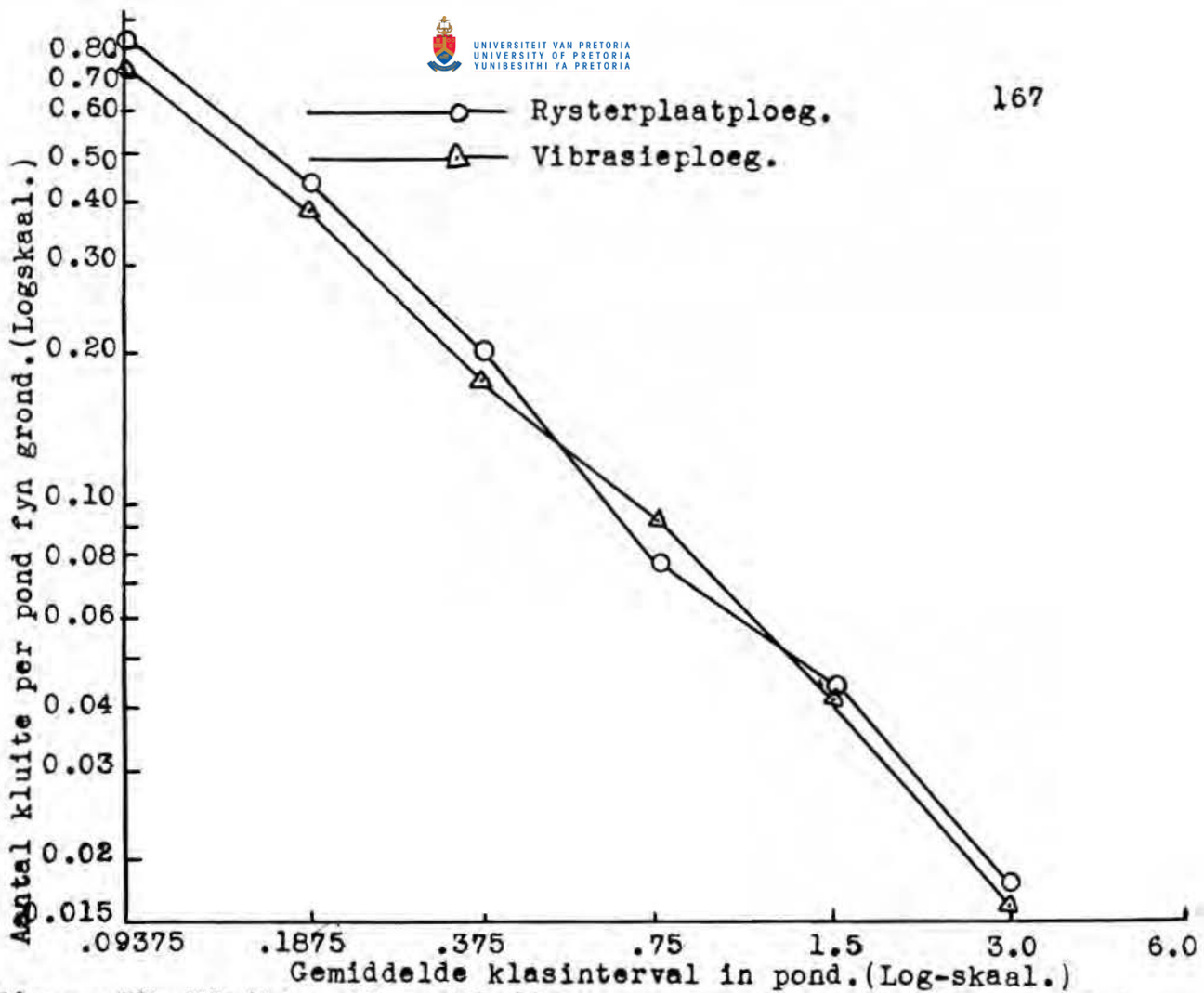
Tabel 13. Vergelykende kluitgroottes van die vibrasie- en rysterplaatploeg in verskillende gronde* (uitgedruk as die aantal kluite in die spesifieke klasinterval, per ons fyn grond waarvan die individuele gronddeeltjies minder as een ons weeg).

| Kluitgroottes | Sandgrond (AI) | | Sanderige leem (BI) | |
|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | Rysterplaat- ploeg | Vibrasie- ploeg | Rysterplaat- ploeg | Vibrasie- ploeg |
| 0- 2 onse | 0.821 | 0.721 | 1.230 | 1.130 |
| 2- 4 onse | 0.436 | 0.382 | 0.629 | 0.522 |
| 4- 8 onse | 0.202 | 0.177 | 0.339 | 0.365 |
| 8-16 onse | 0.077 | 0.093 | 0.161 | 0.218 |
| 1- 2 pond | 0.044 | 0.042 | 0.101 | 0.087 |
| 2- 4 pond | 0.018 | 0.016 | 0.048 | 0.054 |
| 4- 8 pond | - | - | 0.032 | 0.026 |

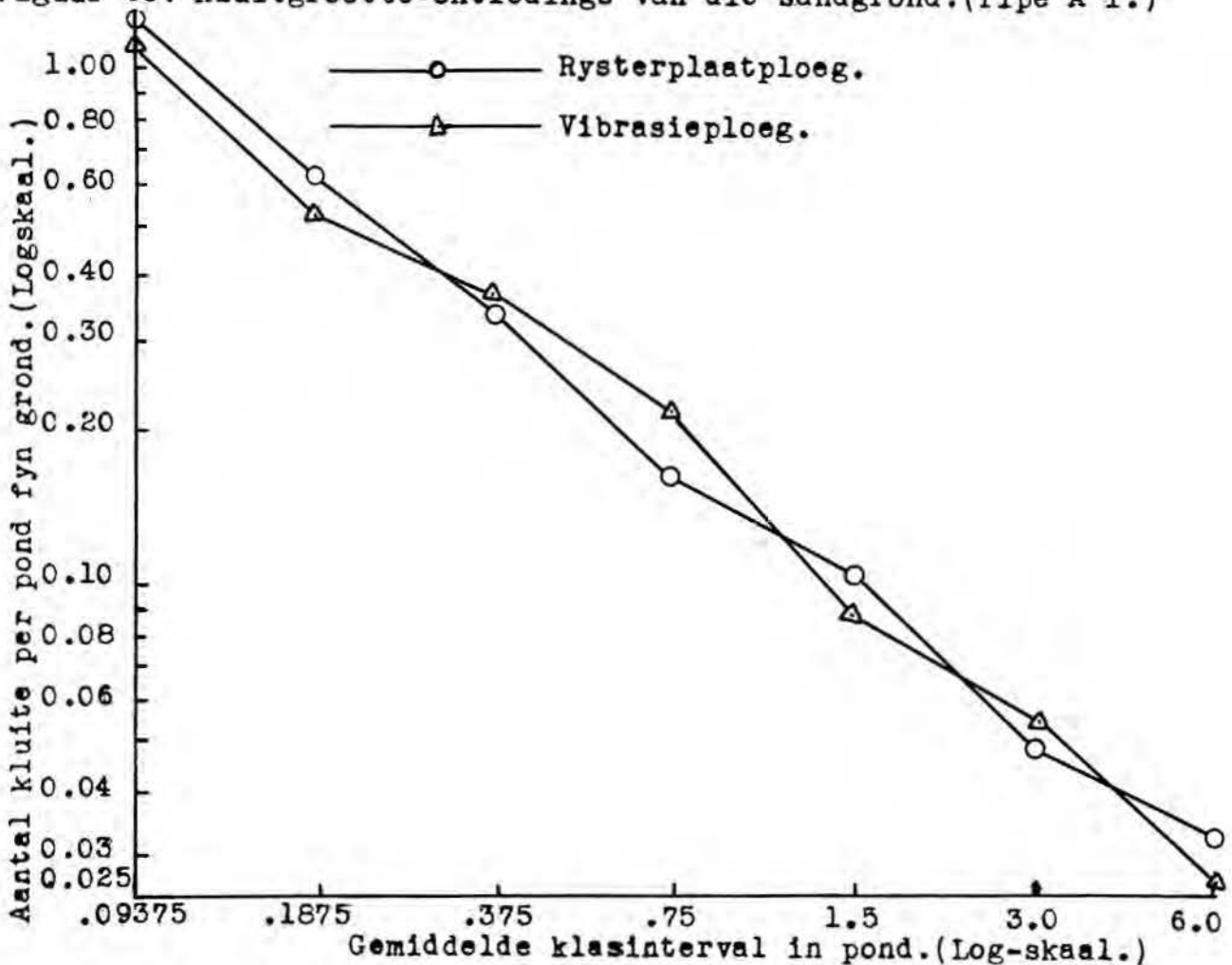
| Kluitgroottes | Sanderige kleileem (CI) | | Sanderige klei (DI) | |
|---------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | Rysterplaat- ploeg | Vibrasie- ploeg | Rysterplaat- ploeg | Vibrasie- ploeg |
| 0- 2 onse | 2.840 | 2.190 | 2.010 | 1.925 |
| 2- 4 onse | 1.500 | 1.815 | 1.045 | 0.924 |
| 4- 8 onse | 0.777 | 1.069 | 0.682 | 0.538 |
| 8-16 onse | 0.503 | 0.688 | 0.455 | 0.412 |
| 1- 2 pond | 0.389 | 0.374 | 0.274 | 0.192 |
| 2- 4 pond | 0.225 | 0.198 | 0.180 | 0.114 |
| 4- 8 pond | 0.114 | 0.125 | 0.091 | 0.057 |

| Kluitgroottes | Klei (EI) | | Sanderige kleileem (C) by 14.46% voginhoud | |
|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------------------------|--------------------|
| | Rysterplaat- ploeg | Vibrasie- ploeg | Rysterplaat- ploeg | Vibrasie- ploeg |
| 0- 2 onse | 3.136 | 2.917 | 0.805 | 3.01 |
| 2- 4 onse | 1.894 | 1.643 | 0.435 | 1.62 |
| 4- 8 onse | 1.231 | 1.030 | 0.244 | 1.07 |
| 8-16 onse | 0.814 | 0.801 | 0.151 | 0.57 |
| 1- 2 pond | 0.501 | 0.369 | 0.093 | 0.41 |
| 2- 4 pond | 0.336 | 0.293 | 0.048 | 0.07 |
| 4- 8 pond | 0.151 | 0.118 | 0.032 | - |
| 8-16 pond | - | - | 0.022 | - |

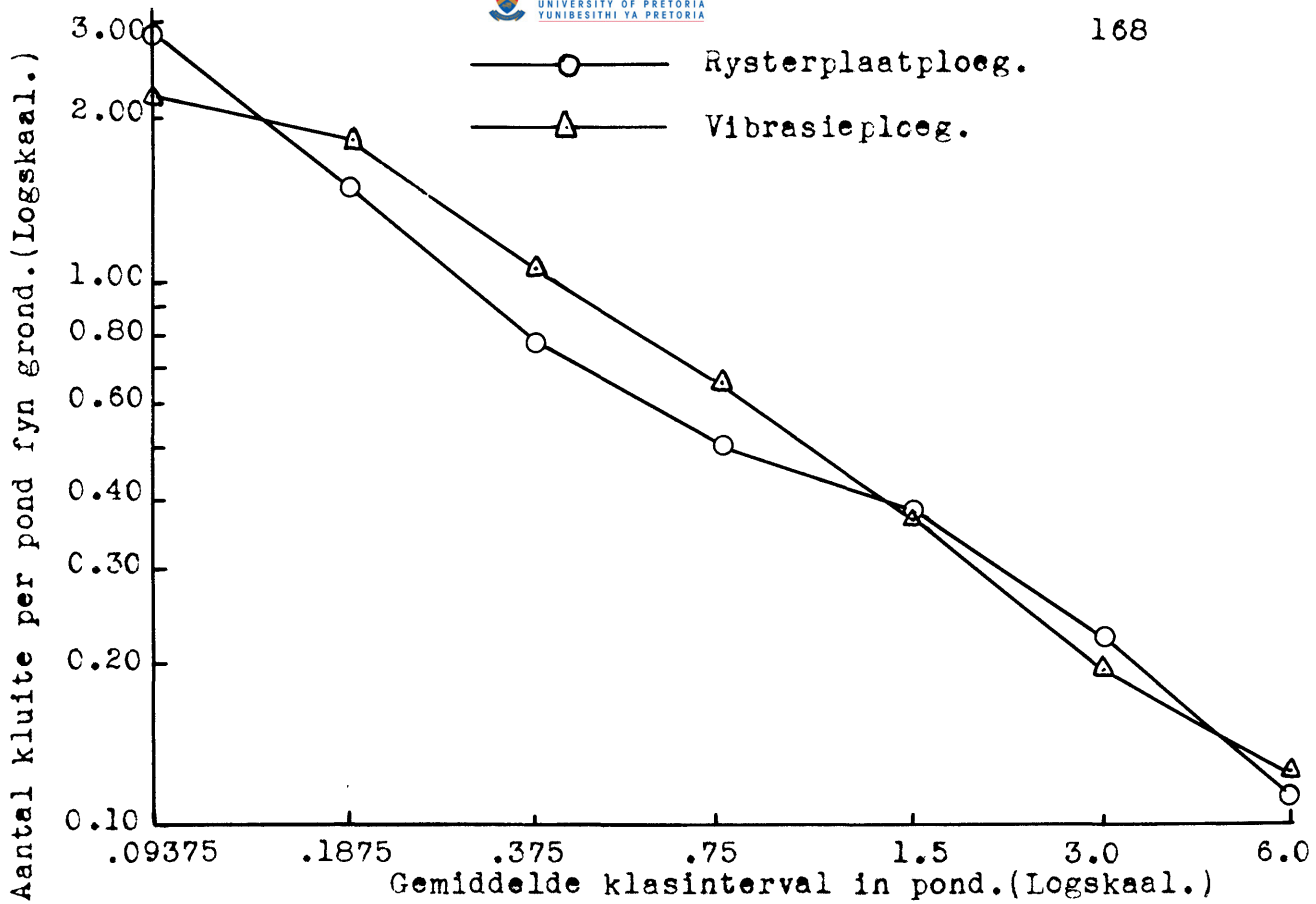
* Alle lesings is die gemiddeld van ses herhalings.



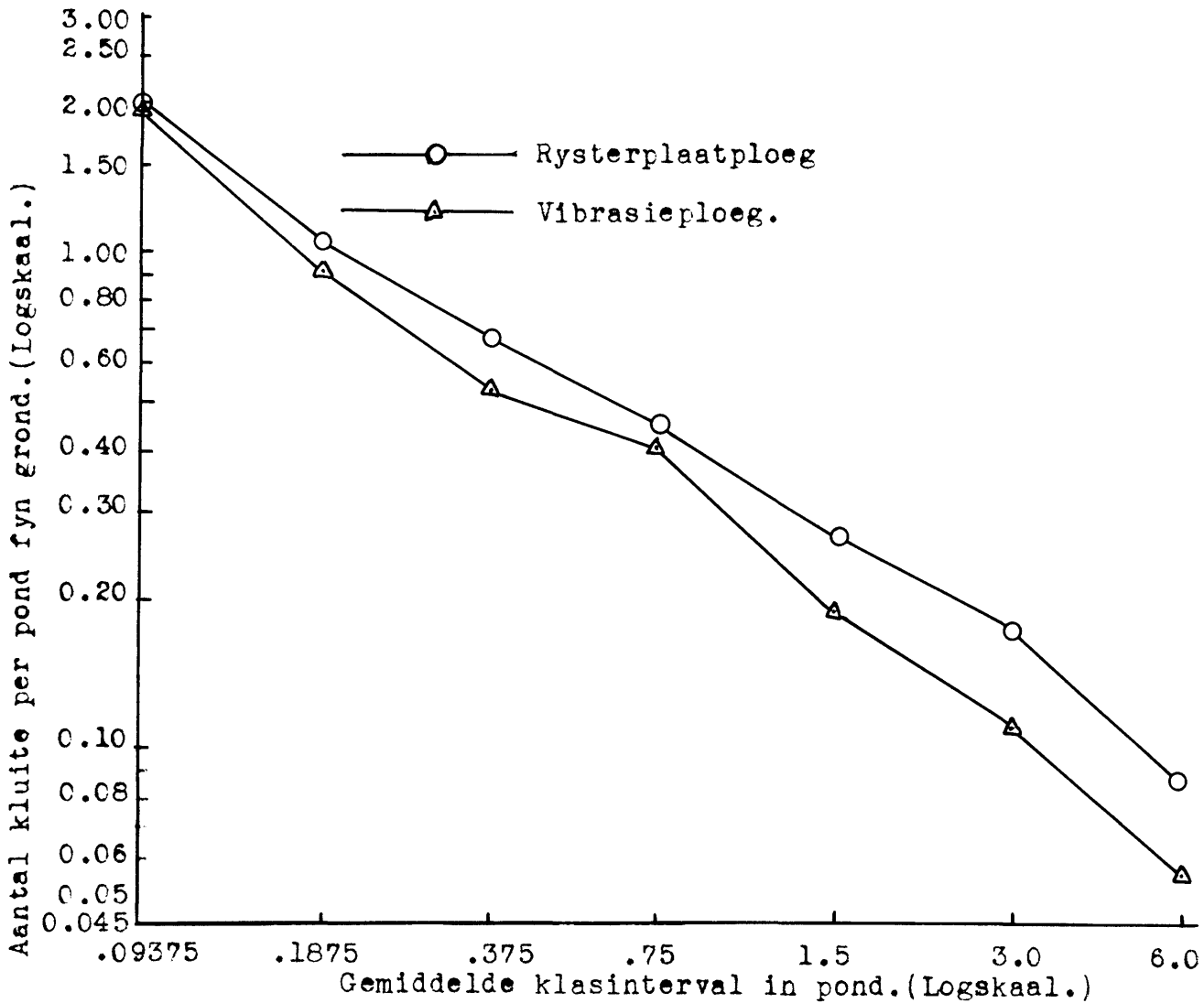
Figuur 58. Kluitgrootte-ontledings van die sandgrond. (Tipe A I.)



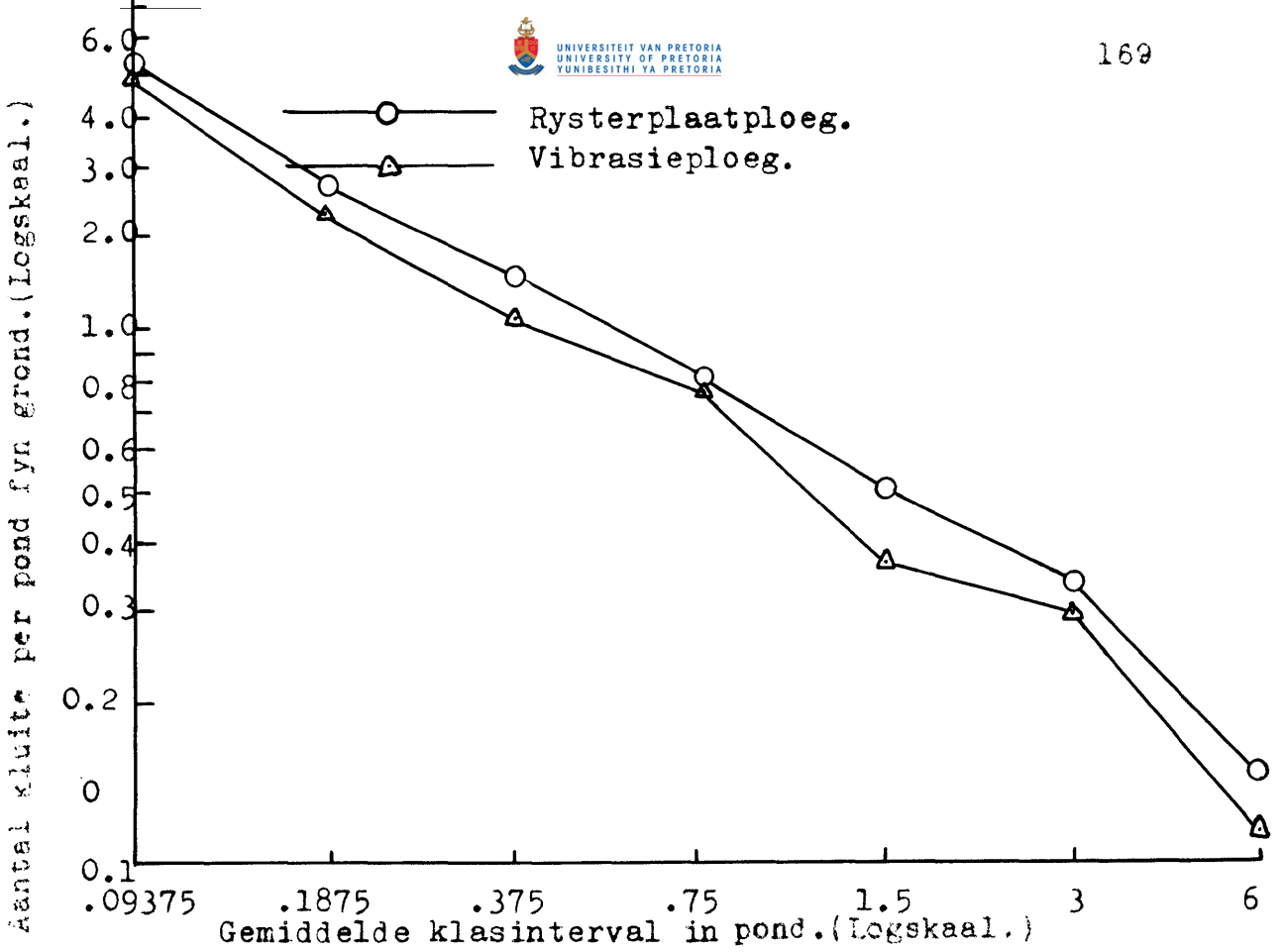
Figuur 59. Kluitgrootte-ontleding van sanderige leem. (Tipe B I.)



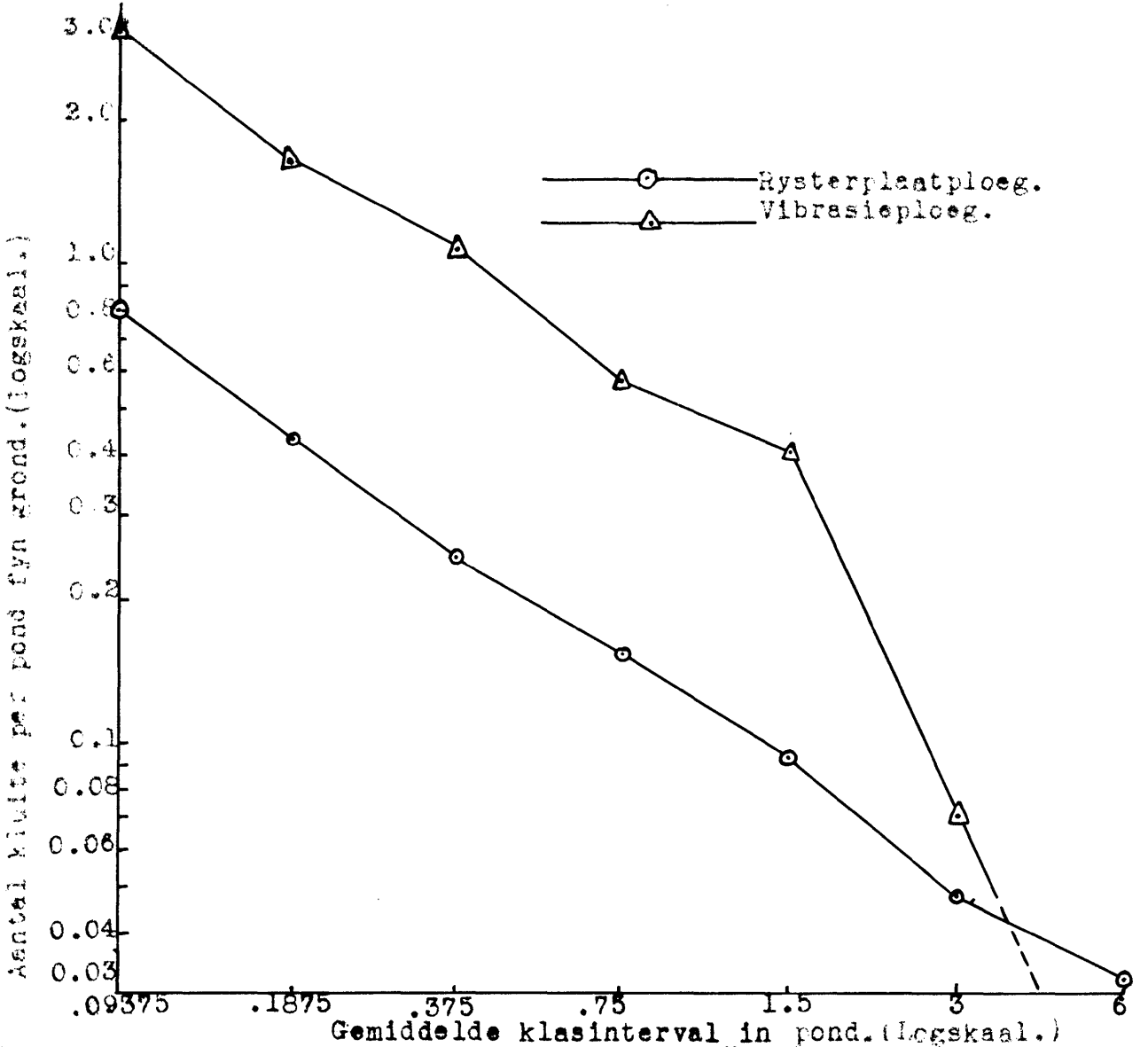
Figuur 60. Kluitgrootte-ontleding van die sanderige kleileem. (C I.)



Figuur 61. Kluitgrootte-ontleding van die sanderige klei. (D I.)



Figuur 62. Kluitgrootte-ontleding van die kleigrond. (Tipe EI.)



Figuur 63 Kluitgrootte-ontleding van die droë sanderige kleileem.

Tabel 14. Relatiewe lugdeurlaatbaarheid van die vyf gronde na bewerking met die rysterplaat- (R) en vibrasie- (V) ploeg.

| Sand AI | | Sanderige Leem BI | | Sanderige Kleileem CI | | Sanderige Klei DI | | Klei EI | | Sanderige Kleileem (C*) | |
|---------|------|-------------------|------|-----------------------|------|-------------------|------|---------|------|-------------------------|------|
| R | V | R | V | R | V | R | V | R | V | R | V |
| 3.21 | 5.76 | 3.93 | 4.13 | 2.18 | 2.77 | 1.85 | 2.27 | 2.81 | 2.64 | 2.96 | 3.68 |
| 3.14 | 5.01 | 2.90 | 3.09 | 2.10 | 2.69 | 2.96 | 2.99 | 2.18 | 1.76 | 2.44 | 4.32 |
| 2.71 | 2.46 | 4.02 | 2.08 | 2.82 | 3.60 | 2.74 | 2.67 | 2.36 | 2.14 | 2.79 | 4.06 |
| 2.88 | 3.71 | 2.84 | 3.05 | 2.91 | 3.68 | 3.18 | 3.01 | 1.64 | 1.81 | 1.95 | 3.04 |
| 3.27 | 5.72 | 2.43 | 2.39 | 3.36 | 1.58 | 3.06 | 2.92 | 1.32 | 2.74 | 3.30 | 3.36 |
| 3.08 | 5.05 | 2.14 | 4.04 | 3.41 | 1.63 | 1.86 | 2.41 | 1.74 | 2.43 | 2.87 | 3.36 |
| 2.62 | 2.50 | 1.79 | 3.36 | 2.24 | 3.27 | 2.49 | 2.53 | 2.94 | 2.81 | 3.42 | 3.48 |
| 2.97 | 3.67 | 3.38 | 1.99 | 2.19 | 3.22 | 1.90 | 1.15 | 2.17 | 2.17 | 3.62 | 3.75 |
| 2.51 | 2.74 | 2.54 | 1.89 | 2.00 | 3.46 | 2.44 | 2.47 | 1.81 | 1.91 | 1.98 | 2.97 |
| 3.00 | 3.24 | 3.02 | 2.56 | 2.20 | 3.40 | 3.06 | 2.29 | 2.36 | 1.87 | 3.01 | 3.63 |
| 2.76 | 3.86 | 2.41 | 2.46 | 2.57 | 2.57 | 1.58 | 2.50 | 2.21 | 2.32 | 2.53 | 4.41 |
| 3.81 | 3.95 | 2.81 | 3.20 | 2.37 | 2.63 | 1.87 | 2.48 | 2.41 | 2.57 | 2.71 | 3.40 |
| 2.53 | 2.71 | 2.53 | 2.75 | 2.70 | 2.95 | 2.41 | 3.07 | 1.43 | 1.48 | 3.33 | 3.41 |
| 2.98 | 3.27 | 2.12 | 2.32 | 2.61 | 2.91 | 1.68 | 2.18 | 1.52 | 2.36 | 3.64 | 3.75 |
| 2.77 | 3.80 | 3.32 | 2.92 | 2.85 | 2.72 | 3.01 | 2.64 | 2.38 | 2.57 | 2.81 | 3.37 |
| 3.80 | 4.01 | 2.18 | 2.58 | 2.94 | 2.76 | 2.68 | 1.61 | 1.81 | 2.20 | 2.77 | 4.02 |
| 3.34 | 2.18 | 1.96 | 2.02 | 2.43 | 1.80 | 2.94 | 2.86 | 2.86 | 3.02 | 3.26 | 3.34 |
| 3.60 | 3.81 | 2.66 | 1.67 | 2.39 | 1.83 | 2.74 | 3.10 | 3.11 | 2.43 | 3.40 | 3.48 |
| 2.91 | 2.68 | 2.41 | 3.03 | 2.61 | 2.44 | 1.91 | 2.41 | 2.97 | 2.47 | 2.70 | 3.53 |
| 3.86 | 3.23 | 2.38 | 3.00 | 2.65 | 2.41 | 1.74 | 2.30 | 2.45 | 1.76 | 2.36 | 3.14 |
| 3.39 | 2.06 | 1.06 | 2.52 | 1.19 | 2.12 | 2.67 | 2.65 | 2.37 | 2.36 | 1.99 | 3.09 |
| 3.55 | 3.93 | 2.72 | 1.48 | 1.18 | 2.12 | 2.43 | 2.81 | 2.72 | 2.74 | 2.44 | 3.36 |
| 2.93 | 2.68 | 2.36 | 5.25 | 2.08 | 1.29 | 2.17 | 2.47 | 2.61 | 2.18 | 2.28 | 4.02 |
| 3.84 | 3.24 | 1.34 | 2.53 | 2.09 | 1.31 | 3.06 | 2.47 | 1.71 | 1.99 | 3.11 | 3.34 |
| 3.14 | 3.54 | 2.55 | 2.70 | 2.42 | 2.55 | 2.43 | 2.53 | 2.24 | 2.28 | 2.82 | 3.56 |

GEMIDDELD

*By 14.46% Voginhoud.

| | |
|------------------------------------|-------|
| Sandgrond (Tipe AI) | 0.552 |
| Sanderige Leem (Tipe BI) | 0.534 |
| Sanderige Kleileem (Tipe CI) | 0.561 |
| Sanderige Klei (Tipe DI) | 0.536 |
| Kleigrond (Tipe EI) | 0.514 |
| Sanderige Kleileem (C-droog) | 0.502 |

Die persentasie verlagings in trekstangtrek wat met die vibrasieploeg teenoor die rysterplaatploeg verkry is, was dus onderskeidelik 44.8%; 46.6%; 43.9%; 46.4%; 48.6% en 49.8%.

Spesifieke energievereistes:-

Uit tabel 12 blyk dit dat daar ook ten opsigte van spesifieke energievereistes 'n groot verskil in die guns van die vibrasieploeg voorgekom het. Die verhouding tussen die spesifieke energieverbruik van die vibrasieploeg teenoor die rysterplaatploeg in die verskillende gronde het as volg vergelyk, naamlik -

| | |
|------------------------------------|-------|
| Sandgrond (Tipe AI) | 0.590 |
| Sanderige Leem (Tipe BI) | 0.584 |
| Sanderige Kleileem (Tipe CI) | 0.605 |
| Sanderige Klei (Tipe DI) | 0.578 |
| Kleigrond (Tipe EI) | 0.555 |
| Sanderige Kleileem (C-droog) | 0.675 |

Die persentasie verlagings wat die vibrasieploeg dus bo die rysterplaatploeg getoon het ten opsigte van die spesifieke energievereistes, was onderskeidelik 41%; 41.6%; 39.5%; 42.2%; 44.5% en 33.5%.

Kluitgrootte-ontledings:-

Uit tabel 13, en figure 58 tot 63 blyk dit dat die kluitgrootte-ontledings van die verskillende gronde as volg daar uitgesien het, naamlik -

Sandgrond (Tipe AI):-

Figuur 58 toon dat daar 'n baie goeie verband tussen die kluitgroottes van die twee werktuie verkry is. Dit lyk asof die vibrasieploeg se kromme effens laer geleë is en 'n effens kleiner helling het as in die geval van die rysterplaatploeg. Hieruit kan afgelei word dat daar effens meer fyn gronddeeltjies (met gewigte kleiner as een ons) by die vibrasieploeg voorgekom het, maar dat daar ook 'n baie klein neiging tot meer kluite van die groter klasse voorgekom het.

As geheel gesien, vergelyk die twee implemente se gronde egter baie goed, soos ook in plate 12 en 13 aangetoon word.



Plaat 12. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die vibrasieploeg in sandgrond (Tipe A I)



Plaat 13. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die rysterplaatploeg in sandgrond (Tipe A I)

Sanderige leem (Tipe BI):-

Figuur 59 toon dat die kluitgrootte-ontledings van die twee implemente in hierdie geval so goed vergelyk het, dat verskille baie moeilik uitgewys kan word. Daar is egter 'n groter variasie tussen die punte self as in die vorige geval, en dit lyk asof daar 'n geringe neiging bestaan tot minder klein kluite in die geval van die vibrasieploeg. Plate 14 en 15 toon die grondoppervlaktes na bewerking met die betrokke ploë.

Sanderige Kleileem (Tipe CI):-

Figuur 60 toon dat die helling van die vibrasieploeg se kromme ietwat steiler as dié van die rysterplaatploeg was, en dat die rysterplaatploeg dus 'n effens groter neiging tot groot kluite getoon het, terwyl die vibrasieploeg weer 'n effense neiging tot fyner kluite getoon het. Die feit dat die vibrasieploeg se kromme ietwat hoër geleë is as die rysterplaatploeg s'n, dui egter weer daarop dat minder fyn grond (met gewigte kleiner as een ons) in die geval van die vibrasieploeg gevorm word.

As geheel gesien vergelyk die kluitontledings ook in hierdie geval besonder goed, en kan daar beweer word dat die graad van bewerking van beide werktuie baie dieselfde was. Plate 16 en 17 toon die grondoppervlaktes na bewerking met die twee werktuie.

Sanderige Klei (Tipe DI):

Uit figuur 61 blyk dit dat die kromme van die vibrasieploeg 'n steiler helling toon as dié van die rysterplaatploeg, en ook ietwat laer geleë is. Dit blyk dus dat die vibrasieploeg weereens 'n effense neiging tot fyner bewerking as die rysterploeg getoon het, en dat daar ook meer fyn grond (met 'n gewig van minder as een ons) aangetref is. Die eintlike verskil tussen die twee implemente kom egter meer ten opsigte van die groter kluite voor, terwyl die res van die kluitgroottes baie dieselfde ontleding toon. Dit dui dus daarop dat die rysterplaatploeg 'n neiging het om meer groot kluite te lewer as die vibrasieploeg. Plate 18 en 19 toon die grondoppervlaktes na bewerking met die twee werktuie.

Kleigrond (Tipe EI):

Figuur 62 toon dat die vibrasieploeg ook in die geval van die kleigrond 'n kromme met 'n effense steiler helling en effens laer waardes as in die geval van die rysterplaatploeg getoon het. Die gevolgtrekking kan dus weereens gemaak word dat die vibrasieploeg 'n baie geringe neiging tot fyner bewerking getoon het as die rysterplaatploeg.

Plate 20 en 21 toon die grondoppervlakte na bewerking met die twee werktuie.



Plaat 14. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die vibrasieploeg in sanderige leem (Tipe B I).



Plaat 15. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die rysterplaatploeg in sanderige leem (Tipe B I).



Plaat 16. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die vibrasieploeg in sanderige kleileem (Tipe C I).



Plaat 17. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die rysterplaatploeg in sanderige kleileem (Tipe C I).



Plaat 18. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die vibrasieploeg in sanderige klei (Tipe D I).



Plaat 19. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die rysterplaatploeg in sanderige klei (Tipe D I).



Plaat 20. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die vibrasieploeg in klei (Tipe E I).



Plaat 21. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die rysterplaatploeg in klei (Tipe E I).

Sanderige Kleileem (Droog):- (sien plate 22 en 23)

Dit is opvallend dat die vibrasieploeg geen groot kluite gelewer het nie (figuur 63), terwyl die rysterplaatploeg weer 'n baie sterk neiging tot groter kluite getoon het. Indien figuur 63 met figuur 60 vergelyk word, blyk dit dat die vibrasieploeg onder nat en droë toestande feitlik identiese resultate gelewer het, behalwe dat dit in laasgenoemde geval geen groot kluite gehad het nie. Die rede hiervoor is vermoedelik te wyte aan die feit dat die grond meer bros was, en dus beter deur die vibrasie-aksie opgebreek is as onder nat toestande. Die rysterplaatploeg het egter 'n baie duidelike neiging tot groter kluite getoon as onder nat toestande, en daar was ook opvallend baie fyn grond teenwoordig, wat verantwoordelik was vir die feit dat die grafiek heelwat laer geleë is as in die gevalle van die vibrasieploeg en die rysterplaatploeg onder nat toestande.

Algemene gevolgtrekking:-

Dit blyk dat die vibrasieploeg en die rysterplaatploeg feitlik identiese kluitontledings in die vyf gronde by veldkapasiteit gelewer het, maar dat daar 'n effense neiging ten opsigte van fyner bewerking en minder groot kluite in die geval van die vibrasieploeg voorgekom het (sien figure 58 tot 62). Hierdie neiging kon verwag word, omdat die vibrasieploeg, wat ontwerp is om min of meer dieselfde bewerkingsgraad as die rysterplaatploeg te gee, nie sulke groot kluite sal kan vorm as die rysterplaatploeg nie. Die kluitgroottes word deur die frekwensie en voorwaartse snelheid bepaal.

'n Verdere oorsaak vir die effense neiging tot fyner bewerking met die vibrasieploeg moet ook gesoek word in die feit dat daar 'n geringe interaksie tussen die verskillende lemme voorgekom het op die gedeeltes halfpad tussen die lemme, en ook as gevolg van die beweging van die skag deur die bewerkte grond.

Dit blyk ook dat die vibrasieploeg onder droër toestande 'n baie fyner en meer intensiewe bewerking gelewer het as die rysterplaatploeg, maar dat die bewerking baie ooreenstem met die bewerking onder nat toestande. Hierdie verskynsel kon verwag word, aangesien die kluitvorming nog steeds deur die vibrasie-frekwensie en voorwaartse snelheid bepaal is, terwyl die rysterplaatploeg groter kluite veroorsaak het as by veldkapasiteit-toestande.

Lugdeurlaatbaarheid:-

Die relatiewe lugdeurlaatbaarheid van die verskillende gronde (soos in tabel 14 aangedui) het baie goed vergelyk vir beide implemente, en toon dat



Plaat 22. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die vibrasieploeg in droë sanderige kleileem (Tipe C).



Plaat 23. Tipiese bewerkingsoppervlakte van die rysterplaatploeg in droë sanderige kleileem (Tipe C).

daar deurgaans 'n effens beter luguitruiling in die geval van die vibrasieploeg aangetref word. Die verklaring hiervoor lê vermoedelik opgesluit in die feit dat die vibrasieploeg 'n effense neiging tot fyner bewerking getoon het, en ook as gevolg van die feit dat die rysterplaat 'n pleister-effek op die grond het wanneer dit daar oorbeweeg. Hierdie "gepleisterde"-vlak word normaalweg aan die oppervlak van die geploegde deel aangetref, en belemmer dus die lug uitruiling deur so 'n vlak.

SAMEVATTING

Uit die voorgaande resultate blyk dit dus dat die vibrasieploeg by veldkapasiteit 'n besparing van tussen 40 en 50 persent in totale spesifieke energievereistes gelewer het, en dat die besparing ten opsigte van trekstangtrekkrag selfs nog beter was. Verder blyk dit ook dat die vibrasieploeg aan die verwagtinge voldoen het ten opsigte van die graad van grondbewerking wat verkry is, en ook ten opsigte van die lugdeurlaatbaarheid van die grond.

Onder droë toestande was die besparing in energie met die vibrasieploeg nie so groot as by veldkapasiteit nie, maar die intensiteit van bewerking was aansienlik hoër as met die rysterplaatploeg, wat onder hierdie toestande geneig was om groter kluite te breek as by veldkapasiteit. Daar word egter verwag dat, indien die nodige aanpassings ten opsigte van die vibrasieploeg gemaak word sodat dit groter kluite vorm, die energiebesparing net so groot, of moontlik selfs groter as by veldkapasiteit-toestande kan wees. Dit was ook interessant om te merk dat die kragas-gedeelte van die vibrasieploeg se energievereistes 'n skerp toename getoon het by droë toestande. Hierdie toename is vermoedelik toe te skryf aan die feit dat die grond tydens die ligfase minder vervorm het, en dat die skuifvlakke dus oor 'n groter afstand gevorm is as onder nat toestande, en ook aan die groter kohesiekragte van die grond.

IX. ALGEMENE BESPREKINGS EN AANBEVELINGS

Uit die praktiese resultate wat verkry is, blyk dit duidelik dat, waar 'n deeglike teoretiese ontleding van die spesifieke energievereistes van grondbewerkingsapparaat gemaak word, dit van groot waarde kan wees by die verbetering van bestaande ontwerpe, of by die ontwikkeling van nuwe grondbewerkingstoerusting. Die sukses van die vibrasieploeg kan dus in 'n groot mate aan die teoretiese ontledings, wat die ontwerp van die finale prototipe voorafgegaan het, toegeskryf word.

TOEKOMSMOONTLIKHEDE VAN DIE METODE VAN TEORETIESE ONTLEDING WAT GEVOLG IS:-

Weens die feit dat by die teoretiese ontledings wat tydens die ondersoek gemaak is, daar van basiese wetenskaplike begrippe gebruik gemaak is, kan die metode van ontleding sonder veel moeite aangepas word vir die bestudering van die energievereistes van feitlik enige tipe grondbewerkingsapparaat. Hierdeur kan daar verseker word dat maksimum doeltreffendheid van sulke toerusting onder verskillende landboutoestande verkry kan word. Die basiese ontleding van sulke toerusting sal kortliks daarop neerkom dat die bewegingspad van die grondbewerkingseenheid met betrekking tot die grond eers gedefinieer sal moet word. Uit die verplasingvergelyking kan dan uitdrukkinge vir snelhede en versnellings herlei word vir enige posisie langs die verplasingkromme. Indien die fisiese afmetings van die werktuig dan bekend is, kan die verskillende vorms van energie direk bereken word in terme van die grondkonstantes, hellingshoeke, voorwaartse snelhede ensovoorts, waarna duidelike tendense dan deur middel van die nodige substitusie met praktiese waardes, voorspel behoort te kan word. Hoewel dit altyd wenslik sal wees om die teoretiese ontledings met praktiese resultate te staaf, behoort dit nie onmoontlik te wees om in die toekoms, wanneer die nodige praktiese ondervinding reeds opgedoen is, baie akkurate voorspellings ten opsigte van die invloed van verskillende faktore te kan maak sonder dat praktiese resultate daarvoor nodig sal wees nie. Hierdie metode van benadering kan dus van groot nut wees by die ontwerp van grondbewerkingsapparaat wat wissel van vlak bewerkingsapparaat soos skoffelploeë, êe ensovoorts, tot diep bewerkingswerktuie soos skeurploeë, dolfploeë, mol-dreineringsstoerusting ensovoorts. Op die gebied van pad- en damkonstruksie kan die metode ook met vrug toegepas word op sulke toerusting soos padskrapers, stootskrapers, skroppe ensovoorts.

ALGEMENE BESPREKING VAN DIE VIBRASIEPLOEG:-

Die nut van bogenoemde teoretiese benadering het baie duidelik te voorskyn getree by die toepassing daarvan op 'n vibrerende lem. Voordat die toekomstige ontwikkelingsmoontlikhede van die vibrasieploeg verder ontleed kan word, is dit wenslik om eers na die voor- en nadele van hierdie metode van bewerking te kyk.

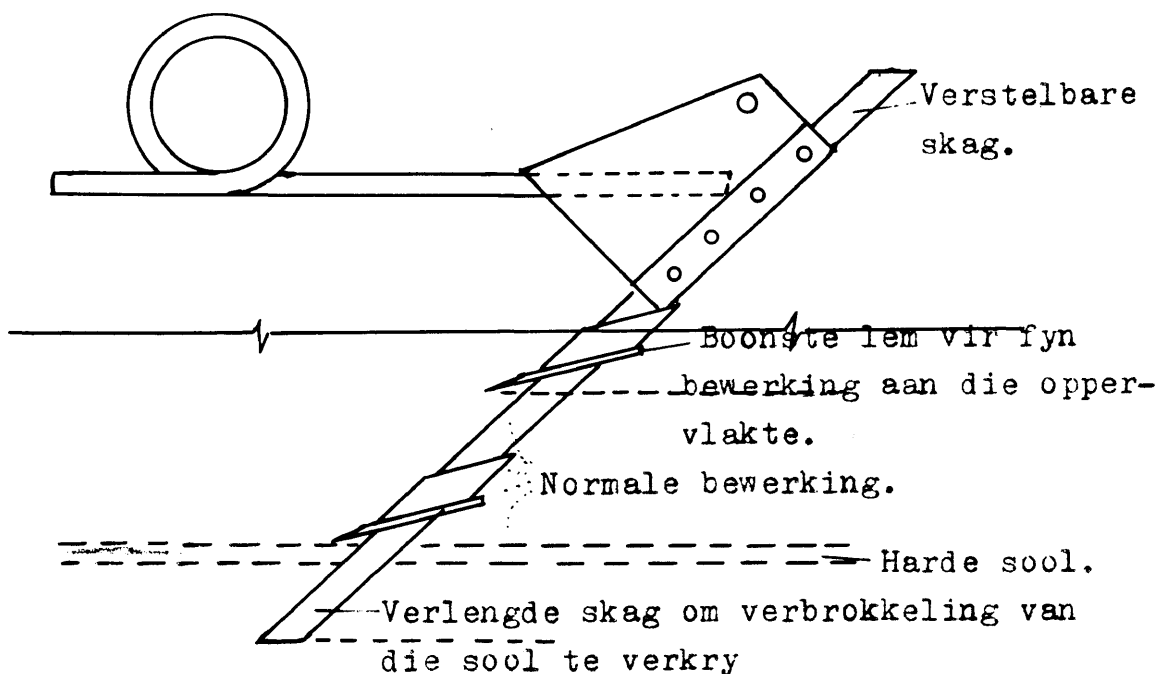
Voordele van die Vibrasieploeg:-

- Groot energiebesparings is teenoor gewone ryster-, en moontlik ook skottelploeë, moontlik by dieselfde intensiteit van bewerking.
- As gevolg van bogenoemde voordeel en die verdere feit dat 'n gedeelte van die vibrasieploeg se energie via die kragas van die trekker oorgedra word, is groot besparings ten opsigte van trekstangtrekkragvereistes ook verkry.
- Die besparing in trekstangtrekkragvereistes lei tot die volgende verdere voordele van die vibrasieploeg, naamlik:
 - Ligter trekkers kan met dieselfde werkwydtes, -dieptes en snelhede gekombineer word, en gee dus minder rolweerstand, beter brandstofverbruik en die moontlikheid om wyer werktuie te gebruik.
 - Ligter trekkers gee ook minder kompaksie en verdigting van die grond.
 - Wyer werktuie kan deur dieselfde trekkers onder identiese omstandighede gebruik word as by rysterplaat- of skottelploeë, met die gevolg dat die aantal kere wat die lande deurkruis moet word, verlaag kan word, terwyl die totale tyd wat vereis word om 'n sekere oppervlakte te bewerk, ook verminder kan word.
 - Die groter werkwydtes en lae trekkragvereistes van vibrasieploë maak dit moontlik dat landerye in een proses geploeg en geplant kan word sonder dat dit meer tyd of energie sal vereis as wat vroeër slegs vir ploegwerk met 'n gewone rysterplaatploeg nodig was. Hierdie gekombineerde ploeg-en-plant metode bied ook die addisionele voordeel dat die grond nêrens op die bewerkte land deur die trekker gekompakteer word soos wat tans die geval is tydens eg- en plantprosesse nie.
 - Die bewerkings-aksie van die vibrasieploeg verskil heeltemal van die rysterplaat- en skottelploeg, en veroorsaak nie 'n smeereffek of kompaktering van die onderliggende grondlae in die land nie. Ploegsoolvorming behoort dus geheel en al uitgeskakel te kan word.

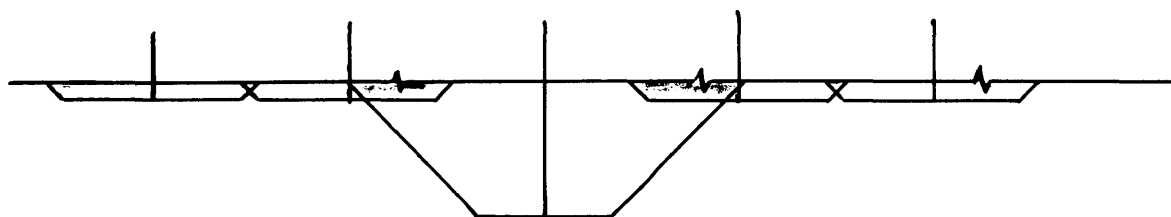
- Weens die afwesigheid van 'n ploegvoor, word geen holvore of riwwe in die land agtergelaat nie, en kan die volle oppervlakte dus tot sy maksimum benut word. Die trekker ry ook nie met die een kant se wiele in die ploegvoor nie, en kompaksie van die onderlae word dus uitgeskakel.
- Weens die feit dat die trekker met albei wiele op onbewerkte grond beweeg wanneer 'n vibrasieploeg gebruik word, is die vertikale reaksiekragte op die aandryfwiele min of meer dieselfde, en sal wielglip en bandslytasie vir albei wiele identies wees, en laer as in die geval waar die een kant se wiele in die holvoor loop.
- Bewerking op die kontoer en teen skuinstes sal baie minder probleme oplewer met 'n vibrasieploeg as met 'n rysterplaat- of skottelploeg, as gevolg van die afwesigheid van 'n ploegvoor.
- Die intensiteit van bewerking van 'n vibrasieploeg kan na willekeur verander word deur die vibrasiefrekwensie te varieer deur van die trekker se ratte, of 'n spesiale ratkas op die werktuig, gebruik te maak.
- Die intensiteit van bewerking op verskillende vlakke kan ook gevarieer word deur die werktuig byvoorbeeld met verskillende lemme aan dieselfde skag toe te rus, sodat gedeeltes van die grond byvoorbeeld dubbeld bewerk word. Hierdie metode bied groot moontlikhede vir gevalle waar daar byvoorbeeld in een proses geploeg en geplant wil word.

Die werktuig kan maklik aangepas word om die volgende verskeidenheid van take te verrig, naamlik:

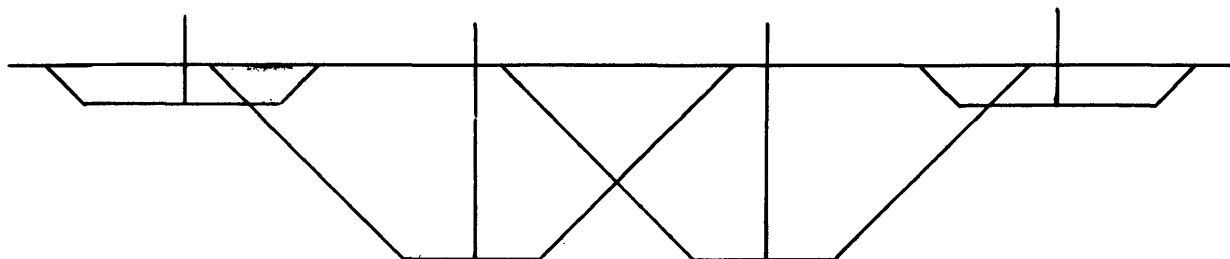
- . Dit kan gewoonweg as 'n ploeg gebruik word.
- . Dit kan as 'n skoffelwerktuig gebruik word deur die bewerkingsdiepte baie vlak te stel
- . Dit kan vir ploeg-plant bewerkingsmetodes aangewend word (met die moontlikheid van 'n baie fyn saadbed deur addisionele vlak lemme aan te bring).
- . Strookbewerking vir optimum bewerkingspraktyke ("minimum tillage") lewer geen probleme nie.
- . Strookbewerking, gekombineer met skoffel tussen die stroke kan ook bewerkstellig word deur sekere lemme vlak te stel en ander weer dieper. (Sien figuur 65.)
- . Die vibrasieploeg kan sonder veel moeite verander word om 'n harde ploegsool op te breek terwyl dit normaalweg ploeg. Dit sal slegs nodig wees om 'n verlenging aan die skag aan te bring sodat laasgenoemde deur die ploegsool sal dring.



Figuur 64. Verskillende kombinasies van lemme wat gebruik kan word om die aard van bewerking te verander.



A. Diepbewerkte strook met vlak bewerkte stroke aan weerskante.



B. Breë, Diepbewerkte strook met vlak bewerkte stroke aan weerskante daarvan.

Figuur 65. Verskillende diepte-profiel wat verkry kan word met verskillende lemkombinasies

Daar bestaan ook moontlikhede dat dieselfde werktuig met geringe wysigings of toevoegings as grondbone- of boontjeligter, of selfs ook as ertappeluithaler gebruik behoort te kan word.

- Die vibrasieploeg in sy huidige vorm is uiters geskik as 'n stoppelbewerkingswerktuig, en kan as sulks die volgende voordele inhou, naamlik: (Sien Möhr - 1966)
 - . laer wind- en watererosie
 - . beter voghouvermoë tydens reëns
 - . beter onkruidbeheer omdat sade nie so maklik kan ontkiem en ontwikkel indien dit op die oppervlak bly niebeter plaagbeheer as gevolg van die feit dat toestande minder gunstig is vir swam-ontwikkeling, bakteriese siektes ensovoorts, en vele ander voordele.
- Verlaagde trekstangtrek en energievereistes, gekombineer met die moontlikhede van ploeg-plant-bewerking, minimum- en strookbewerking bied die moontlikhede dat landerye nie in die droë wintermaande voorberei hoef te word vir die lentereëns nie, maar direk na die reëns bewerk en beplant kan word in dieselfde tyd as wat tans nodig is om die lande met skottelêe te deurkruis en dit daarna te beplant.
- Dit behoort nie meer te kos om 'n vibrasieploeg te vervaardig as wat tans die geval is met rysterplaat- en skottelploeë nie. Indien die verdere veelsydigheid van die werktuig in gedagte gehou word, kan die een implement met alle toebehore dieselfde take verrig as wat tans deur die ploeg, skottel-eg, planter, skoffelploeg en grondboontjeligter verrig moet word. 'n Geweldige besparing ten opsigte van meganiseringkoste kan dus op hierdie wyse verkry word.
- Weens die verlaagde trekrag en kleiner neiging om aan te pak, kan daar baie gouer in veral swaar gronde begin word met bewerking as wat tans die geval is met rysterplaat- en skottelploeë.

Nadele van die Vibrasieploeg:-

Die nadele wat op hierdie stadium ten opsigte van die vibrasieploeg vasgestel kan word, is as volg:

- Probleme is tydens die bewerking van die droë sanderige leem met aanpakking van plantreste ondervind. Die rede hiervoor lê skynbaar daarin dat daar 'n laag lang mieliestronke op die oppervlakte van die land teenwoordig was. Die probleme behoort maklik oorkom te kan word

deur die werktuig met kouters toe te rus, of deur die vibrerende lemme alternatief effens na vore en na agter, in twee rye loodreg op die bewegingsrigting, aan te bring.

- In die huidige vorm is dit nie in staat om plantreste in te ploeg nie, en dit kan dus nie vir groenbemesting aangewend word nie. Indien ernstige aandag egter aan hierdie beswaar gegee word, behoort die nodige wysigings redelik maklik aangebring te kan word deur die aandryf-as nader aan die grond te monteer, en dit terselfdertyd met kaplemme toe te rus. Op hierdie wyse kan die gewone vibrasie-tipe bewerking aangevul word deur 'n roterende-kapploeg-tipe bewerking aan die oppervlakte, waardeur plantmateriaal dan wel ingewerk en met die grond vermeng kan word. Die feit dat die plantreste nie ingewerk word nie, lewer normaalweg nie enige ernstige probleme ten opsigte van plantsiektes, onkruid en sovoorts nie (sien Möhr - 1966 en andere). Indien daar egter wel sulke probleme sou voorkom, behoort dit nie moeilik te wees om die nodige kontrole deur middel van bespuiting met die nodige chemikalieë soos voor-opkoms onkruidodders, swamen en insek-beheerspuitmiddels ensovoorts tydens bewerking of daarna te verkry nie.

Aanbevelings ten opsigte van moontlike verbeterings en verdere navorsingsprojekte:-

Die prototipe vibrasieploeg is uitsluitlik vir die nodige navorsingswerk gebou, en sal dus noodwendig geringe wysinge moet ondergaan indien dit kommersieel vervaardig en bemark staan te word. Die belangrikste wysigings in hierdie verband wat aanbeveel kan word, is die volgende, naamlik:

- Die grondbewerkingslem is tans aan die skag vasgesweis, en behoort vervangbaar te wees. Hierdie vereiste behoort maklik nagekom te kan word deur die lem van 'n soort kraag, wat aan die skag vasgebout kan word, te voorsien. Laasgenoemde verandering bied ook die moontlikhede dat meer as een lem op 'n skag gebruik kan word, dat elke lem se posisie verstel kan word, en dat lemme vinnig en maklik vervang kan word indien hulle sou slyt of breek. (Sien figuur 64.)
- Die skag self behoort ook verstelbaar te wees sodat die punt dieper gestel kan word vir die opbreking van ploegsole en sodat die relatiewe bewerkingsdieptes van verskillende lemme maklik verstel kan word sonder om die hele implement te verander. Hierdie verstellings is veral wenslik vir strookverwerking, soos in figuur 65 aangetoon.

- Geringe wysigings ten opsigte van die posisie, aanhegting en konstruksie van die spiraalvere, raamwerk en aandrywing ensovoorts behoort vervaardiging verder te vergemaklik en kostes verder te besnoei. Die hele bewerkingsseenheid kan ook nader aan die trekker aangebring word as wat by die prototipe noodwendig die geval was.
- Diepte-beheer wile sal slegs op baie wye vibrasieploëë, of vir gebruik by trekkers sonder diepte-beheer nodig wees.

Afgesien van die werkveld wat reeds gedek is, mag dit wenslik wees om in die toekoms ook verdere navorsing ten opsigte van die volgende aspekte te onderneem, naamlik:

- . 'n Ondersoek na die invloed van die vibrasieploeg teenoor konvensionele bewerkingsmetodes op ploegsoelvorming.
- . 'n Ondersoek na die opbrengste wat van verskillende gewasse verkry word deur van ploeg-plant metodes, minimum bewerking of stoppelbewerking met vibrasieploëë gebruik te maak, teenoor die konvensionele metodes van bewerking en verbouing.
- . Die invloed van langdurige bewerking met vibrasieploëë teenoor gewone ploëë, op die grondstruktuur.
- . Verdere toepassings van die vibrasiebeginsels wat neergelê is op sulke toerusting soos ertappeluithalers, grondboneligters, skeurploëë, damskroppe, padskrapers, stootskrapers ensovoorts ten einde verlaagde energievereistes te verkry en bewerkingsdoeltreffendhede en -tempo's te verhoog.

X. OPSOMMING

Grondbewerking geskied tans nog grotendeels met konvensionele werktuie wat hulle ontstaan in die era van diere-trekkrag gehad het, en in die meeste gevalle reeds vir meer as 'n eeu basies onveranderd gebly het. Die oorsake-ling na meganiese kragbronne het meegebring dat die energie in 'n baie meer aanpasbare vorm beskikbaar geraak het, met die gevolg dat nuwe ontwikkelings noodsaaklik geword het om te verseker dat die beskikbare energie so doeltreffend moontlik vir grondbewerking aangewend kon word. Dit is reeds lank bekend dat vibrasie-verbrokkeling trekstangtrekkragvereistes verlaag maar daar kon tot dusver nie daarin geslaag word om hierdie beginsel doeltreffend op grondbewerking toe te pas nie. Een van die hoofredes was skynbaar dat die teoretiese benadering van die faktore wat die energievereistes beïnvloed nie genoeg aandag gekry het nie. Die basiese doel van hierdie ondersoek was gevolglik om hierdie leemte aan te vul deur die bewegings- en energievereistes van vibrasieverbrokkelingsapparaat as primêre bewerkingsimplement te ondersoek.

'n Teoretiese ontleding is gevolglik ten opsigte van die spesifieke energievereistes van 'n eenvoudige skuins lem gemaak ten einde die invloed van die verskillende faktore te bestudeer. Die teoretiese ontleding is aangevul met praktiese resultate in vyf verskillende grondtipes by vier verskillende vogpeile en teen snelhede van twee tot agt myl per uur. Vyf lemtipes, wat verskillende hoeke met die horisontaal gemaak het, is vir hierdie ondersoek gebruik, en daar is gevind dat die volgende vereistes nagekom moet word om minimum energievereistes te verseker, naamlik:

- Die lengte van afskuiwing van die grondlae oor die bewerkingswerktuig moet 'n minimum wees.
- Hellingshoeke, voorwaartse snelhede en versnellings moet so laag moontlik gehou word.
- Afskuifbreuke moet by lae normaaldrukke, of verkieslik onder trekspannings, gevorm word.
- Gronde moet nie onnodig hoog gelig word tydens bewerking nie.

Aangesien konvensionele grondbewerkingswerktuie nie aan bogenoemde vereistes voldoen nie, en ook nie maklik gewysig kon word om daaraan te voldoen nie, is besluit om die moontlikhede van vibrasies vir grondbewerking te ondersoek. Daar is vermoed dat die vibrasieploeg definitiewe voordele ten opsigte van bostaande vereistes sou inhou, en gevolglik is 'n teoretiese ontleding ook ten opsigte van die spesifieke energievereistes van 'n vibrerende lem gemaak. Hierdie ontleding het duidelik getoon dat die volgende voorwaardes vir minimum spesifieke energievereistes nagekom moet word, naamlik:

- Die lengte van die lem moet so kort moontlik wees, en verkieslik nie langer as die voorwaartse beweging van die werktuig per siklus nie.
- Frekwensies en amplitudes van vibrasies moet so klein moontlik wees, maar nogtans groot genoeg om die graad van verbrokkeling wat verlang word, te lewer.
- Die verhouding tussen die vibrasie- en voorwaartse snelheid moet so laag moontlik wees, maar nie kleiner as een nie.
- Die massa grond op die werktuig, en die gewig van die vibrerende gedeeltes moet laag gehou word.

Bogenoemde teoretiese bevindings is gedeeltelik gestaaf deur praktiese resultate van navorsingswerk wat reeds deur navorsers in die buiteland gedoen is. 'n Enkellemwerktuig is gebou om addisionele inligting te verkry, en die werktuig is so ontwerp dat dit min of meer dieselfde graad van bewerking as 'n gewone rysterplaatploeg sou gee. Praktiese waarnemings van die afstande tussen opeenvolgende afskuiwvlakke van rysterplaatploë is in vyf verskillende grondtipes by veldkapasiteit uitgevoer om die nodige praktiese resultate wat vir die ontwerp benodig was, te verkry.

Die resultate van die enkellem-vibrasieploeg was bevredigend, en 'n agt voet wye prototipe vibrasieploeg met ses lemme is vervolgens gebou en met 'n konvensionele ploeg vergelyk ten opsigte van trekstangtrekkragvereistes, totale spesifieke energievereistes, intensiteit van bewerking en relatiewe lugdeurlaatbaarheid van die bewerkte gronde teenoor die onbewerkte ekwivalent. 'n Verdere besparing in energievereistes is moontlik gemaak deur die toevoeging van 'n stywe veer, wat nie alleen slytende skarnierpunte uitgeskakel het nie, maar ook 'n natuurlike vibrasie aan die sisteem gegee het wat min of meer ooreengestem het met die geforseerde vibrasie, sodat die energie wat benodig is om die sisteem self aan te dryf, tot 'n minimum verlaag kon word.

Uit die resultate het dit geblyk dat die trekstangtrekkragte van die vibrasieploeg by veldkapasiteit gemiddeld 46.06 persent laer was as by die gewone rysterplaatploeg, en dat die besparing ten opsigte van totale spesifieke energievereistes onder dieselfde toestande 41.7 persent in die guns van die vibrasieploeg was. Uit die kluitontledings en lugdeurlaatbaarheidstoetse het dit geblyk dat die aard van die bewerking by albei werktuie baie eenders was, maar dat die vibrasieploeg 'n baie geringe neiging tot beter verbrokkeling en 'n hoër relatiewe lugdeurlaatbaarheid as die rysterplaatploeg getoon het.

BYLAE A

PRAKTIESE RESULTATE WAT MET DIE NIE-VIBRERENDE LEMME VERKRY IS

Die praktiese resultate wat met die nie-vibrerende lemme verkry is, en wat in hierdie bylae aangegee word, bestaan uit die resultate wat nodig was vir die bepaling van die grondtipe, -eienskappe, en die trekkragresultate wat met die verskillende lemtipes in die verskillende gronde by verskillende snelhede en voginhoudes verkry is.

Klassifikasie van die vyf gronde wat gebruik is

Die resultate wat tydens die deeltjiegrootte-ontleding van die vyf gronde verkry is, word in figuur 1 aangegee. Hieruit blyk dit duidelik dat die gronde as volg geklassifiseer kan word, naamlik -

- Grondtipe A: Sand
- Grondtipe B: Sanderige Leem
- Grondtipe C: Sanderige Kleileem
- Grondtipe D: Sanderige Klei
- Grondtipe E: Klei

Bepaling van die grondkonstantes

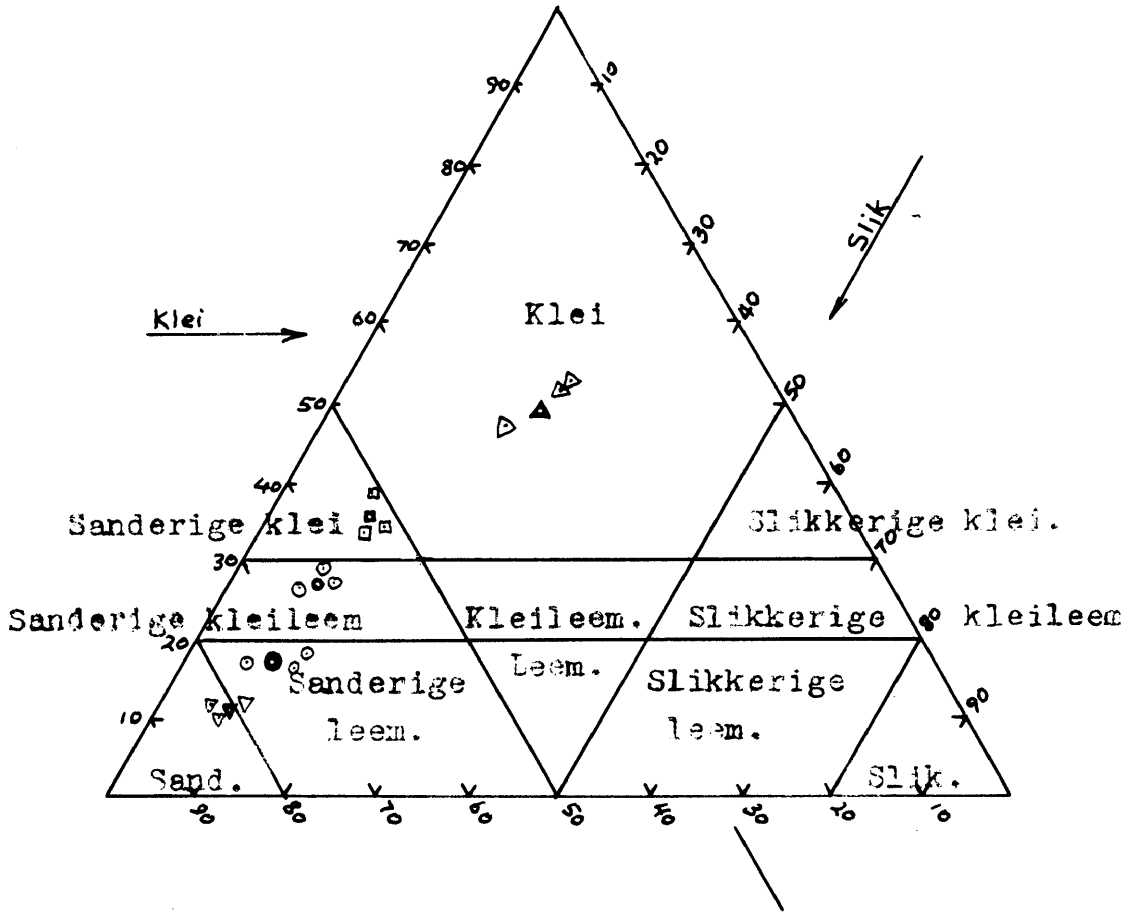
Hoewel daar by vier verskillende voginhoudes vir elke grond gewerk is, is die grondkonstantes soos die bulkdigtheid, afskuif-eienskappe ensovoorts slegs by veldkapasiteit bepaal omdat die res van die voginhoudes nie vir die berekenings van die teoretiese waardes nodig was nie.

Bulkdigtheids-resultate:

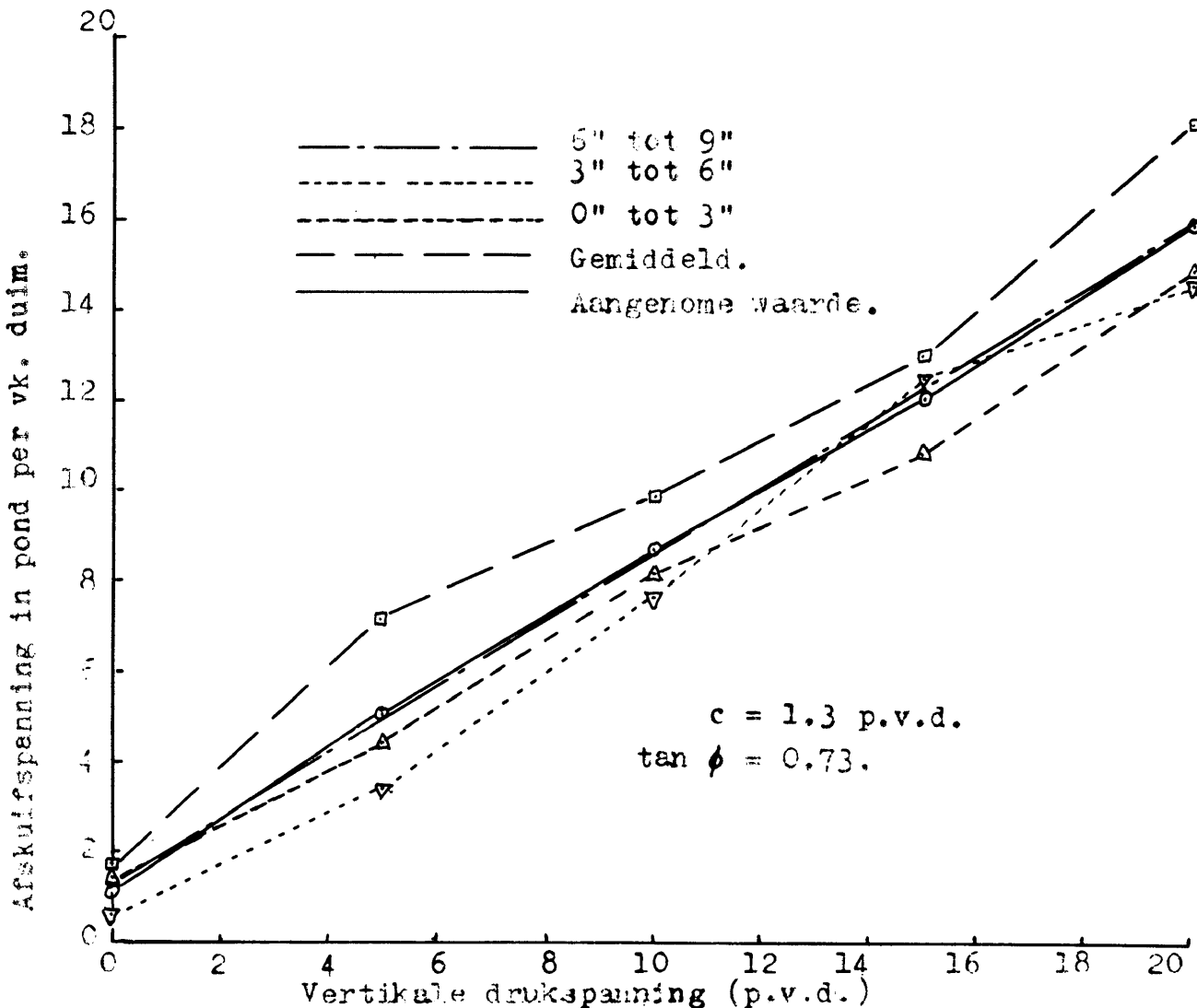
Die bulkdigtheids-resultate word in tabel 1 aangegee, en is so verwerk dat die gemiddeldes vir elke drie duim interval tot op 'n diepte van 9 duim verkry is. Dit totale gemiddelde is die gemiddelde van die volle reeks lesings van die betrokke grond.

Voginhoudsbepaling:

Tabel 2 toon die gemiddelde waardes van die vier voginhoudes van elk van die vyf gronde wat vir hierdie deel van die studie gebruik is. Aangesien daar vir elke grondtipe en voginhoud 'n totaal van nege monsters geneem is, is die monsters in groepe van drie saamgevoeg voordat die voginhoudes deur



Figuur 1. Klassifikasie van die vyf gronde volgens Karol et al.



Figuur 2. Afskuifresultate van die sanderige grond (tipe A I.)

Tabel 1: Bulkdigtheid van die vyf gronde by veldkapasiteit

| Grondtipe | 0 tot 3" | Diepte 3" tot 6" | 6" tot 9" |
|-----------------------|----------|---------------------|-----------|
| A. Sand | 99.0* | 103.0 | 107.6 |
| Totale Gemiddeld | -103.3 | | |
| B. Sanderige Leem | 104.4 | 118.9 | 117.1 |
| Totale gemiddeld | -114.0 | | |
| C. Sanderige kleileem | 126.6 | 127.6 | 126.1 |
| Totale gemiddeld | -126.6 | | |
| D. Sanderige klei | 99.6 | 123.1 | 123.1 |
| Totale gemiddeld | -115.3 | | |
| E. Klei | 99.0 | 112.7 | 129.1 |
| Totale gemiddeld | -113.6 | | |

* Bulkdigtheidwaardes is die gemiddeld van nege lesings

Tabel 2. Voginhoud van die vyf gronde by die vier verskillende vogpeile

| Grondtipe | Voginhoud (Droë gewig-basis) | | | |
|------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|
| | I* | II | III' | IV |
| A (Sand) | 8.97 | 6.82 | 4.85 | 3.02 |
| B (Sanderige Leem) | 13.60 | 11.40 | 8.97 | 6.50 |
| C (Sanderige Kleileem) | 19.25 | 15.29 | 13.12 | 9.21 |
| D (Sanderige Klei) | 23.75 | 16.58 | 12.71 | 9.47 |
| E (Klei) | 27.99 | 22.01 | 19.52 | 14.68 |

Alle waardes toon die gemiddeld van 12 lesings
 (*L.W. - Voginhoud I is by veldkapasiteit.)

middel van die oonddroogmetode bepaal is. Dataverwerking is hierdeur vergemaklik sonder dat akkuraatheid benadeel is.

Bepaling van kohesie en afskuifspannings:

Figure 2 tot 6 toon die direkte afskuifresultate van die vyf gronde by veldkapasiteit. Die kohesiespannings en wrywingskoëffisiënte van die gronde word direk verkry deur die snypunte op die Y-asse en die hellings van die grafieke respektiewelik as maatstaf te gebruik.

Die wrywingskoëffisiënte tussen die gronde en die staal:

Tabel 3 toon die wrywingskoëffisiënte tussen die gronde en die staal by veldkapasiteit. Die gemiddeldes is weereens verkry vir elke drie duim interval tot op 'n diepte van nege duim. Vir berekeningsdoeleindes word die nege duim-waardes egter gebruik omdat dit die diepte is waarop die lem deur die grond beweeg het.

Tabel 3. Die wrywingskoëffisiënt tussen die gronde en staal by veldkapasiteit

| Grondtipe | Diepte | | |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|
| | 0 tot 3" | 3" tot 6" | 6" tot 9" |
| A: Sand | 0.506* | 0.494 | 0.528 |
| Totale gemiddeld | 0.509 | | |
| B: Sanderige Leem | 0.595 | 0.604 | 0.592 |
| Totale gemiddeld | 0.597 | | |
| C: Sanderige kleileem | 0.604 | 0.629 | 0.568 |
| Totale gemiddeld | 0.601 | | |
| D: Sanderige klei | 0.612 | 0.645 | 0.589 |
| Totale gemiddeld | 0.615 | | |
| E: Klei | 0.643 | 0.626 | 0.708 |
| Totale gemiddeld | 0.659 | | |

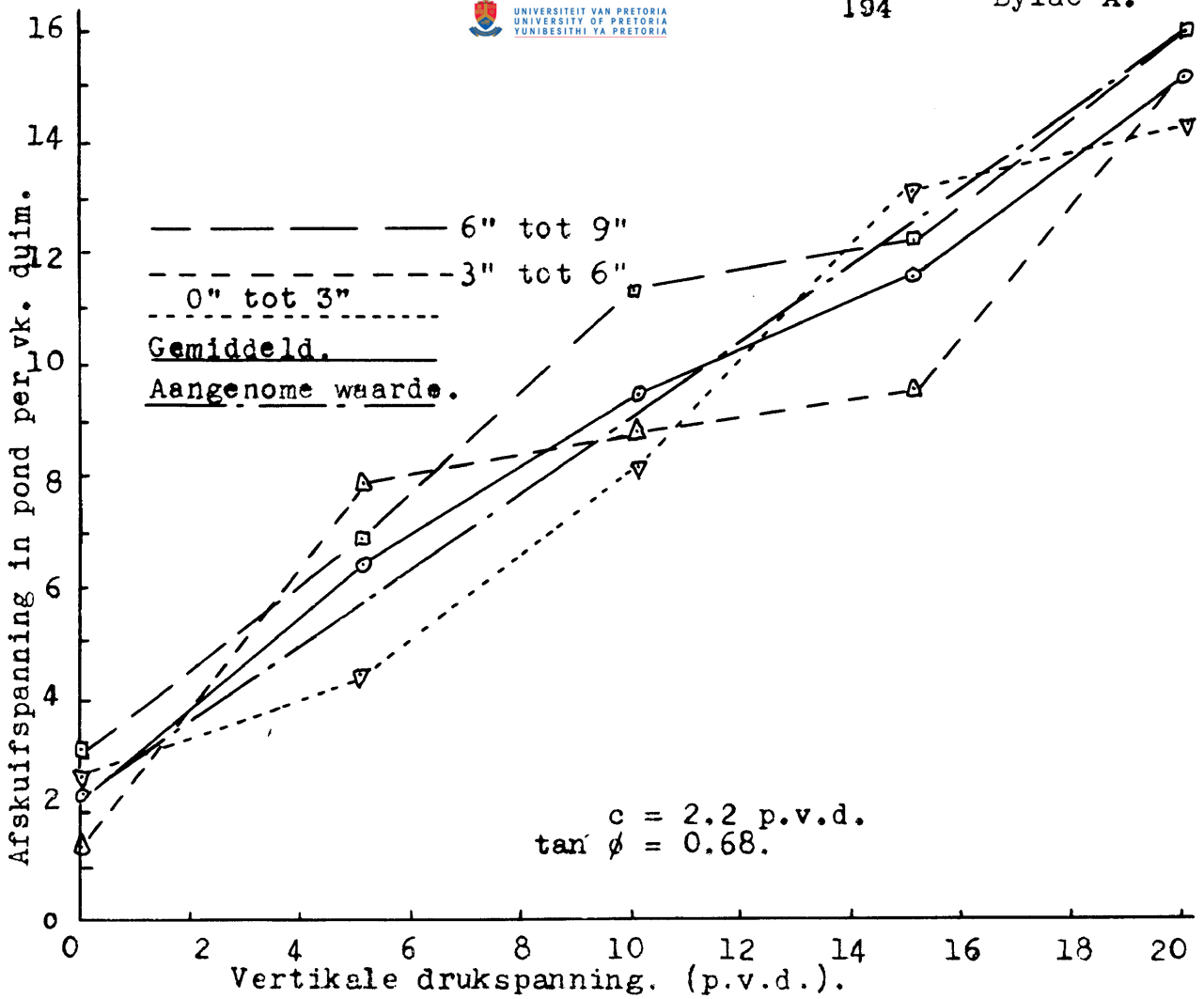
* Aangetoonde waardes is die gemiddeld van twaalf lesings

Snykragbepaling:

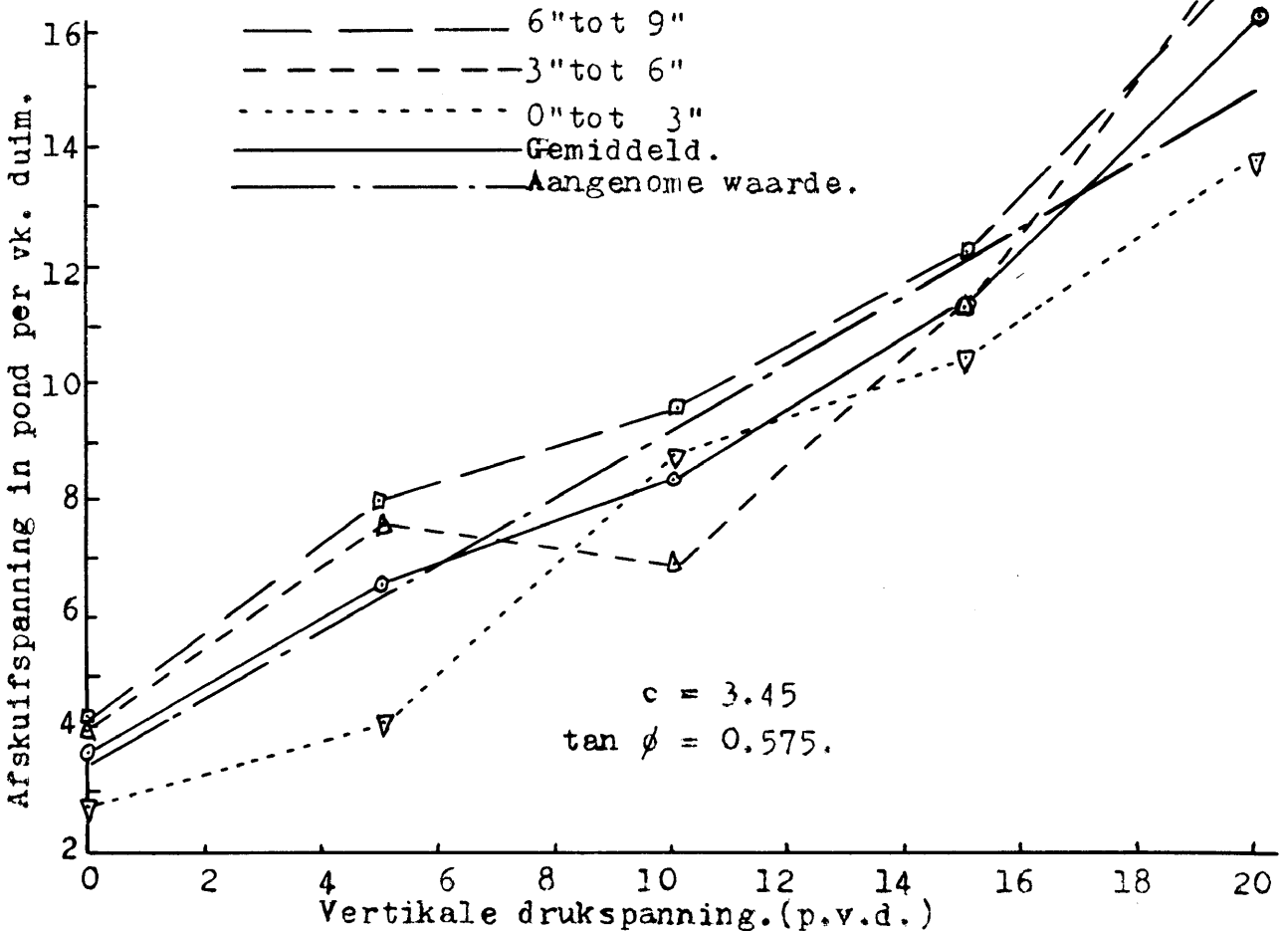
Die snykragresultate word in tabel 4 aangetoon, en ook hier is die nege duim-waardes vir berekeningsdoeleindes aangewend omdat dit die diepte is waarop die lem deur die grond gesny het.

Kalibrasiekrommes:

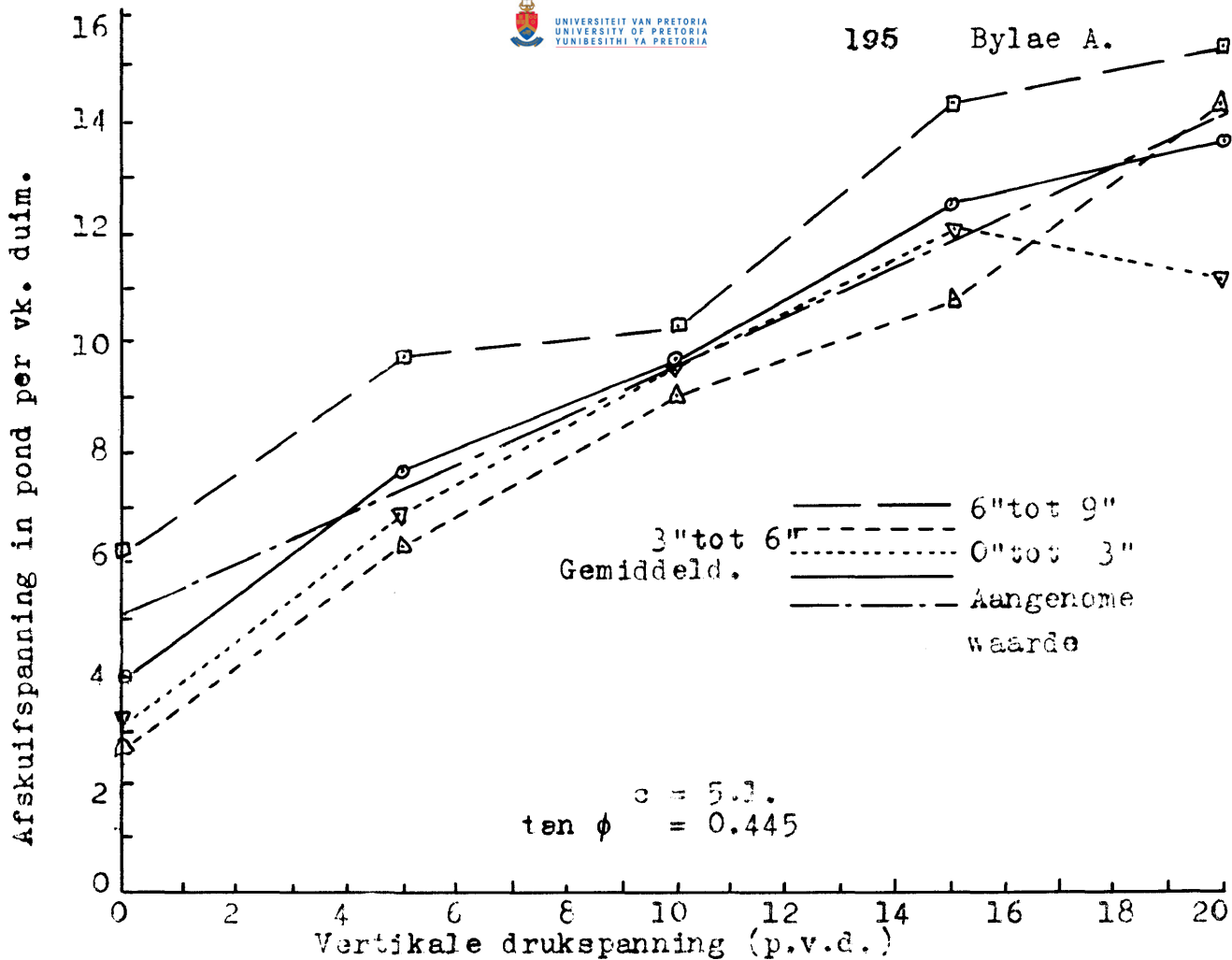
Figure 7 en 8 toon die kalibrasiekrommes van die apparaat wat vir die bepaling van die trekkragevereistes gebruik is.



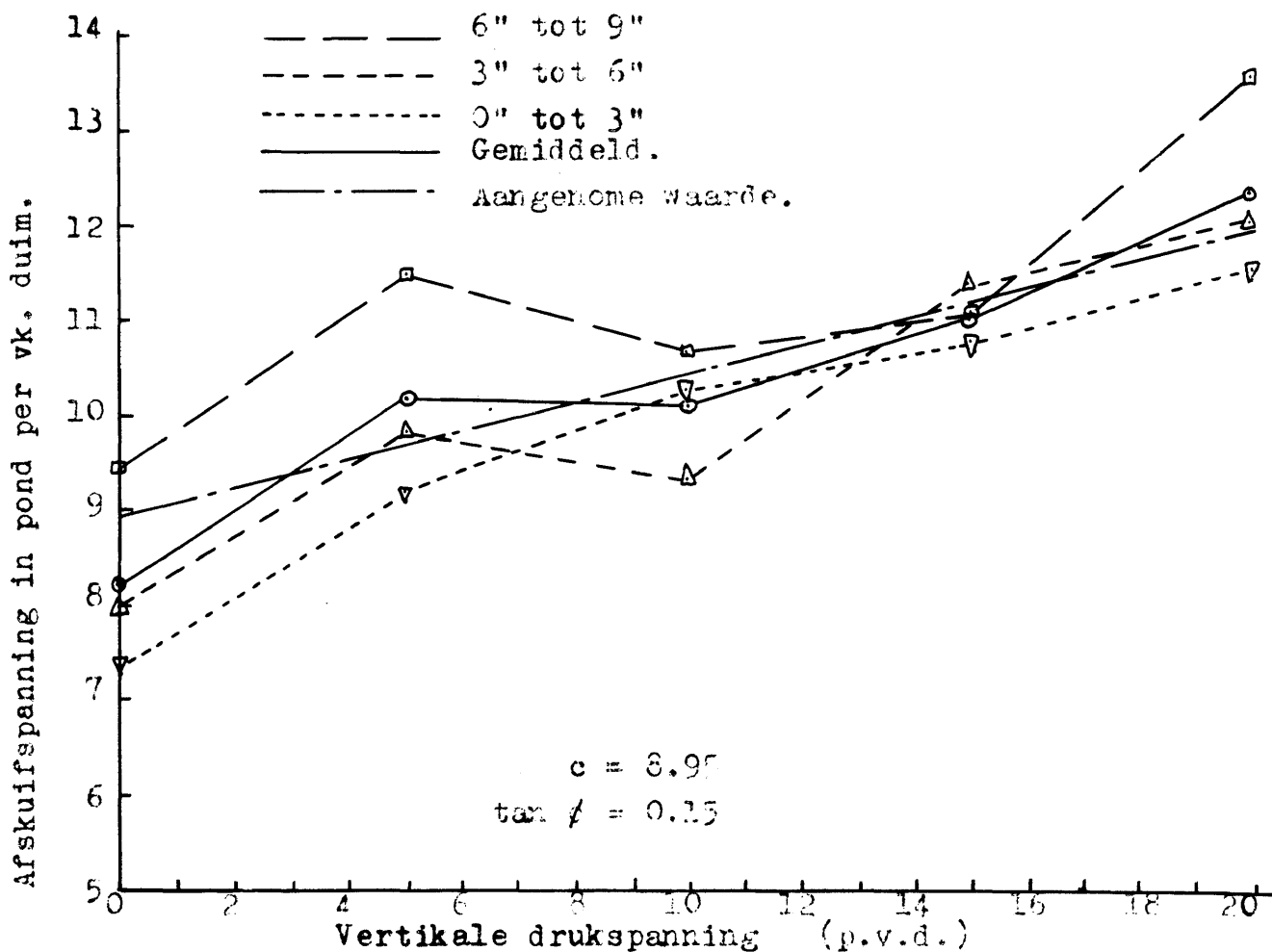
Figuur 3. Afskuiresultate van die sanderige leemgrond. (B I.)



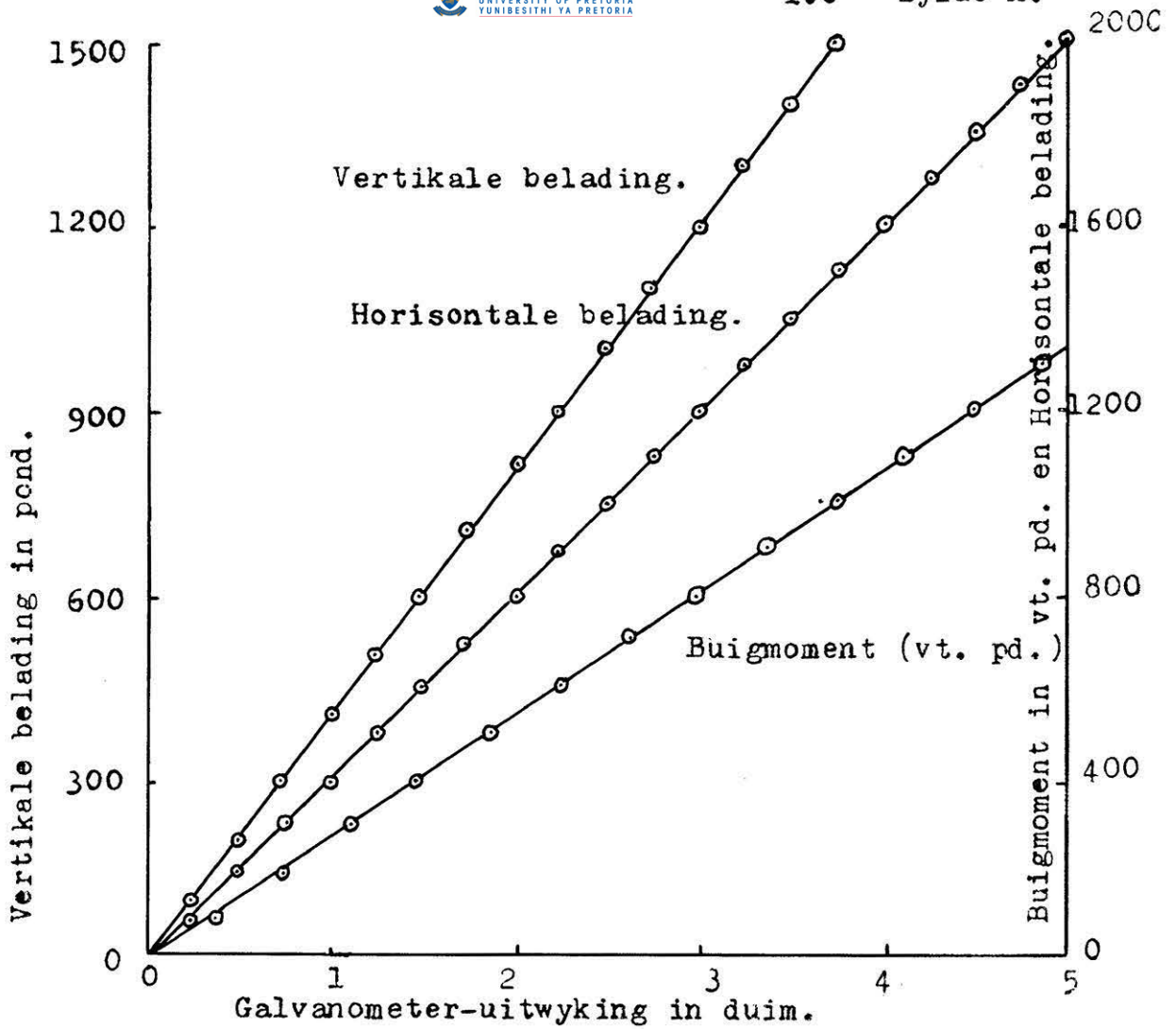
Figuur 4. Afskuiresultate van die sanderige kleileem (C I.).



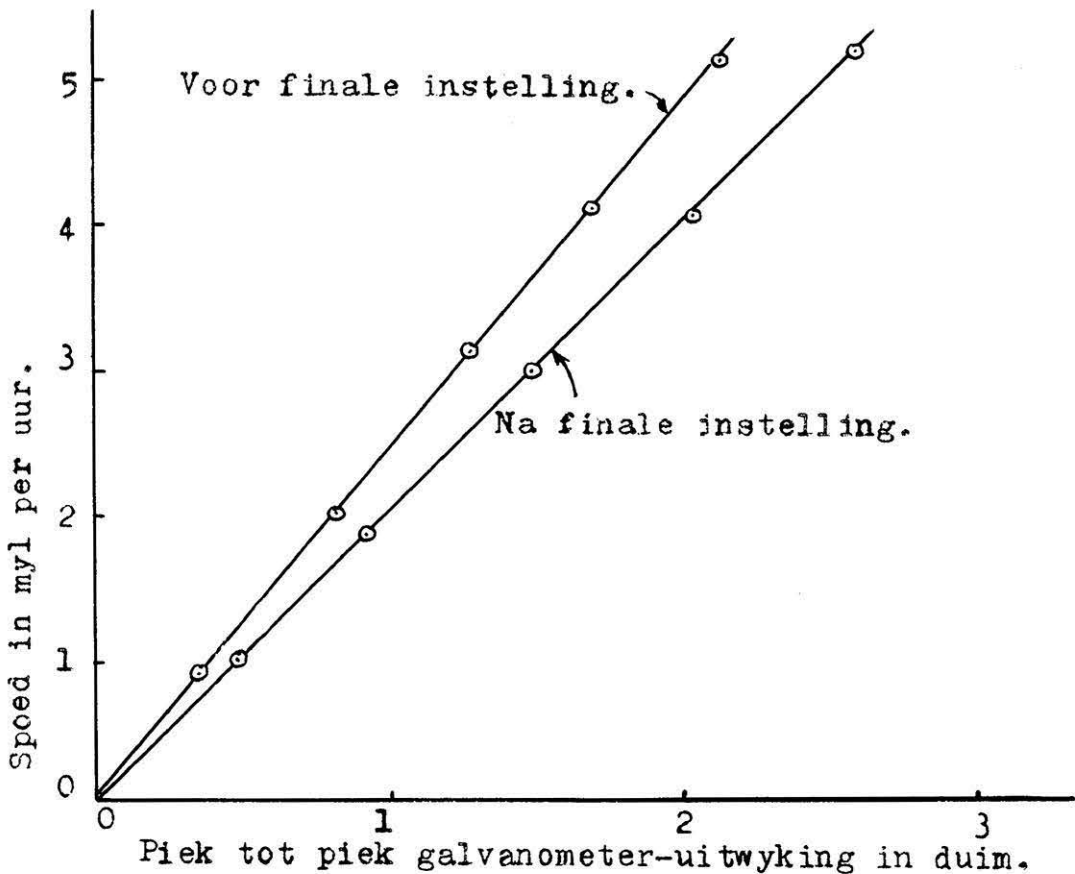
Figuur 5. Afskuifresultate van die sandrige kleigrond. (D I.)



Figuur 6. Afskuifresultate van die kleigrond (type E I.)



Figuur 7. Kalibrasiekrommes van die rekstrook-brûe wat by die nie-vibrerende lemmegebruik is.



Figuur 8. Kalibrasiekrommes van die fietswiel-snelheidsmeter.

Tabel 4. Die snykragte van die vyf gronde (in pond per duim) by veldkapasiteit

| Grondtipe | Diepte | | |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|
| | 0 tot 3" | 3" tot 6" | 6" tot 9" |
| A. Sand | 0.66* | 0.69 | 1.06 |
| B. Sanderige Leem | 2.40 | 2.73 | 3.05 |
| C. Sanderige kleileem | 2.83 | 3.27 | 4.13 |
| D. Sanderige klei | 3.10 | 3.77 | 4.25 |
| E. Klei | 2.95 | 3.75 | 4.08 |

* Snykragwaardes is die gemiddeld van nege lesings

Trekkragresultate:

Figure 9 tot 28 toon die verwerkte trekkragresultate van die verskillende lemme in die verskillende gronde, en by verskillende snelhede en voginhede.

Dwarssnit-areas:

Die dwarssnit-areas wat deur die verskillende lemme in die verskillende gronde bewerk is, word in tabel 5 aangetoon.

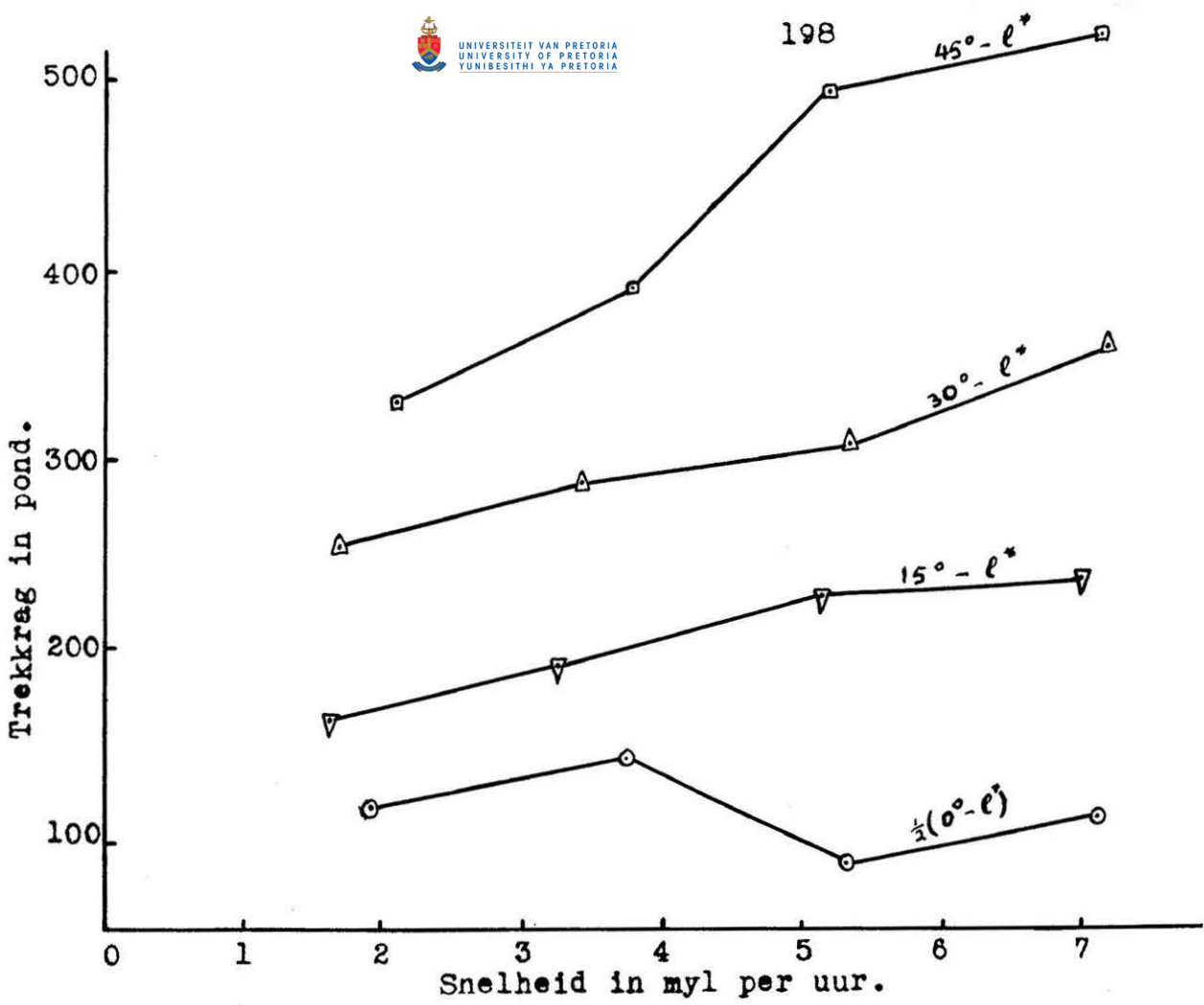
Tabel 5. Dwarssnit-areas wat deur die lemme in verskillende gronde by veldkapasiteit gelewer is. (Vierkante voet.)

| Grondtipe | Tipe lem | | | | Gemiddeld |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|-----------|
| | 0° | 15° | 30° | 45° | |
| A. Sand | 0.653* | 0.660 | 0.656 | 0.653 | 0.656 |
| B. Sanderige leem | 0.673 | 0.672 | 0.669 | 0.682 | 0.674 |
| C. Sanderige kleileem | 0.698 | 0.702 | 0.707 | 0.703 | 0.703 |
| D. Sanderige klei | 0.729 | 0.731 | 0.756 | 0.732 | 0.747 |
| E. Klei | 0.830 | 0.856 | 0.876 | 0.860 | 0.856 |

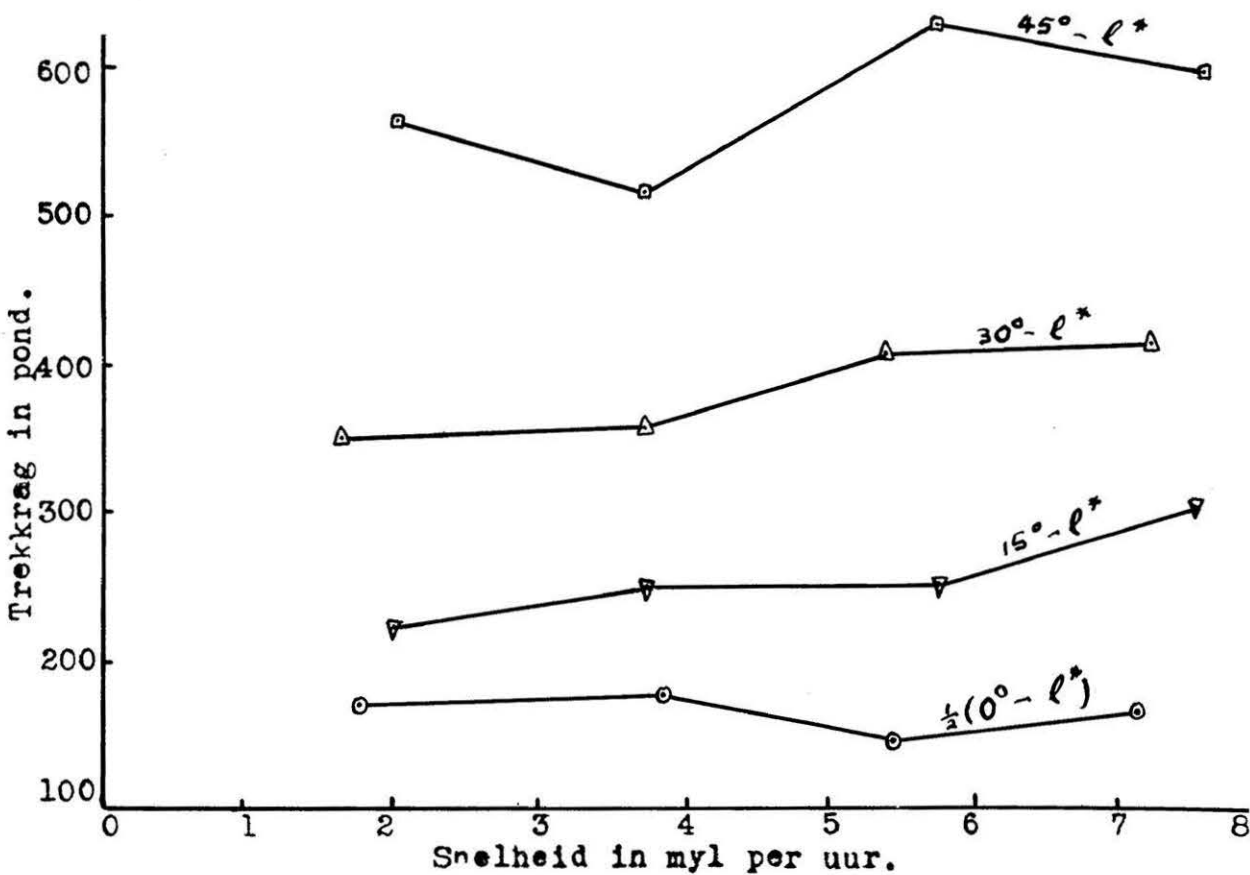
*Aangetoonde waardes is die gemiddeld van die verskillende snelhede se waardes, naamlik 2, 4, 6 en 8 myl per uur.

Berekende waardes van die spesifieke energieverbruik van die lemme:

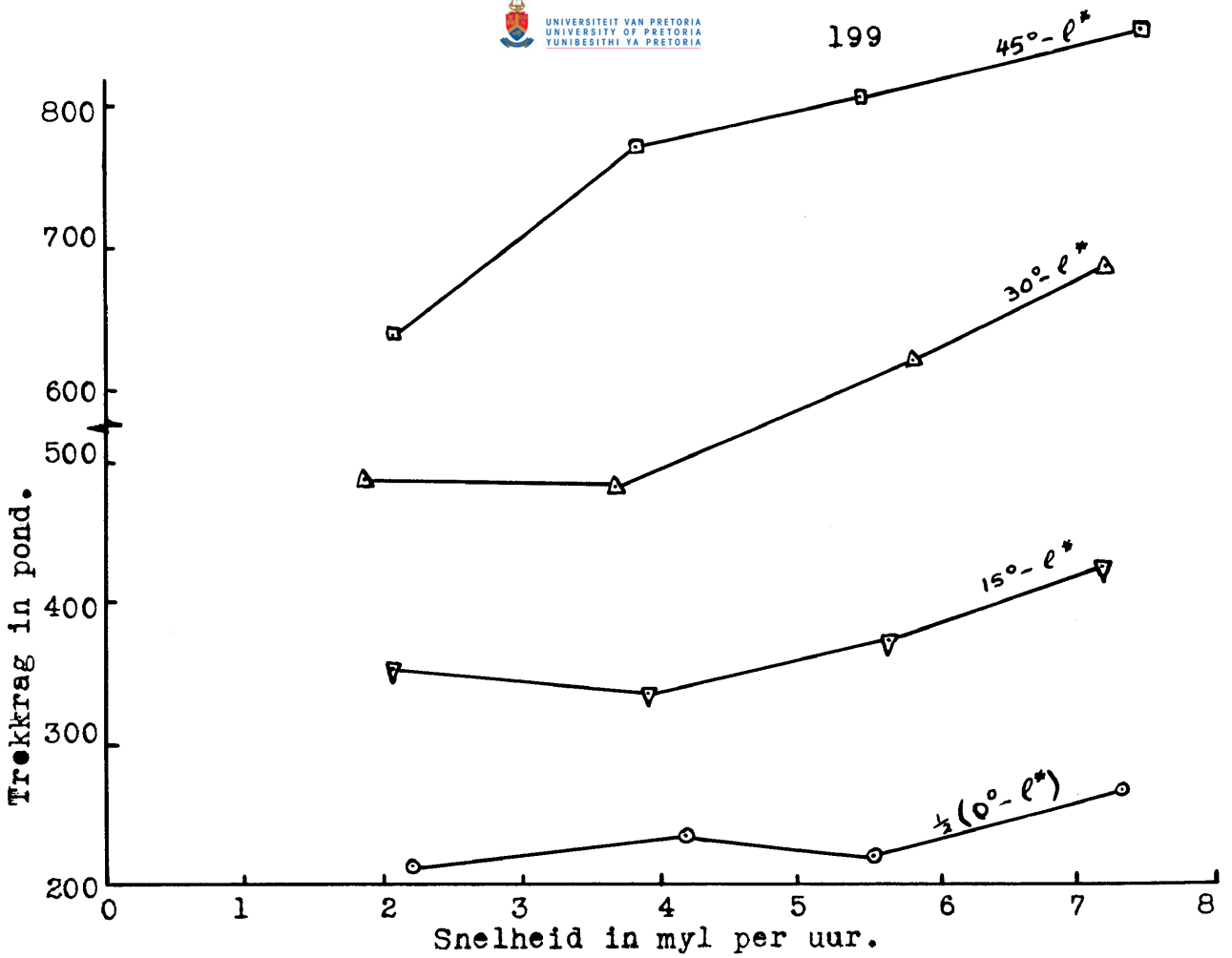
Tabelle 6 tot 10 toon die berekende waardes van die spesifieke energievereistes van die verskillende gronde voor en na aanpassing met die waardes c_k en c_a .



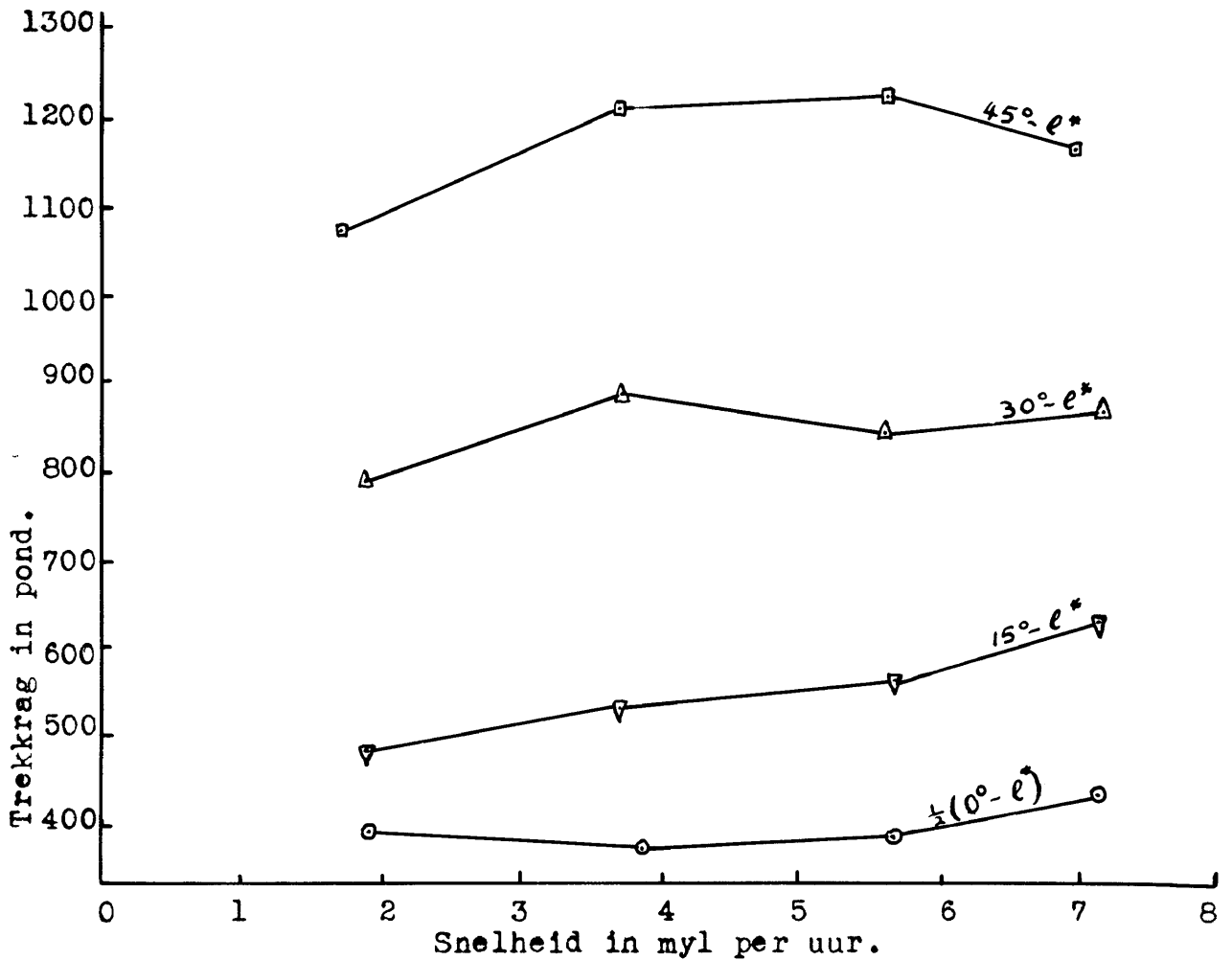
Figuur 9. Verwerkte resultate van die sandgrond. (Tipe A I.)



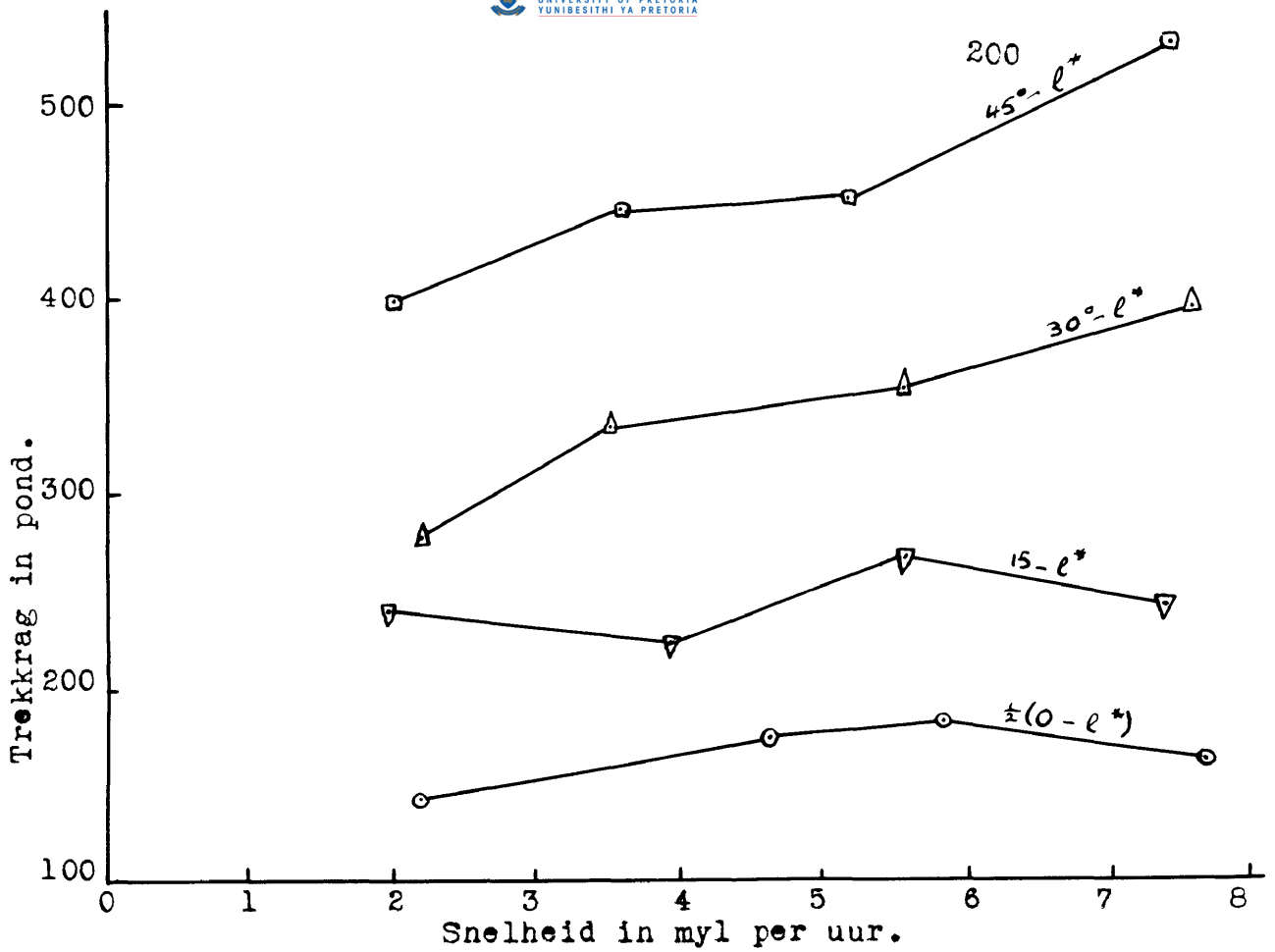
Figuur 10. Verwerkte resultate van die sandgrond. (Tipe A II.)



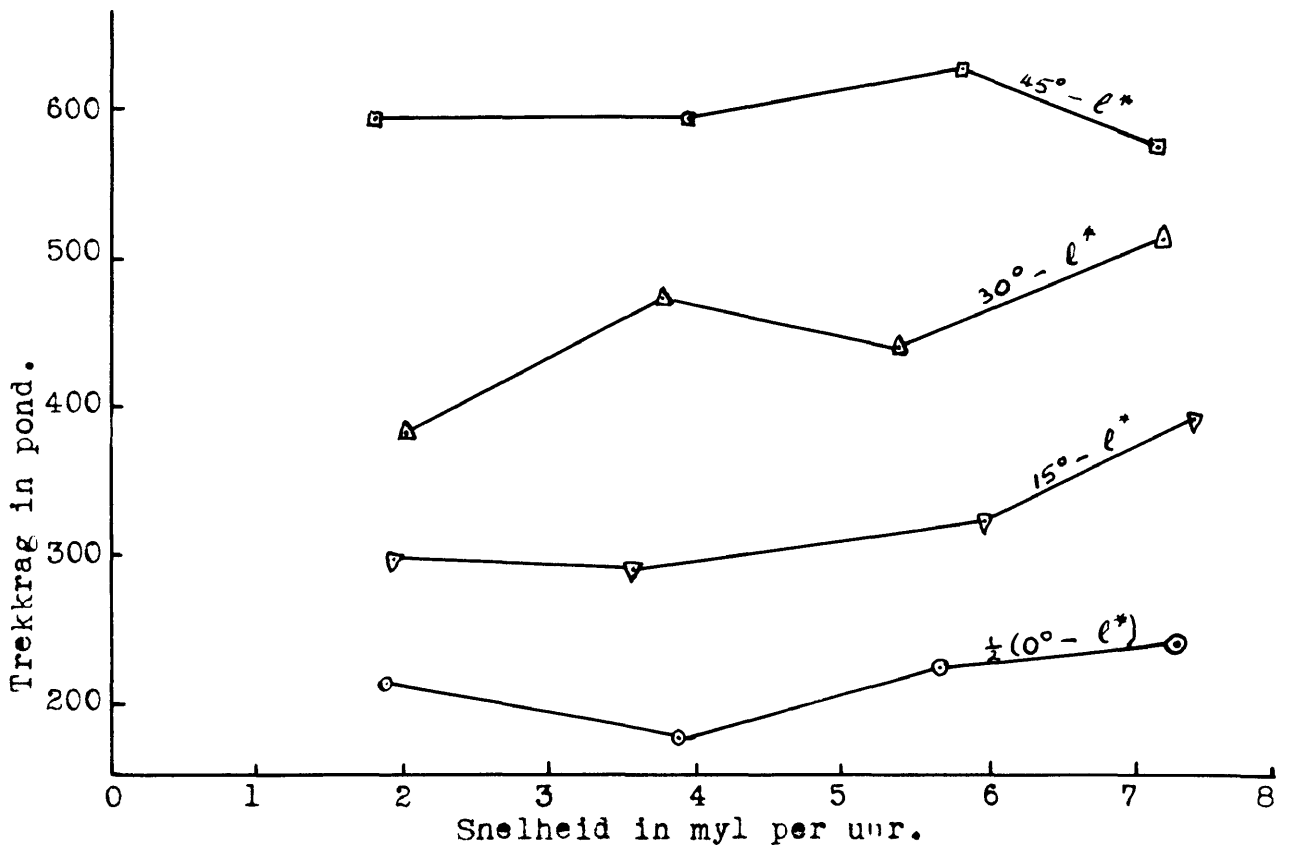
Figuur 11. Verwerkte resultate van die sandgrond.(Tipe A III.)



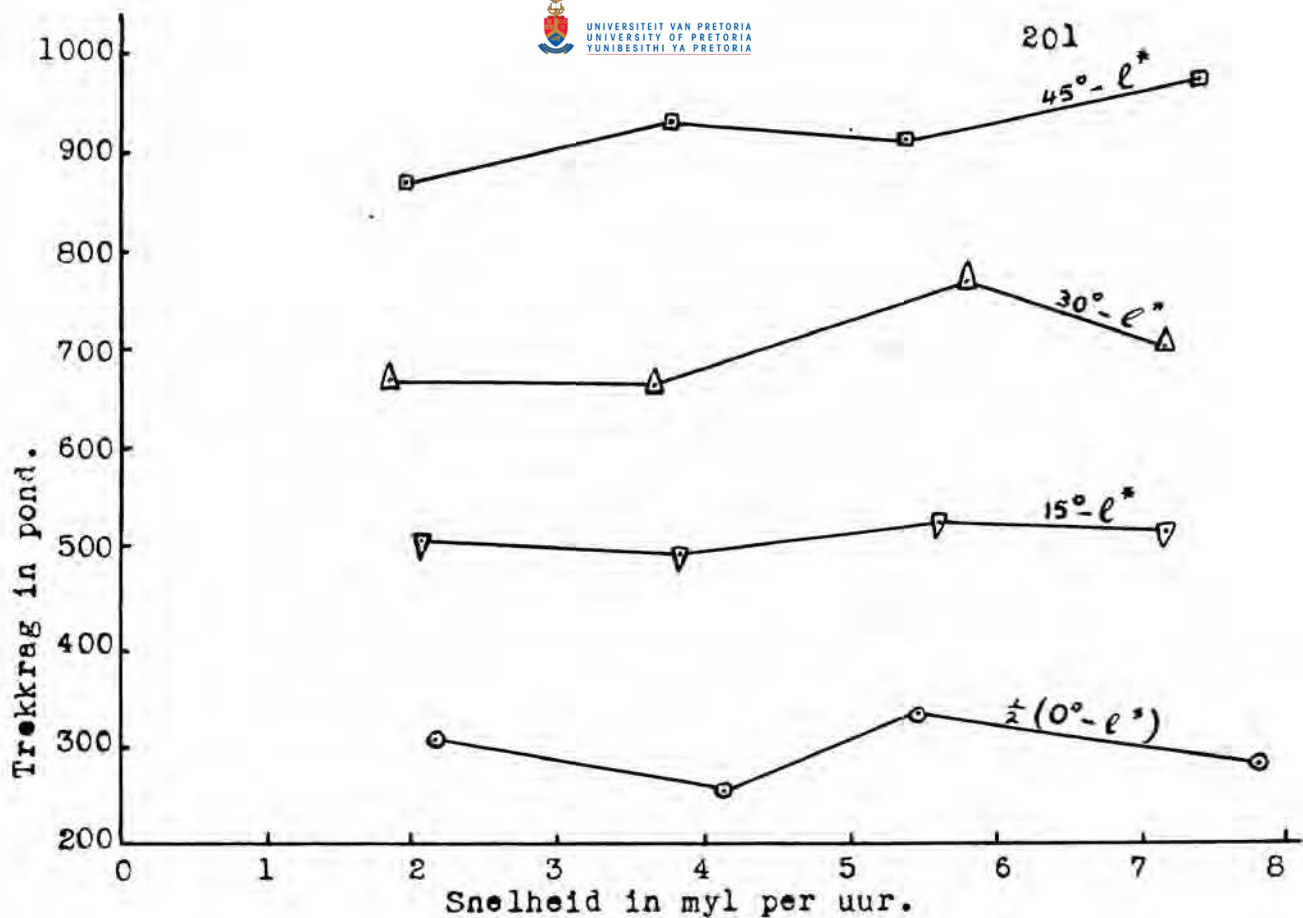
Figuur 12. Verwerkte resultate van die sandgrond.(Tipe A IV.)



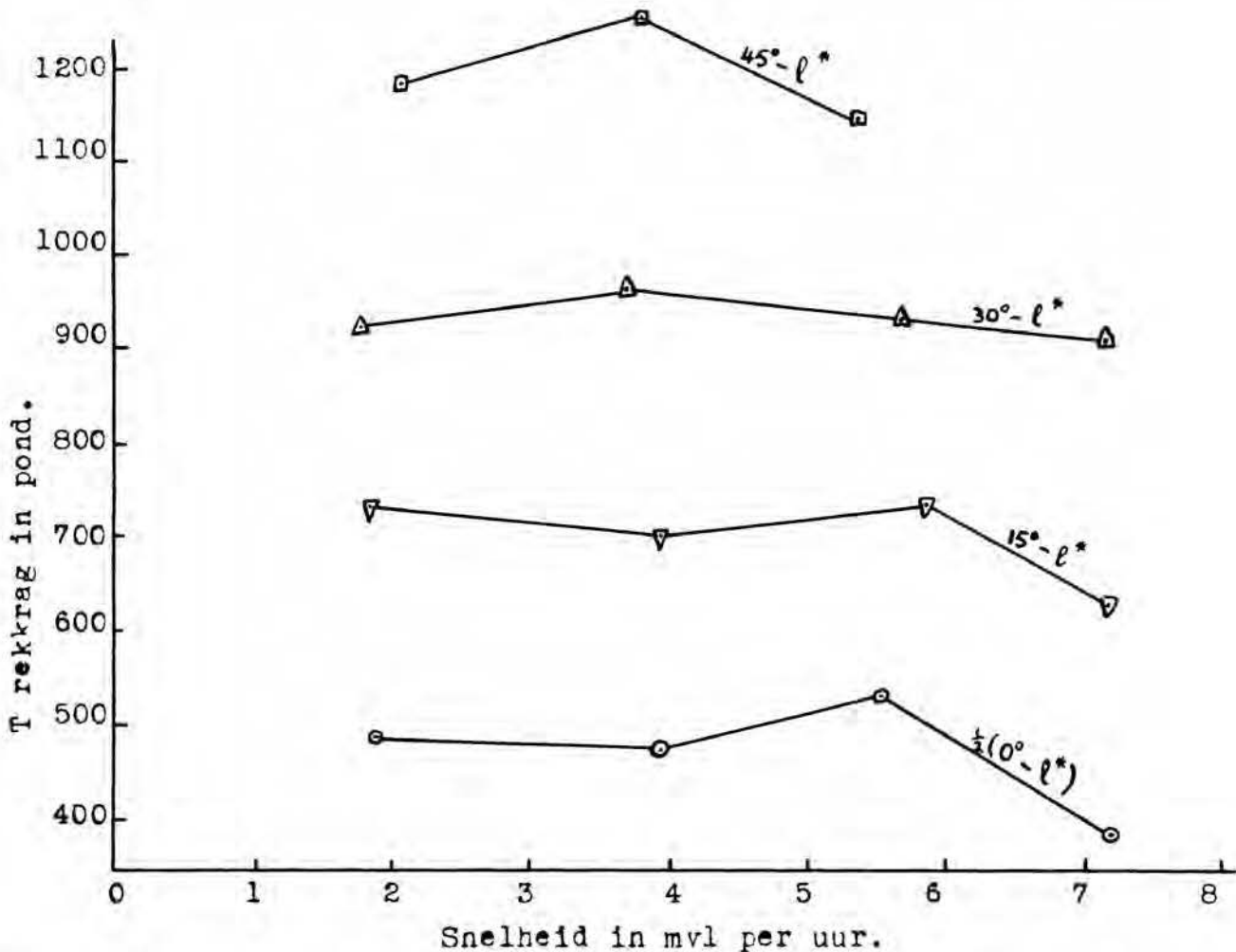
Figuur 13. Verwerkte resultate van die sanderige leem. (Tipe B I.)



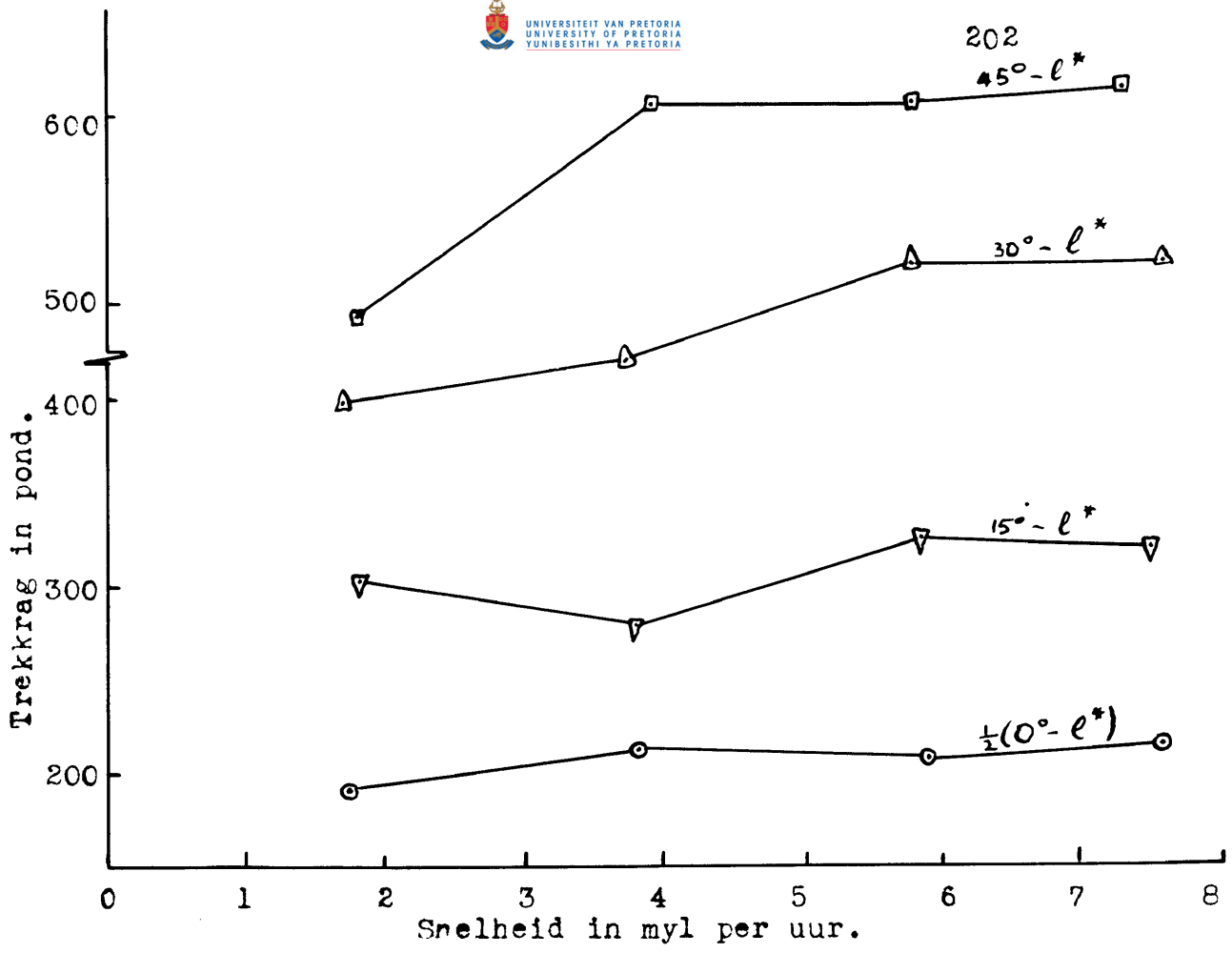
Figuur 14. Verwerkte resultate van die sanderige leem. (Tipe B II.)



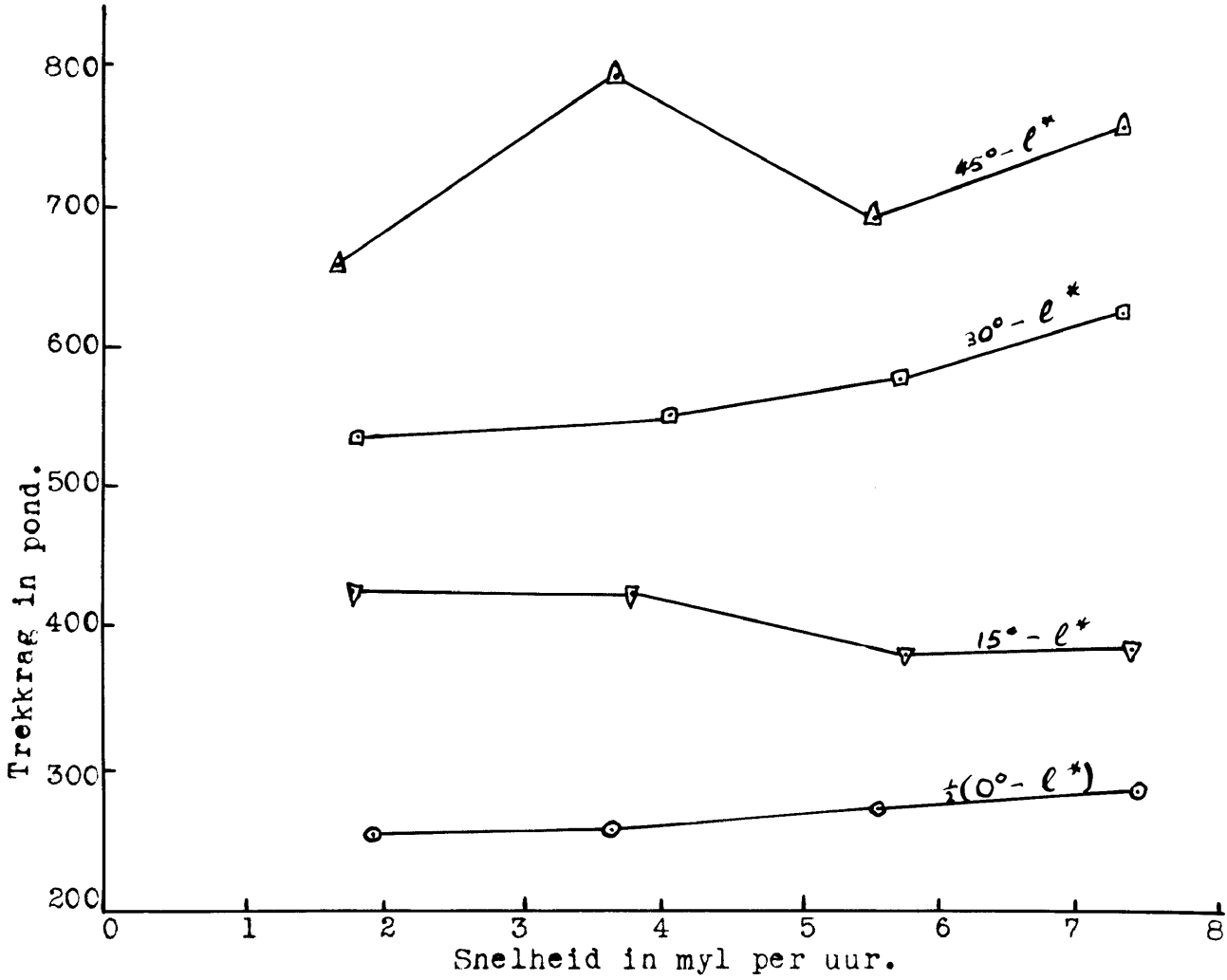
Figuur 15. Verwerkte resultate van die Sanderige leem. (Type B III.)



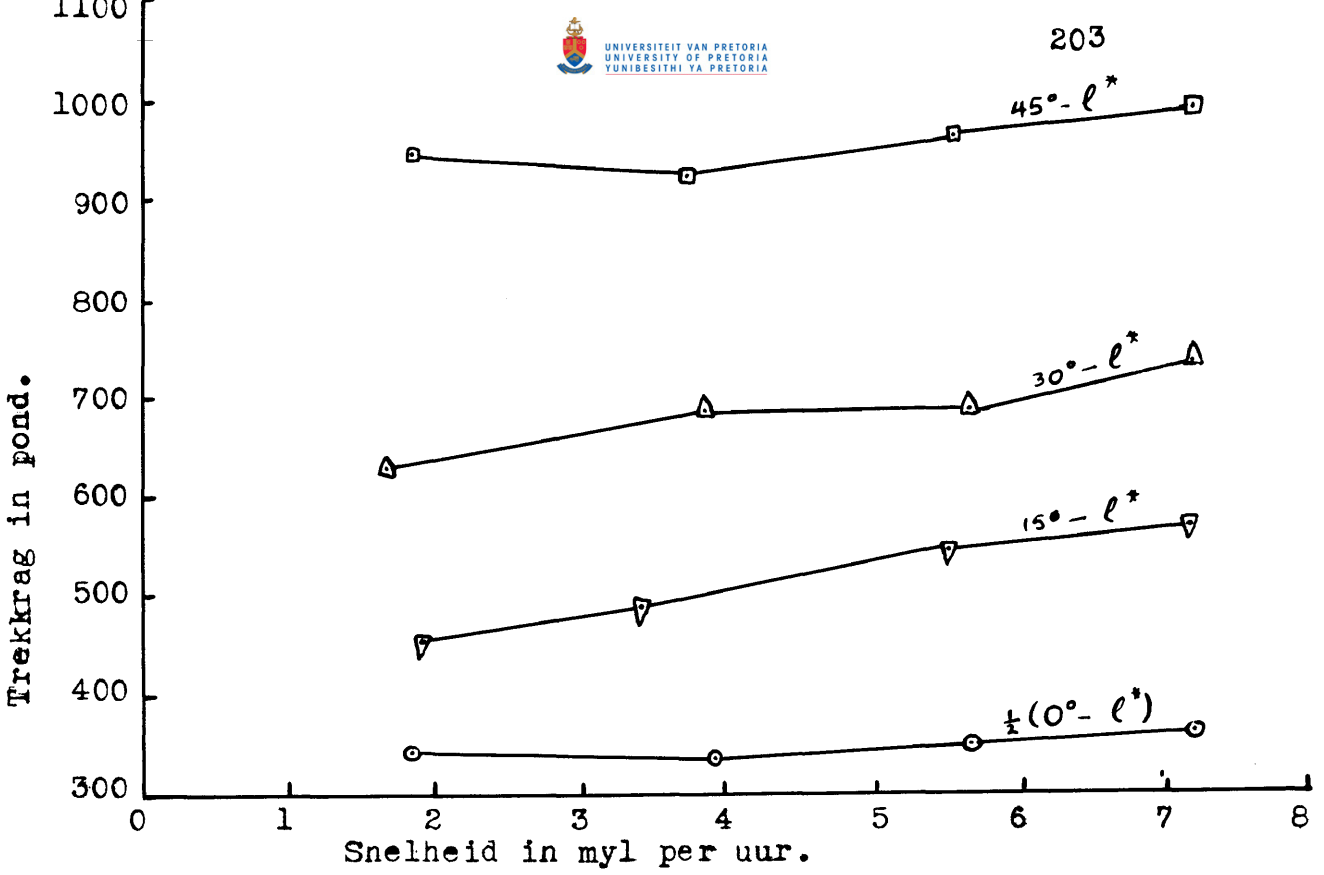
Figuur 16. Verwerkte resultate van die sanderige leem. (Type B IV.)



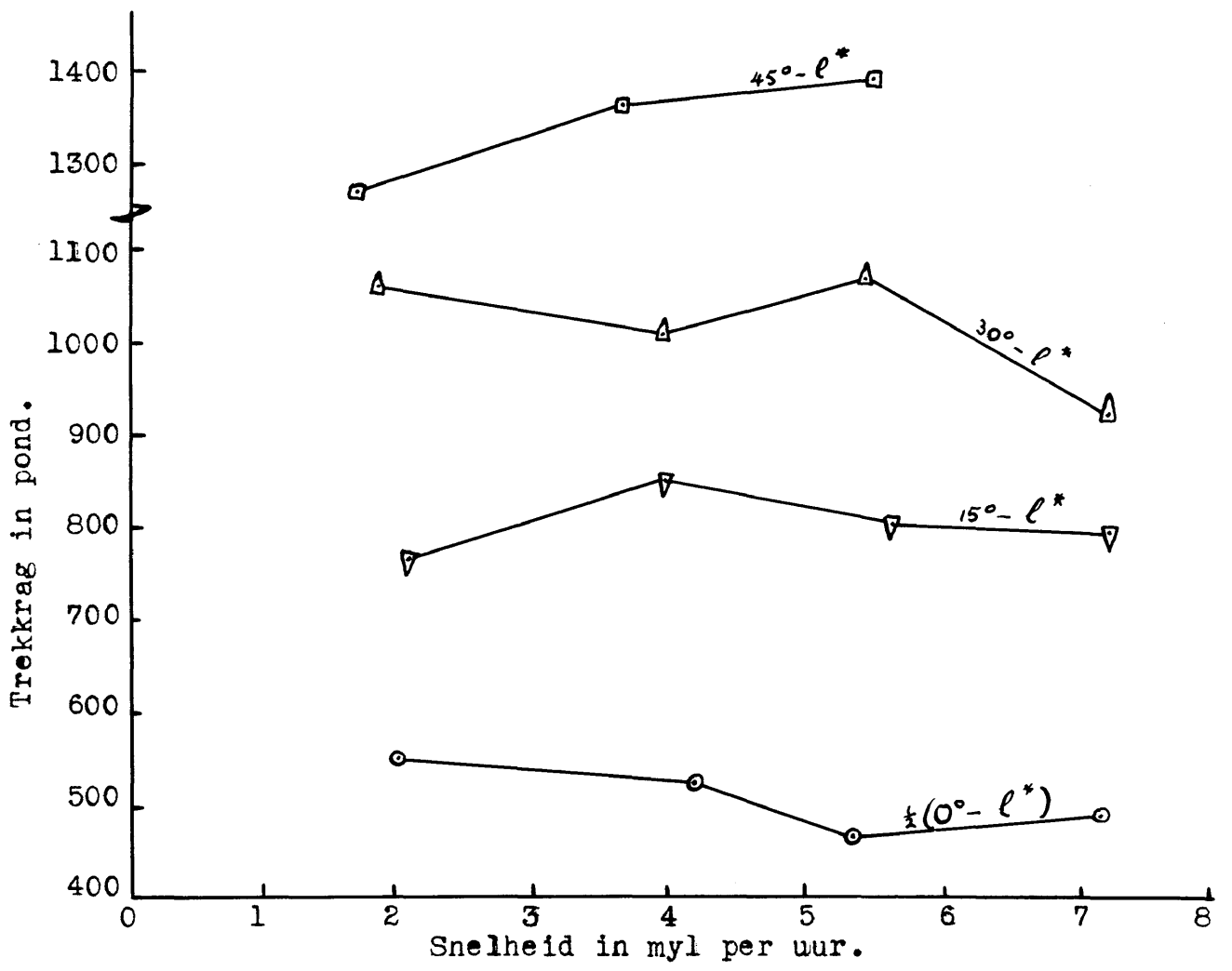
Figuur 17. Verwerkte resultate van die sanderige kleileem. (C I.)



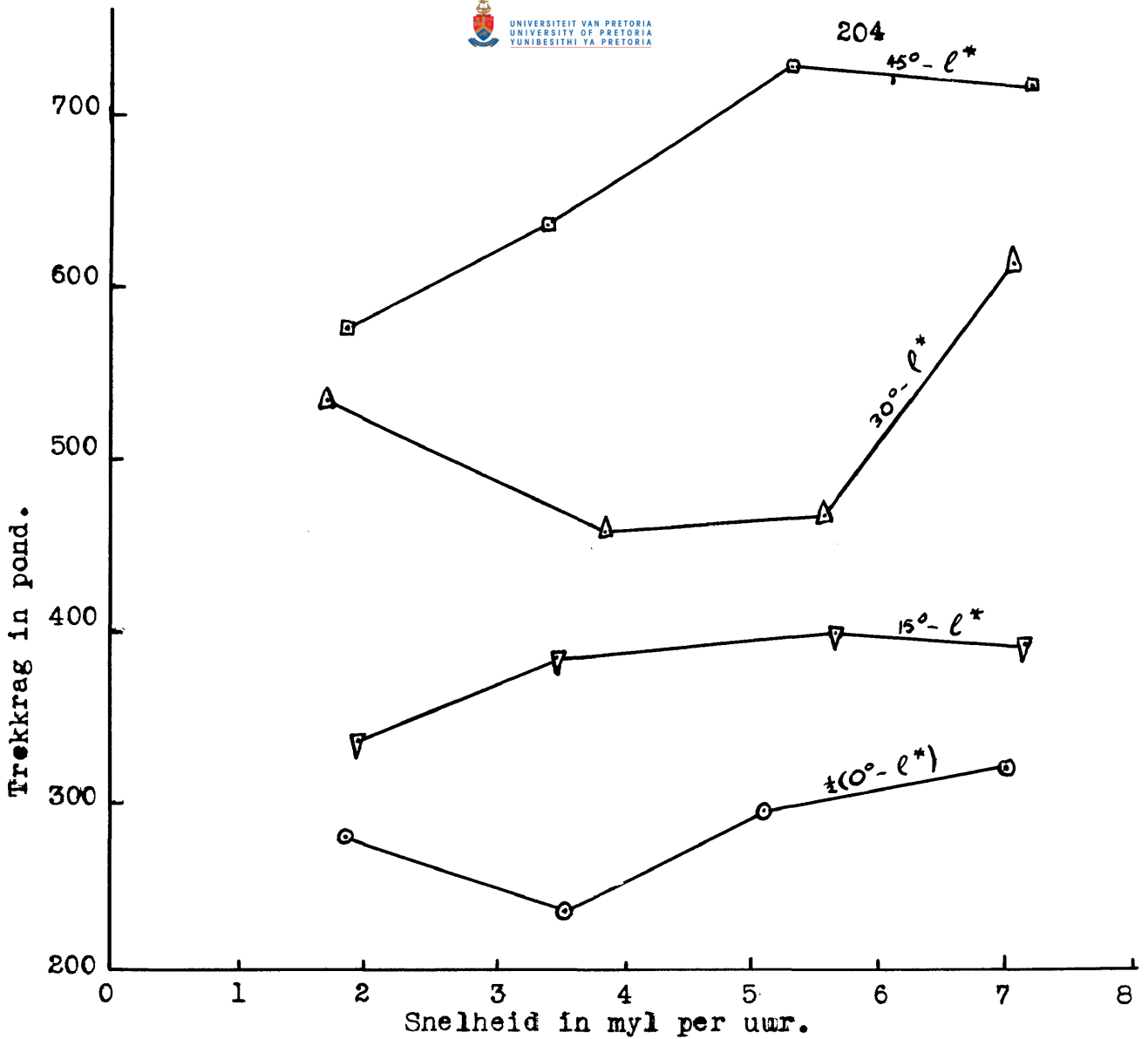
Figuur 18. Verwerkte resultate van die sanderige kleileem. (C II.)



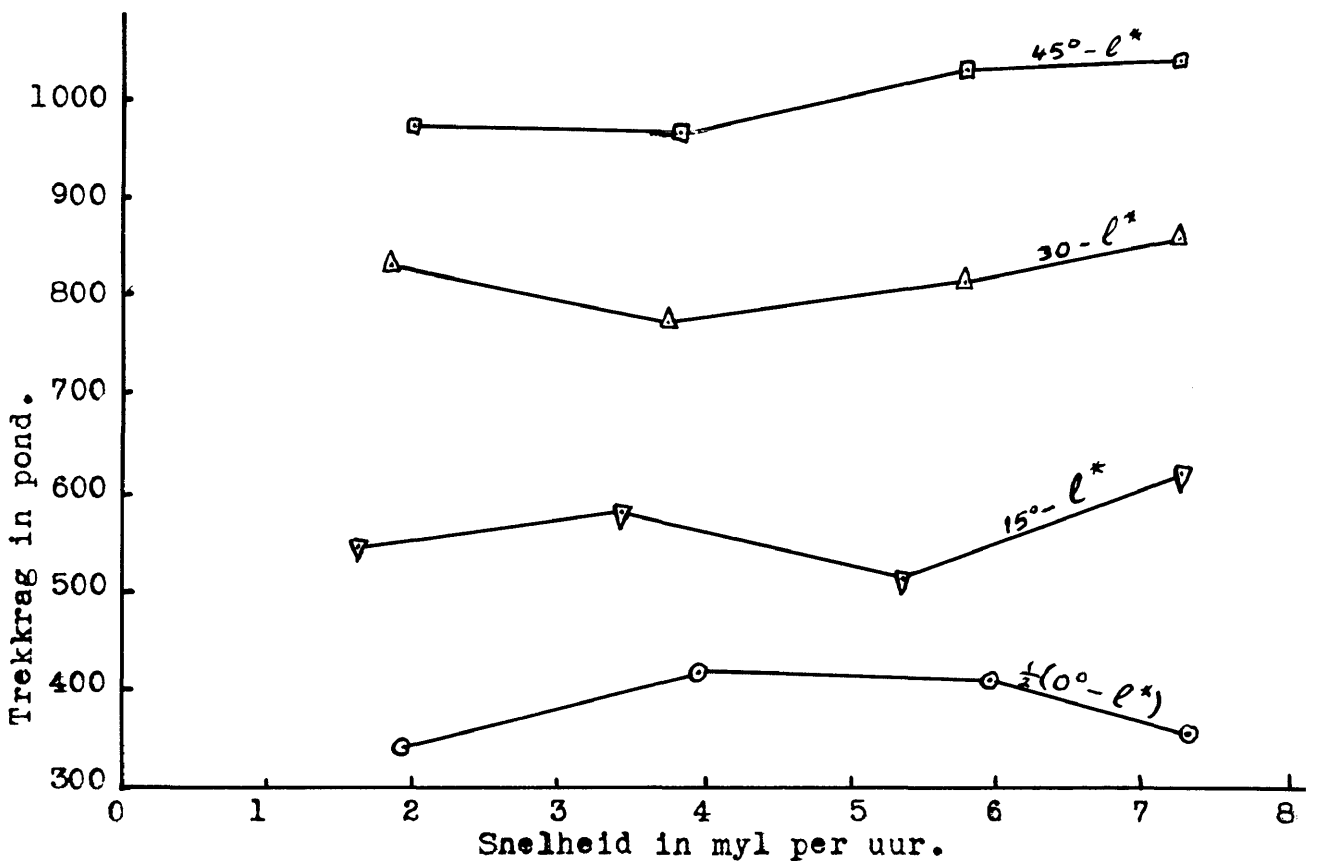
Figuur 19. Verwerkte resultate van die sanderige kleileem. (C III.)



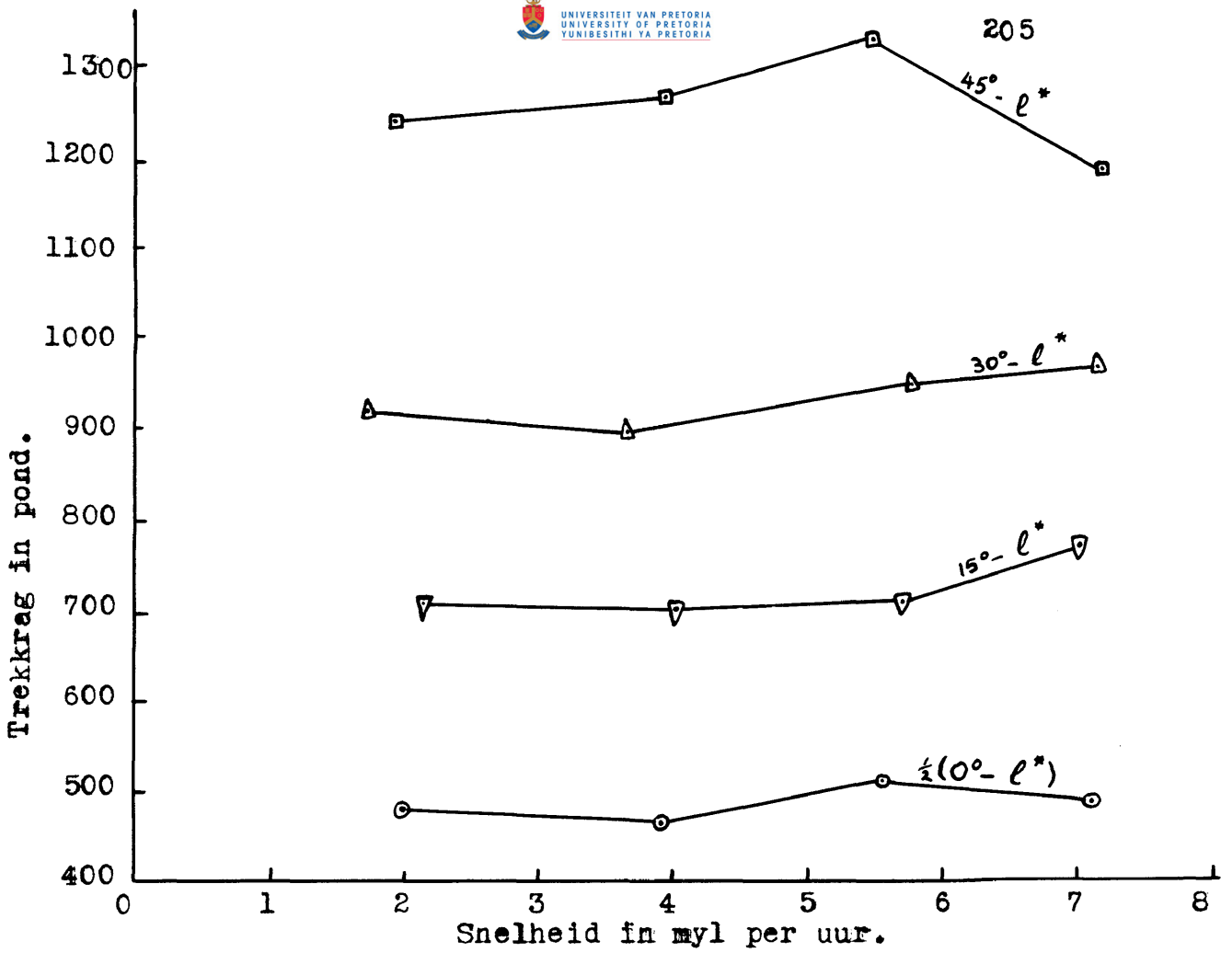
Figuur 20. Verwerkte resultate van die sanderige kleileem. (C IV.)



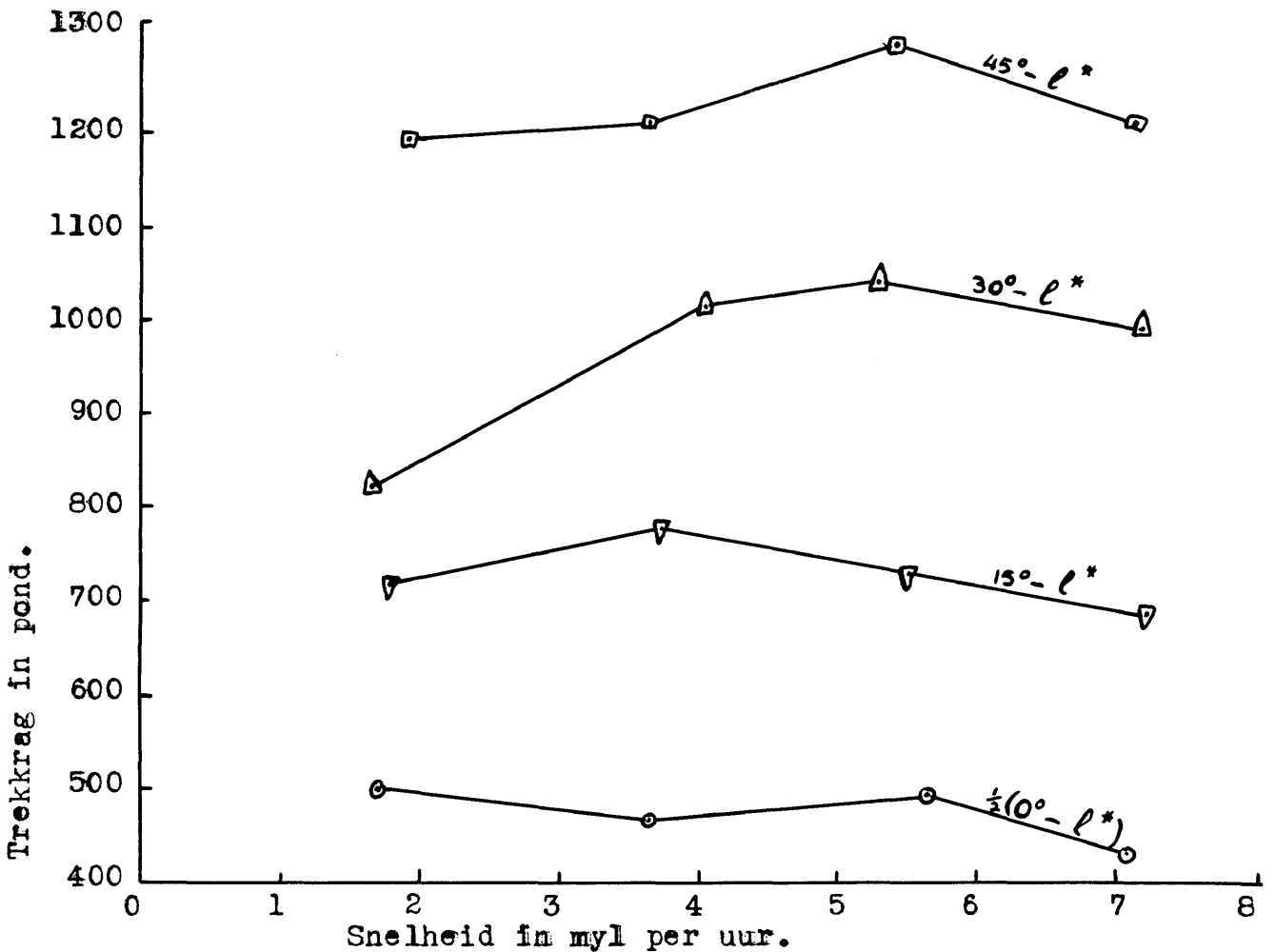
Figuur 21. Verwerkte resultate van die sandeyige klei. (Type D I.)



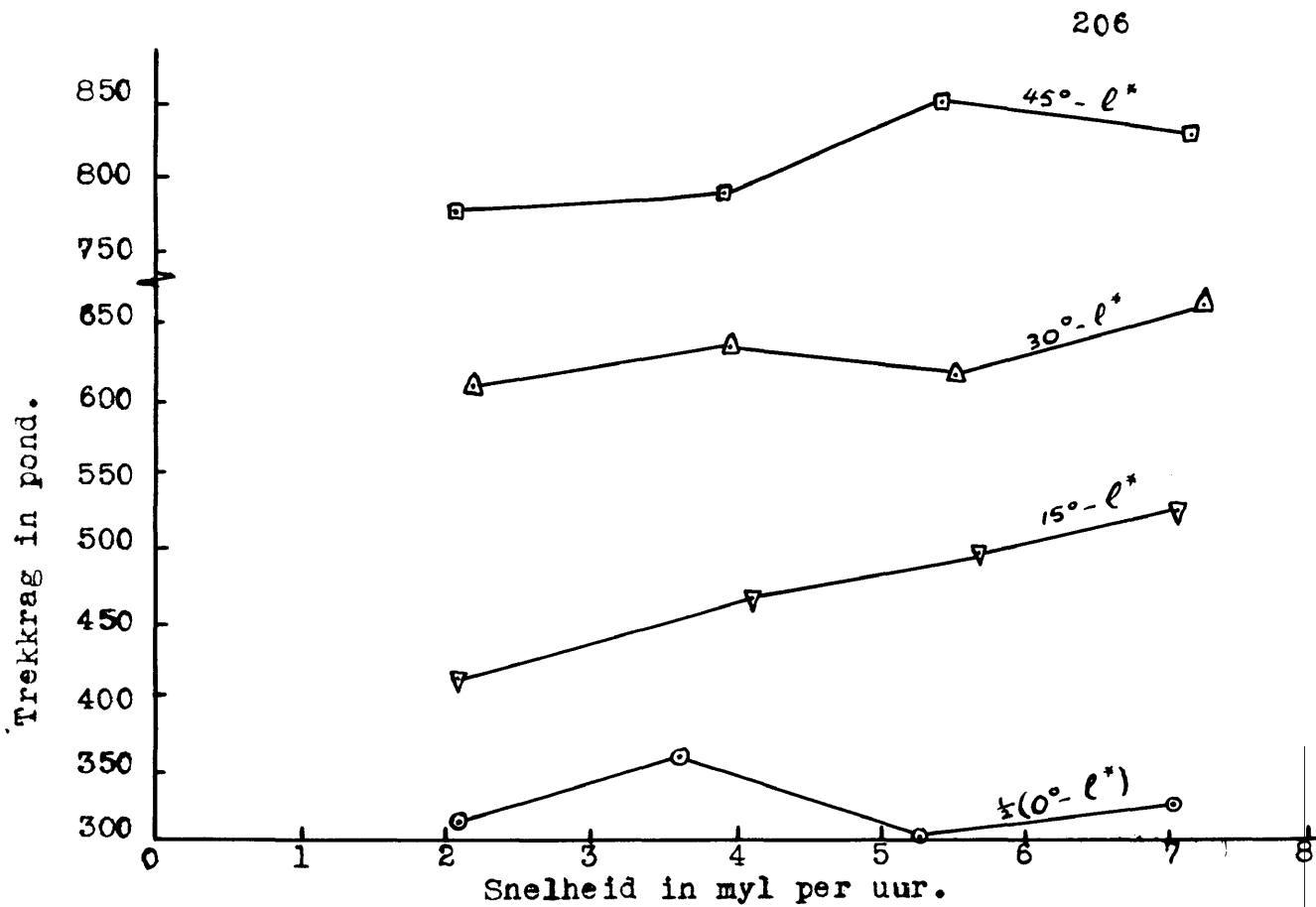
Figuur 22. Verwerkte resultate van die sandeyige kleileem. (D II.)



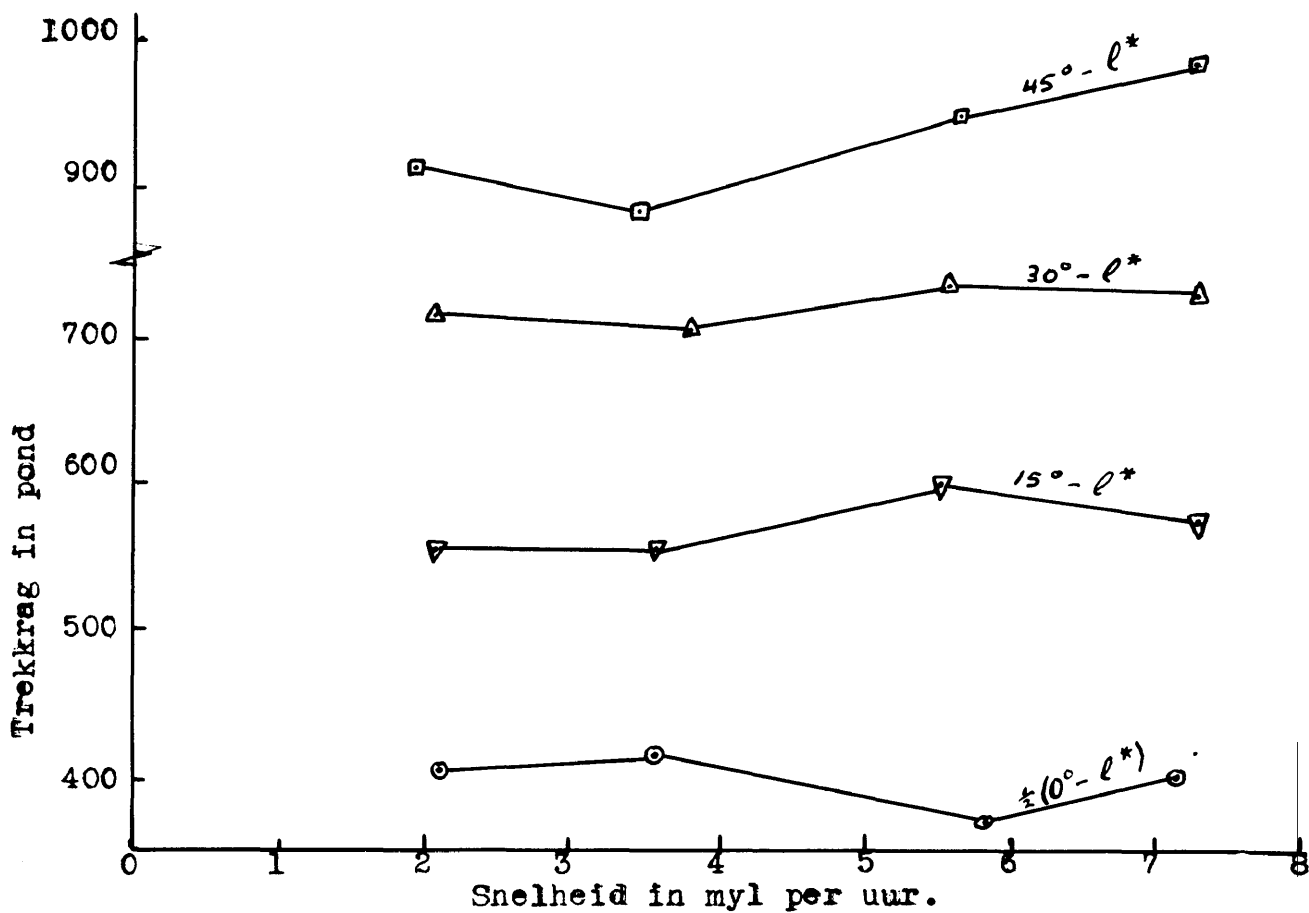
Figuur 23. Verwerkte resultate van die sanderige klei. (Tipe D III.)



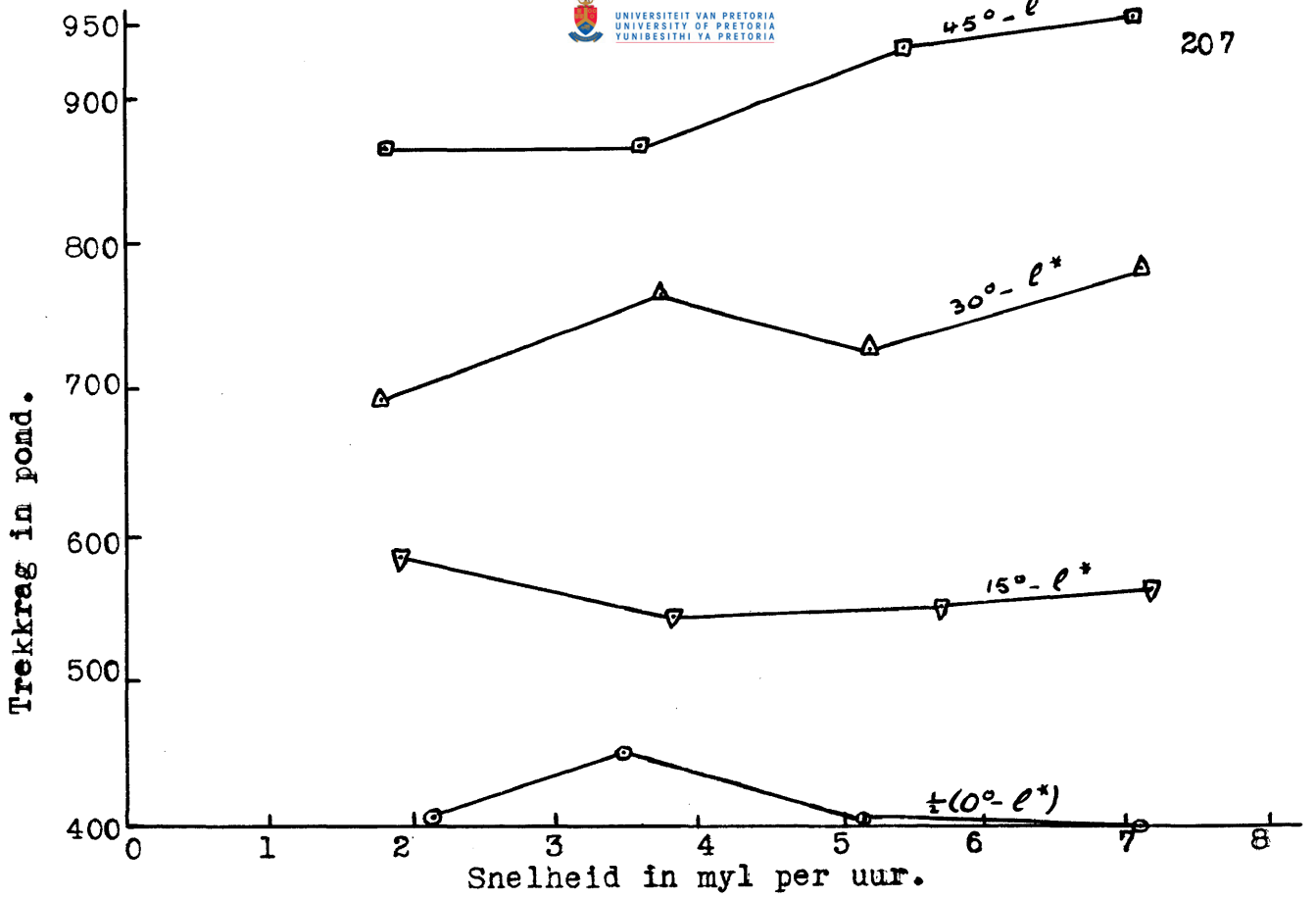
Figuur 24. Verwerkte resultate van die sanderige klei. (Tipe D IV.)



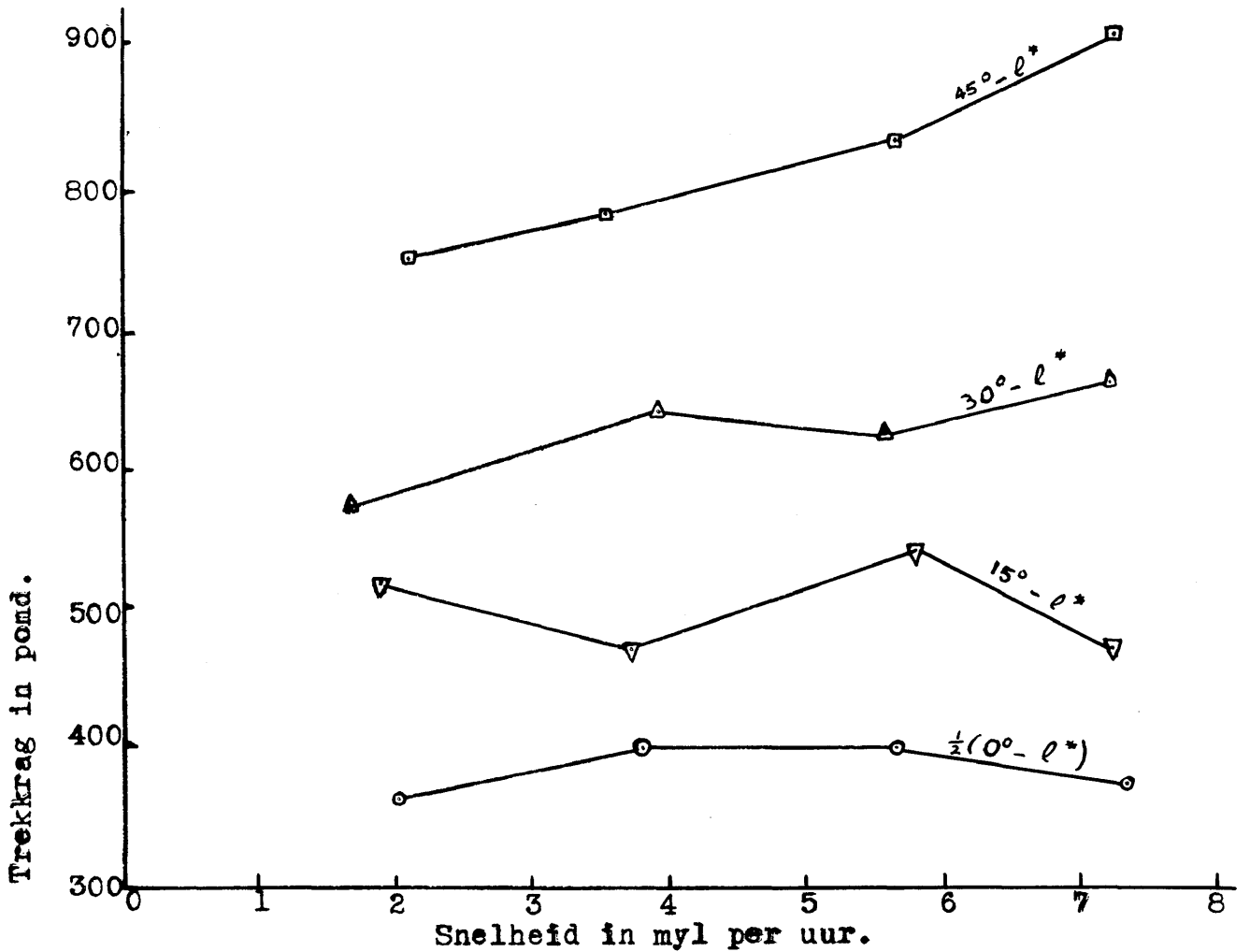
Figuur 25. Verwerkte resultate van die kleigrond. (Tipe E I.)



Figuur 26. Verwerkte resultate van die kleigrond. (Tipe E II.)



Figuur 27. Verwerkte resultate van die Kleigrond. (Type E III.)



Figuur 28. Verwerkte resultate Van die Kleigrond. (Type E IV.)

Tabel 6. A. Berekende Spesifieke Energievereistes van Grondtipe AI voor aanpassing (Sandgrond)

| Lemhoek α | 0° | 15° | 30° | 45° |
|-----------------------------|------|------|------|------|
| $a_l + a_{R_l}$ | 45.4 | 69.3 | 98.6 | 144 |
| a_s | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 |
| $a_l + a_{R_l} + a_s$ | 51.8 | 75.7 | 105 | 150 |
| $a_k + a_{R_k}$ | 156 | 238 | 330 | 458 |
| $a_a + a_{R_a}$ by 2 m.p.u. | 0 | 6.09 | 13.1 | 22.7 |
| 4 m.p.u. | 0 | 24.4 | 52.5 | 91.0 |
| 6 m.p.u. | 0 | 54.6 | 118 | 204 |
| 8 m.p.u. | 0 | 97.6 | 210 | 365 |
| a_t by 0 m.p.u. | 208 | 314 | 435 | 606 |
| 2 m.p.u. | 208 | 320 | 448 | 629 |
| 4 m.p.u. | 208 | 338 | 488 | 697 |
| 6 m.p.u. | 208 | 369 | 553 | 810 |
| 8 m.p.u. | 208 | 412 | 645 | 971 |

 B. Berekende Spesifieke Energievereistes na aanpassing ($c_k = 0.85$, $c_a = 0.91$)

| | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|
| $a_l + a_{R_l} + a_s$ | 51.8 | 75.7 | 105 | 150 |
| $c_k (a_k + a_{R_k})$ | 133 | 202 | 281 | 384 |
| $c_a (a_a + a_{R_a})$ by 2 m.p.u. | 0 | 5.54 | 11.9 | 20.6 |
| 4 m.p.u. | 0 | 22.2 | 47.8 | 82.8 |
| 6 m.p.u. | 0 | 49.7 | 107 | 186 |
| 8 m.p.u. | 0 | 88.8 | 191 | 332 |
| a_t by 0 m.p.u. | 185 | 278 | 386 | 534 |
| 2 m.p.u. | 185 | 282 | 398 | 555 |
| 4 m.p.u. | 185 | 300 | 434 | 617 |
| 6 m.p.u. | 185 | 328 | 493 | 720 |
| 8 m.p.u. | 185 | 367 | 577 | 866 |

Tabel 7. A. Berekende spesifieke energievereistes van grondtipe BI voor aanpassing: (Sanderige leem)

| Lemhoek α | | 0° | 15° | 30° | 45° |
|-----------------------|----------|------|------|------|------|
| $a_1 + a_{R_1}$ | | 50.9 | 75.9 | 108 | 157 |
| a_s | | 18.3 | 18.3 | 18.3 | 18.3 |
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 69.2 | 94.2 | 126 | 175 |
| $a_k + a_{R_k}$ | | 274 | 412 | 570 | 790 |
| $a_a + a_{R_a}$ by | 2 m.p.u. | 0 | 7.24 | 15.6 | 27.0 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 29.0 | 62.5 | 108 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 65.2 | 140 | 243 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 116 | 250 | 434 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 343 | 506 | 696 | 965 |
| | 2 m.p.u. | 343 | 513 | 712 | 992 |
| | 4 m.p.u. | 343 | 535 | 759 | 1073 |
| | 6 m.p.u. | 343 | 571 | 836 | 1208 |
| | 8 m.p.u. | 343 | 622 | 946 | 1399 |

B. Berekende spesifieke energievereistes na aanpassing ($c_k = 0.56$, $c_a = 0.65$):

| | | | | | |
|--------------------------|----------|------|------|------|------|
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 69.2 | 94.2 | 126 | 175 |
| $c_k (a_k + a_{R_k})$ | | 153 | 231 | 319 | 443 |
| $c_a (a_a + a_{R_a})$ by | 2 m.p.u. | 0 | 4.71 | 10.1 | 17.6 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 18.8 | 40.6 | 70.2 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 42.4 | 91.0 | 158 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 77.5 | 163 | 282 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 222 | 325 | 445 | 618 |
| | 2 m.p.u. | 222 | 330 | 455 | 636 |
| | 4 m.p.u. | 222 | 344 | 486 | 688 |
| | 6 m.p.u. | 222 | 367 | 536 | 776 |
| | 8 m.p.u. | 222 | 403 | 608 | 901 |

Tabel 8. A. Berekende spesifieke energievereistes van grondtipe CI voor aanpassing: (Sanderige kleileem)

| Lemhoek α | | 0° | 15° | 30° | 45° |
|-----------------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| $a_1 + a_{R_1}$ | | 51.8 | 76.6 | 108 | 154 |
| a_s | | 24.8 | 24.8 | 24.8 | 24.8 |
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 76.6 | 101 | 133 | 179 |
| $a_k + a_{R_k}$ | | 425 | 623 | 852 | 1161 |
| $a_a + a_{R_a}$ by | 2 m.p.u. | 0 | 7.76 | 16.7 | 28.9 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 31.1 | 66.7 | 113 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 70.0 | 150 | 260 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 125 | 268 | 465 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 502 | 724 | 985 | 1340 |
| | 2 m.p.u. | 502 | 731 | 1002 | 1369 |
| | 4 m.p.u. | 502 | 755 | 1052 | 1453 |
| | 6 m.p.u. | 502 | 794 | 1135 | 1600 |
| | 8 m.p.u. | 502 | 849 | 1253 | 1805 |

 B. Berekende spesifieke energievereistes na aanpassing: ($c_k = 0.475$, $c_a = 0.620$):

| | | | | | |
|--------------------------|----------|------|------|------|------|
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 76.6 | 101 | 133 | 179 |
| $c_k (a_k + a_{R_k})$ | | 202 | 300 | 405 | 552 |
| $c_a (a_a + a_{R_a})$ by | 2 m.p.u. | 0 | 4.82 | 10.4 | 17.9 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 19.9 | 41.4 | 70.2 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 43.4 | 93.1 | 161 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 77.6 | 166 | 288 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 279 | 401 | 538 | 731 |
| | 2 m.p.u. | 279 | 406 | 548 | 749 |
| | 4 m.p.u. | 279 | 421 | 579 | 801 |
| | 6 m.p.u. | 279 | 444 | 631 | 892 |
| | 8 m.p.u. | 279 | 479 | 704 | 1019 |

Tabel 9. A. Berekende spesifieke energievereistes van grondtipe DI voor aanpassing: (Sanderige klei)

| Lemhoek α | | 0° | 15° | 30° | 45° |
|-----------------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| $a_1 + a_{R_1}$ | | 43.2 | 62.0 | 86.5 | 122 |
| a_s | | 25.5 | 25.5 | 25.5 | 25.5 |
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 68.7 | 88.1 | 112 | 148 |
| $a_k + a_{R_k}$ | | 626 | 901 | 1210 | 1613 |
| $a_a + a_{R_a}$ by | 2 m.p.u. | 0 | 7.14 | 15.5 | 26.8 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 28.6 | 62.1 | 106 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 64.2 | 139 | 239 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 115 | 249 | 426 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 695 | 989 | 1322 | 1761 |
| | 2 m.p.u. | 695 | 996 | 1338 | 1788 |
| | 4 m.p.u. | 695 | 1018 | 1384 | 1867 |
| | 6 m.p.u. | 695 | 1053 | 1461 | 2000 |
| | 8 m.p.u. | 695 | 1104 | 1571 | 2187 |

 B. Berekende spesifieke energievereistes na aanpassing ($c_k = 0.43$, $c_a = 0.56$)

| | | | | | |
|--------------------------|----------|------|------|------|------|
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 68.7 | 88.1 | 112 | 148 |
| $c_k (a_k + a_{R_k})$ | | 269 | 388 | 520 | 694 |
| $c_a (a_a + a_{R_a})$ by | 2 m.p.u. | 0 | 4.00 | 8.68 | 15.0 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 16.0 | 34.8 | 59.4 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 35.9 | 77.8 | 134 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 64.5 | 139 | 239 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 338 | 476 | 632 | 842 |
| | 2 m.p.u. | 338 | 480 | 641 | 857 |
| | 4 m.p.u. | 338 | 492 | 667 | 901 |
| | 6 m.p.u. | 338 | 512 | 710 | 976 |
| | 8 m.p.u. | 338 | 541 | 771 | 1081 |

Tabel 10. A. Berekende spesifieke energievereistes van grondtipe EI voor aanpassing: (Kleigrond)

| Lemhoek α | | 0° | 15° | 30° | 45° |
|-----------------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| $a_1 + a_{R_1}$ | | 32.4 | 45.2 | 60.4 | 82.7 |
| a_s | | 24.5 | 24.5 | 24.5 | 24.5 |
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 56.9 | 69.7 | 84.9 | 107 |
| $a_k + a_{R_k}$ | | 1020 | 1405 | 1820 | 2320 |
| $a_a + a_{R_a}$ by | 2 m.p.u. | 0 | 6.76 | 14.8 | 25.2 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 27.2 | 59.2 | 101 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 61.0 | 133 | 227 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 109 | 238 | 406 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 1077 | 1475 | 1905 | 2427 |
| | 2 m.p.u. | 1077 | 1482 | 1920 | 2452 |
| | 4 m.p.u. | 1077 | 1502 | 1964 | 2528 |
| | 6 m.p.u. | 1077 | 1536 | 2038 | 2654 |
| | 8 m.p.u. | 1077 | 1584 | 2143 | 2833 |

 B. Berekende spesifieke energievereistes na aanpassing: ($c_k = 0.32$, $c_a = 0.47$):

| | | | | | |
|--------------------------|----------|------|------|------|------|
| $a_1 + a_{R_1} + a_s$ | | 56.9 | 69.7 | 84.9 | 107 |
| $c_k (a_k + a_{R_k})$ | | 326 | 450 | 583 | 743 |
| $c_a (a_a + a_{R_a})$ by | 2 m.p.u. | 0 | 3.18 | 6.95 | 11.9 |
| | 4 m.p.u. | 0 | 12.8 | 27.8 | 47.5 |
| | 6 m.p.u. | 0 | 28.7 | 62.5 | 107 |
| | 8 m.p.u. | 0 | 51.3 | 112 | 191 |
| a_t by | 0 m.p.u. | 383 | 520 | 668 | 850 |
| | 2 m.p.u. | 383 | 523 | 675 | 862 |
| | 4 m.p.u. | 383 | 533 | 696 | 898 |
| | 6 m.p.u. | 383 | 549 | 731 | 957 |
| | 8 m.p.u. | 383 | 571 | 780 | 1041 |

BYLAE B

PRAKTIESE RESULTATE VAN DIE VIBRERENDE WERKTUIE

Die praktiese resultate wat met die vibrerende werktuie verkry is, het bestaan uit die ontleding van die afstande tussen opeenvolgende afskuifvlakke van 'n rysterplaatploeg, en die bepaling van die grondkonstantes soos die bulkdigtheid, kohesiespannings ensovoorts.

Ontleding van die afstande tussen opeenvolgende afskuifvlakke:

Figure 1 tot 2 toon die resultate ten opsigte van die afstande tussen die opeenvolgende afskuifvlakke wat by 'n rysterplaatploeg gevorm word wanneer dit deur die grond beweeg. Die resultate is vir dieselfde vyf gronde as vir die nie-vibrerende lemme verkry, en dieselfde resultate is ook ten opsigte van die skottelploeg in die sanderige grond (Tipe AI) verkry.

Proefuitleg vir die vergelyking van die energievereistes van 'n rysterplaatploeg en die enkellem-vibrasieploeg:

Tabel 1 toon die skematiese proefuitleg vir die bepaling van bogenoemde energievereistes.

Tabel 1. Proefuitleg vir die vergelyking van die rysterplaatploeg en die vibrasieploeg

| Herhaling Nommer | Sub-bloknommer | | | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | P ₃ | S ₃ | M ₁ | M ₂ | M ₃ | P ₃ |
| 2 | P ₃ | M ₁ | M ₂ | M ₃ | S ₃ | P ₃ |
| 3 | P ₃ | M ₃ | S ₃ | M ₁ | M ₂ | P ₃ |
| 4 | P ₃ | M ₂ | M ₃ | S ₃ | M ₁ | P ₃ |

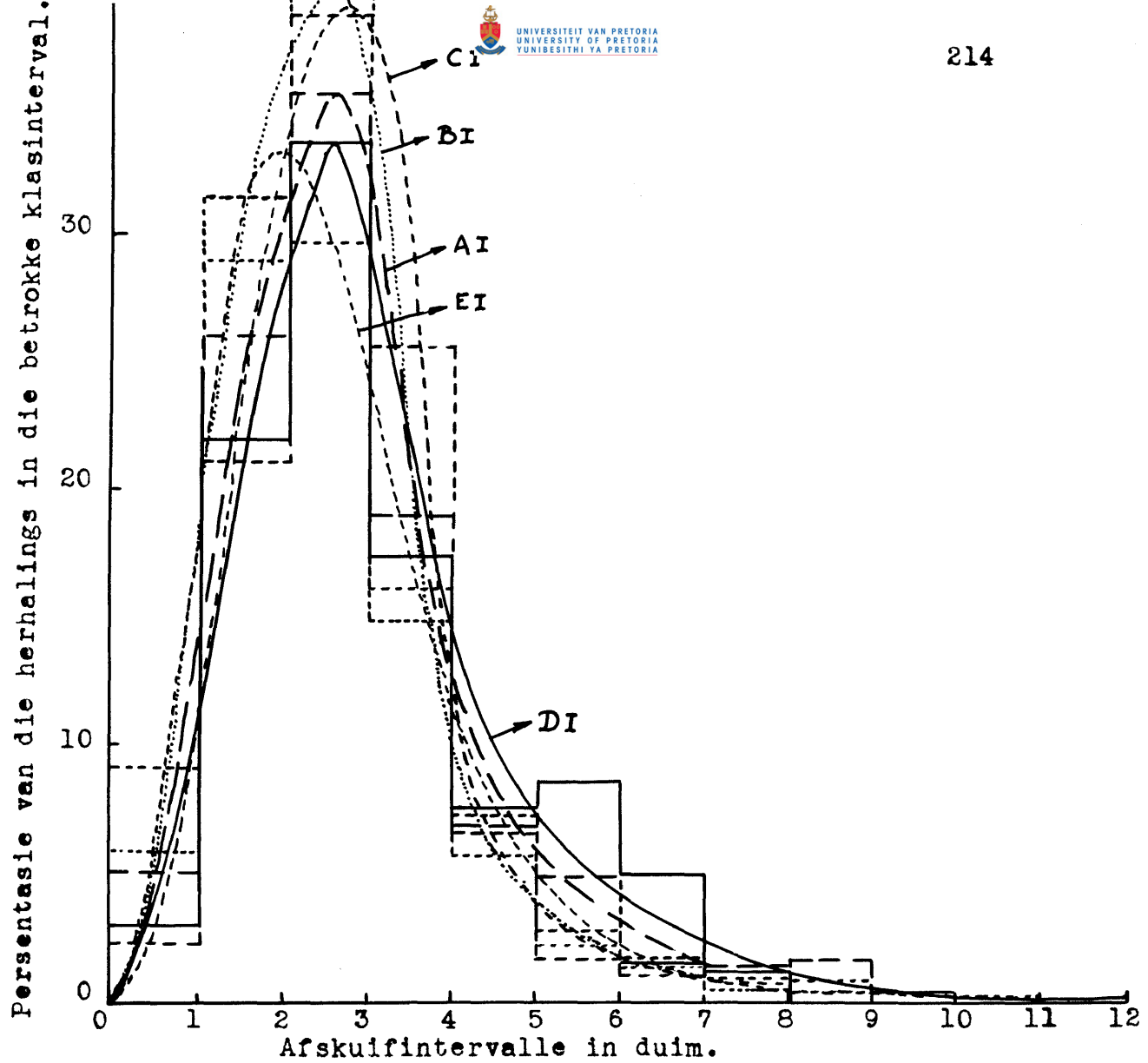
- Waar: P₃ = Rysterplaatploeg teen 3 myl per uur
 M₁ = Vibrerende enkellem teen 1 myl per uur
 M₂ = Vibrerende enkellem teen 2 myl per uur
 M₃ = Vibrerende enkellem teen 3 myl per uur
 S₃ = Nie-vibrerende enkellem teen 3 myl per uur

Grondkonstantes van grondtipe F by veldkapasiteit:

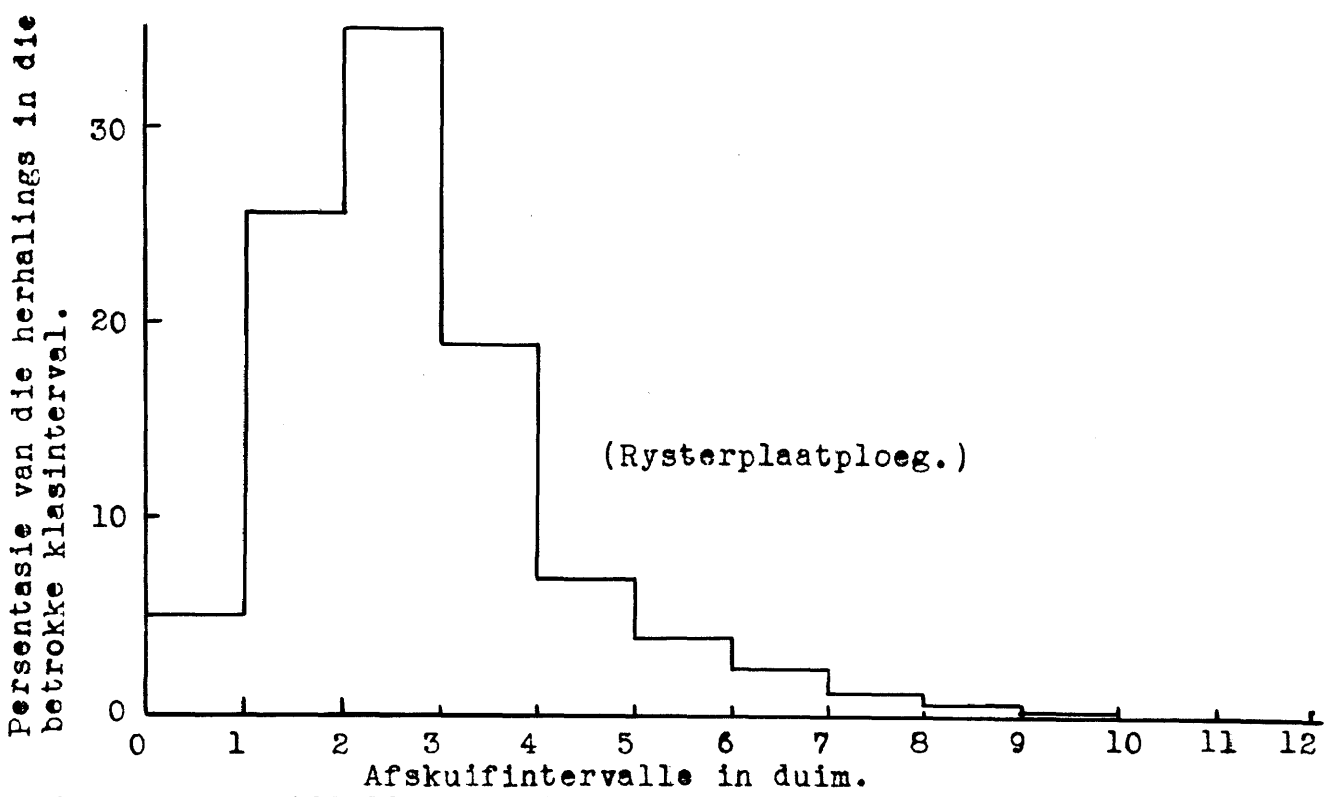
Tabel 2 toon die verskillende grondkonstantes van die grond wat vir die enkellem-toetse gebruik is.

Kalibrasie van die apparaat wat by die vibrasieploeë gebruik is:

Die kalibrasiekrommes van die trekselle wat by die vibrasieploeë gebruik is, word grafies in figuur 4 aangedui. Figure 5 en 7 toon die kalibrasie-



Figuur 1. Frekwensie van afskuifvlakvorming by 'n rysterplaatploeg.



Figuur 2. Gemiddelde afskuifintervalle van die vyf gronde.

krommes van die draaimomentmeters wat onderskeidelik vir die enkellem- en prototipe vibrasieploeë gebruik is.

Tabel 2. Grondkonstantes van die leemgrond (Tipe F) wat by die enkellem-vibrasieploeg gebruik is, by veldkapasiteit

| A. Resultate van die deeltjiegrootte-ontleding | | | | |
|------------------------------------------------|-------------|-------|-------|-----------|
| Deeltjiegrootte | Persentasie | | | Gemiddeld |
| 0 tot 1.99 | 15.38 | 17.61 | 15.53 | 16.17 |
| 2 tot 4.99 | 10.79 | 12.13 | 13.57 | 12.16 |
| 5 tot 19.99 | 8.71 | 12.08 | 10.25 | 10.35 |
| 20 tot 49.99 | 14.41 | 10.82 | 14.64 | 13.29 |
| 50 en groter | 50.71 | 47.36 | 46.01 | 48.03 |

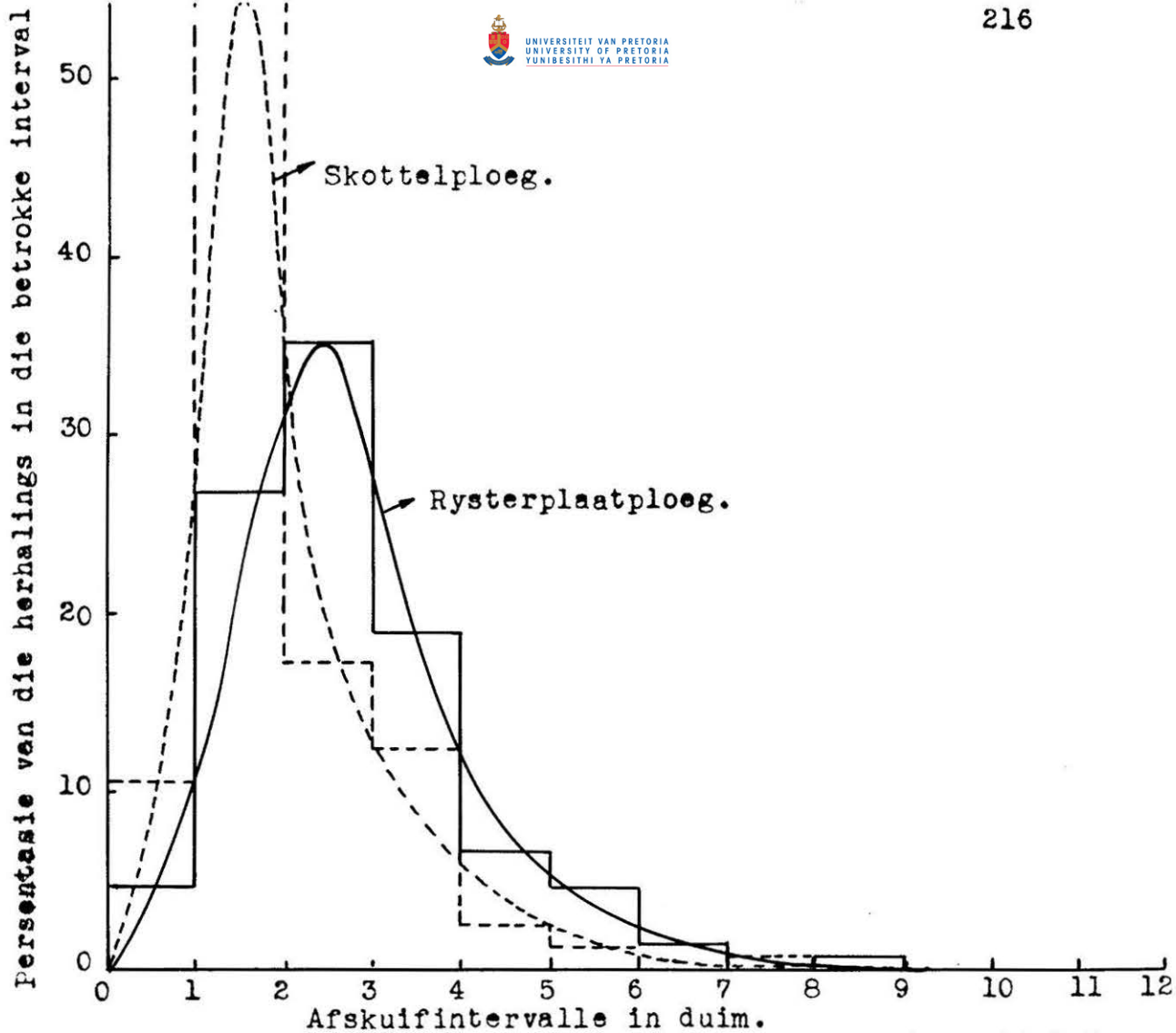
| B. Bulkdigtheid by veldkapasiteit | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Diepte | Bulkdigtheid (pd. per kub. vt.) |
| 0" tot 3" | 122.2* |
| 3" tot 6" | 124.6 |
| 6" tot 9" | 125.4 |
| Gemiddeld | 123.0 |

* Aangetoonde waardes is die gemiddeld van nege lesings

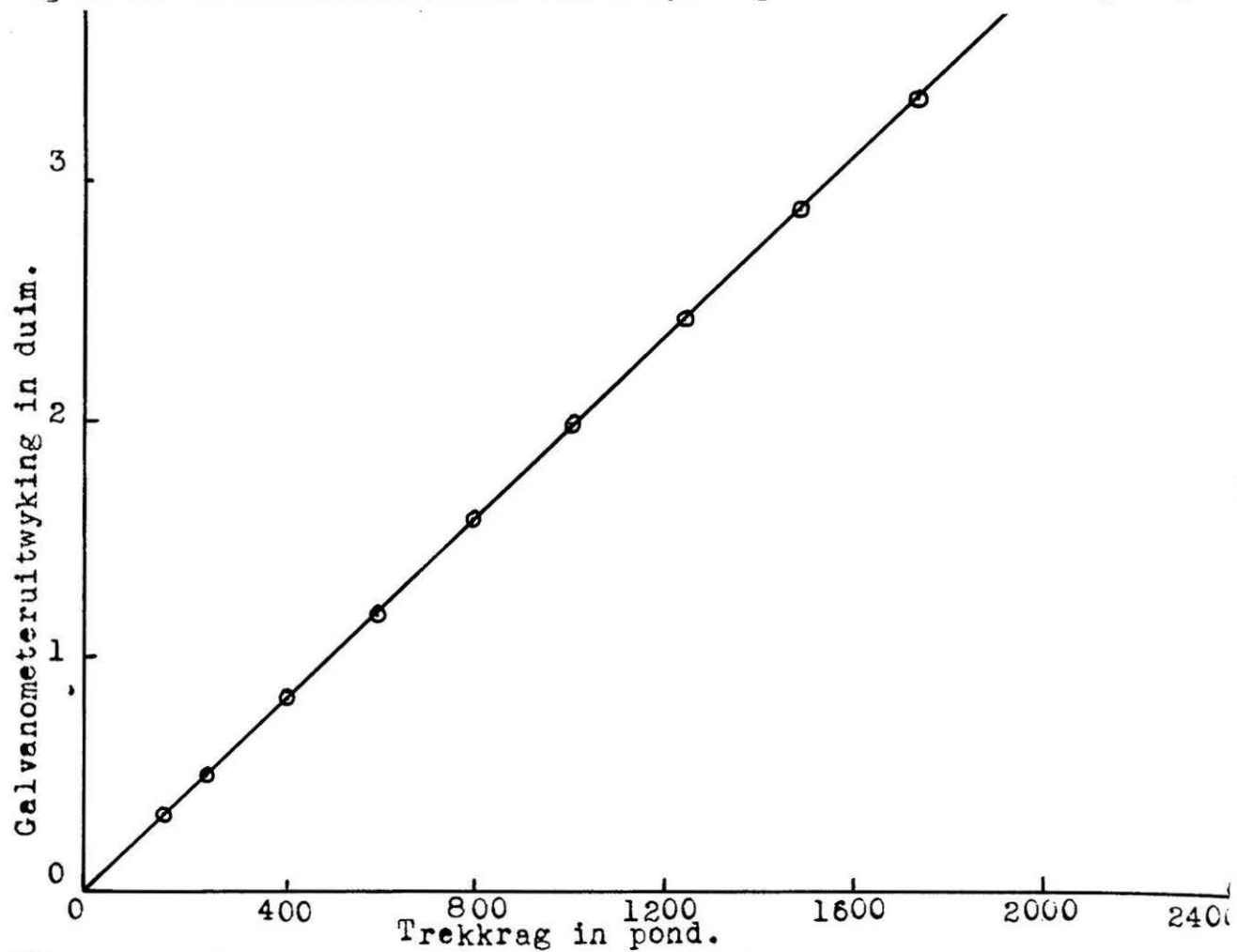
| |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| C. Voginhoud (by veldkapasiteit): 20.5% (Gemiddeld van nege lesings.) |
| D. Wrywingskoeffisiënt tussen grond en staal: 0.576 (Gemiddeld van nege lesings.) |
| E. Snykrag van die grond: 0.418 pd. per duim lengte van die lem |

Direkte afskuifresultate van die leemgrond (Tipe F):

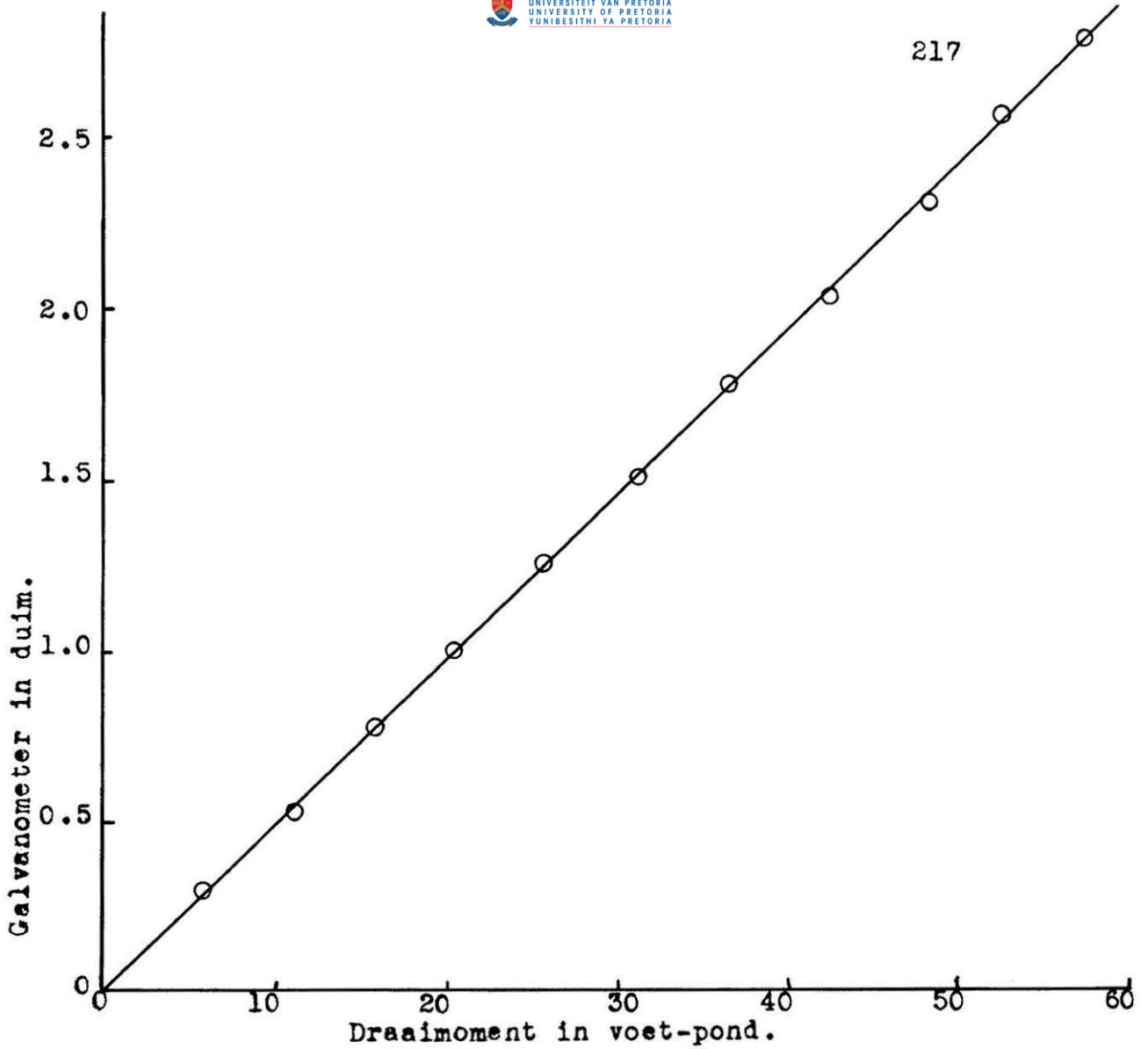
Figuur 6 toon die direkte afskuiftoetsresultate van die leemgrond wat vir die bepaling van die energievereistes van die enkellem-vibrasieploeg gebruik is. Hierdie krommes toon dat die kohesiespanning en wrywingskoeffisiënt vir die betrokke grond onderskeidelik 3.40 pd. per vk. duim, en 0.587 is.



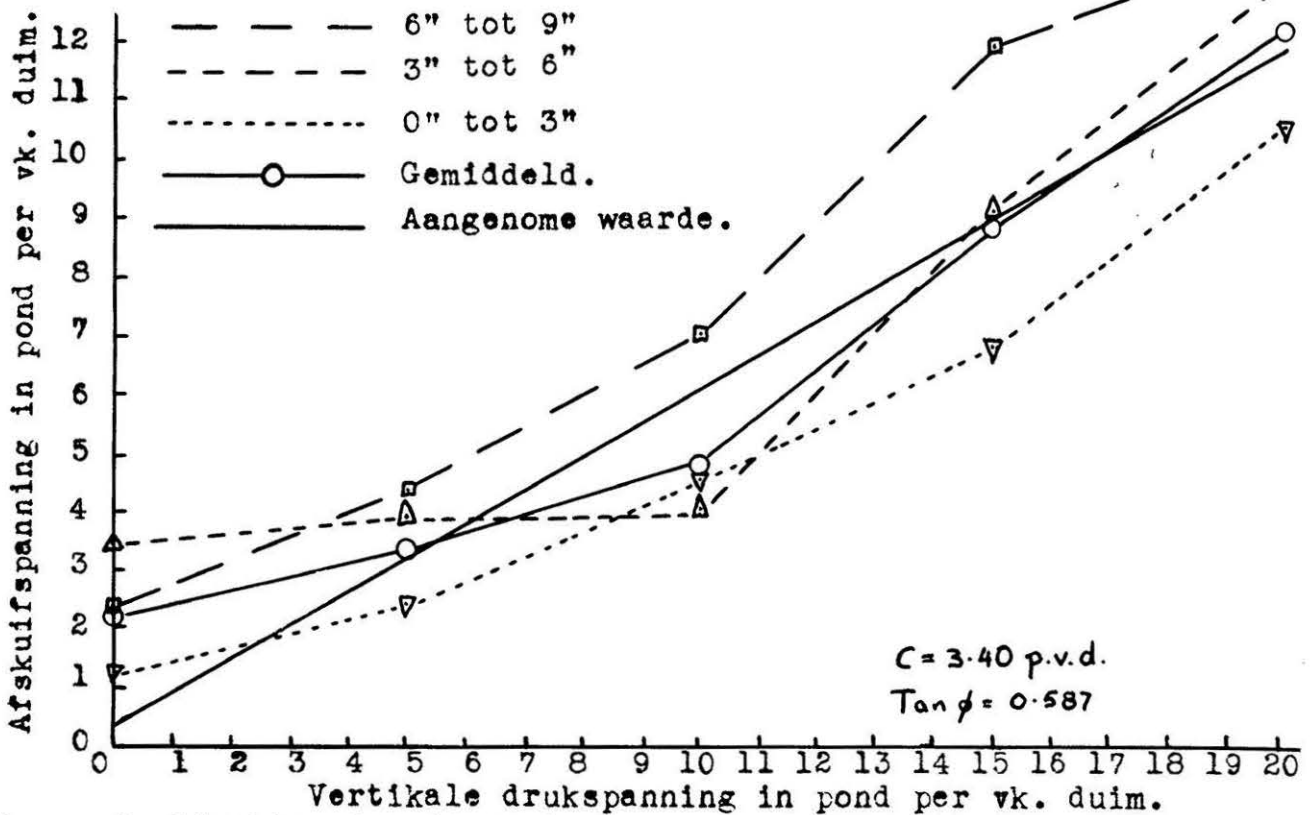
Figuur 3. Afskuiwfrekwensies van 'n rysterplaat- vs. 'n skottelploeg.



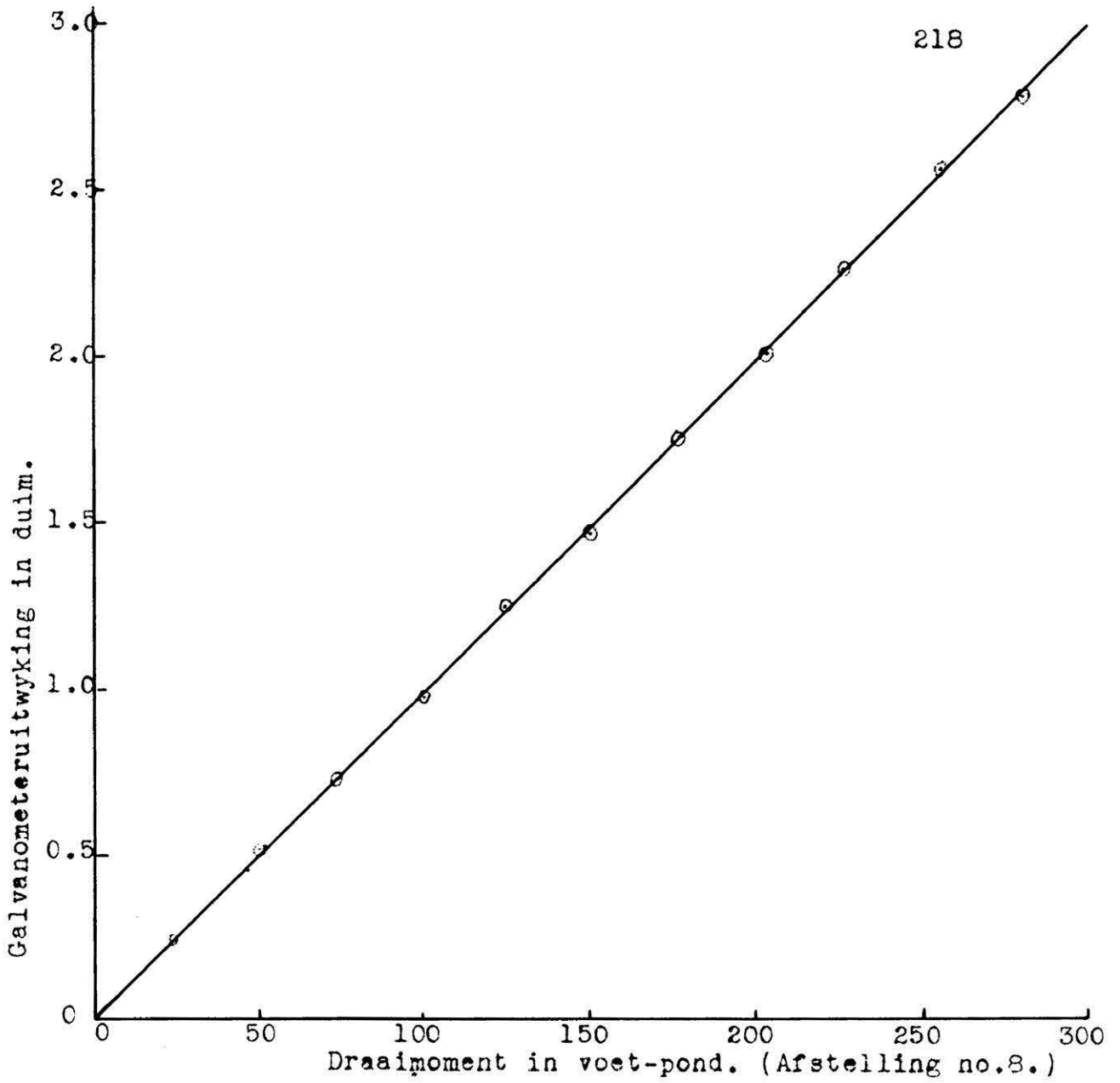
Figuur 4. Kalibrasiekromme van die trekselle vir vibrasieproewe.



Figuur 5. Kalibrasie van die draaimomentmeter. (Enkellem werktuig.)



Figuur 6. Direkte afskuiresultate van grond F. (Leem.)



Figuur 7. Kalibrasiekromme van die draaimomentmeter wat by die prototipe vibrasieploeg gebruik is.

LITERATUURVERWYSING

- AFDELING LANDBOU-INGENIEURSDIENSTE: 1966: Opname van Implementverkope in Suid-Afrika (1963, 1964 & 1965). Afd. Landb. Ing. Dienste, Pretoria.
- ALEKSANDRYAN, K.V., 1963. The application of vibration for the deep cultivation of compacted rocky soils. Nat. Inst. of Agric. Eng. Transl. No. 179 by P.J. Kemp, Nat. Inst. of Agric. Eng., Silsoe.
- BALLU, T., 1958. Quelques considerations sur la rentabilité des machines aratoires. (Some considerations on the economic efficiency of soil working implements.) Tech. Agric. No. 127, 11. (Opgesom in Agric. & Horticult. Eng. Abstr., Vol. 10 (2), 67.)
- BARNES, K.A., BOCKHOP, C.W. & MCCLEOD, H.E., 1960. Similitude in studies of tillage implement forces. Agric. Eng. Vol. 41 (1), 32.
- BILANSKI, W.K., 1964. Deep tillage on haldimond clay soil. Can. Agric. Eng. Vol. 6 (1), 14-19.
- BOLTINSKI, V.N., 1961. Prospects of increasing the working speeds of machine/tractor units to 9 Km./Hr. or more. Vestn. Selkoz. Nauki., Vol. 6 (5), 75-80. (Opgesom in Agric. & Horticult. Eng. Abstr. Vol. 13 (1), 9.)
- BÖTCHNER, G., 1957. Untersuchungen an Bodenfräsworkzeugen in einem Bodenkanal. Landtech. Forsch., Vol. 7 (4), 50-52.
- BOWERS, W. & BATEMAN, H.P., 1960. Research studies of minimum tillage. Trans. Amer. Soc. of Agric. Eng. Vol. 3 (2) 1.
- CAPPARINI, P., 1957. Der einfluss der Furchentiefe, Furchenbreite und Geschwindigkeit auf den Pflugwiderstand. Landtech. Forsch., Vol. 7 (6), 159.
- CHURCH, A.H., 1963. Mechanical vibrations, 2nd. ed. John Wiley & Sons., Inc., New York.
- CLYDE, A.W., 1936. Measurement of forces on soil tillage tools. Agric. Eng. Vol. 17 (1), 5-9.

- CLYDE, A.W., 1937. Load studies on tillage tools. *Agric. Eng.* Vol. 18 (3), 117-121.
- COOPER, A.W. & GILL, W.R., 1966. Characterization of soil related to compaction. *Nat. Mach. Till. Lab., Auburn, Ala., Sartryck ur grundförbättring.* Vol. 1.
- DE WET, J.A. & GEYER, P., 1966. The stress-strain behaviour of soils. *C.S.I.R. Research Report No. 224, N.B.R.I. Bull. No. 38, Pretoria.*
- DUBROVSKII, A.A., 1960. Experiment to oscillate a drainage plough. *Trudy* 27, V.I.M., 241-263, & 214-240. (Opgesom in *Agric. & Hort. Eng. Abstr.*, Vol. 15 (1), 8.)
- DUBROVSKII, A.A., 1962. The use of oscillation techniques for improving agricultural technological processes. *Mechaniz. Elektrif. Sots. Sel. Khoz.*, Vol. 20 (2), 29-32. (Nat. Inst. of Agric. Eng. Transl. No. 190.)
- DZYUBA, V.I., 1961. Effectiveness of using oscillating machine components. *Vestn. Sel. Khoz. Nauki.*, Vol. 6 (3), 83-87. (Opgesom in *Agric. & Hort. Eng. Abstr.* Vol. 12 (4), 208.)
- DZYUBA, V.I., 1963. The effect of oscillation on internal soil friction. *Mechaniz. Elektrif. Sots. Sel. Khoz.*, Vol. 21 (5), 50-51. (Opgesom in *Agric. & Hort. Eng. Abstr.*, Vol. 16 (2), 74.)
- EGGENMÜLLER, A., 1958a. Veldversuche mit einem schwingenden Pflugkörper. *Grundl. der Landtech.*, Vol. 10.
- EGGENMÜLLER, A., 1958b. Versuche mit Gruppen gegeneinanderschwingenden Hackwerkzeuge. *Grundl. der Landtech.* Vol. 10.
- EGGENMÜLLER, A., 1958c. Schwingende Bodenbearbeitungswerkzeuge. *Kinematik und versuche mit einzelssen Modelwerkzeugen.* *Grundl. der Landtech.* Vol. 10.
- EGGENMÜLLER, A., 1959a. Grubber mit Schwingenden Werkzeugen. *Grundl. der Landtech.* Vol. 11, 81.
- EGGENMÜLLER, A., 1959b. Quirlpflüge unter besonderer Berücksichtigung des Aratore Civello. *Grundl. der Landtech.* Vol. 11, 57.

- EGGENMÜLLER, A., 1959c. Untersuchungen an einer Schar-Fräsenkombination. *Grundl. der Landtech.* Vol. 11, 64.
- EMORI, R.I. & SCHURING, D., 1965. Feasibility of model study in earth working equipment. *Trans. Amer. Soc. of Agric. Eng.*, Vol. 8 (2).
- ENDO, S., 1963. Studies on the oscillating subsoiler. *Transl. No. 15825 from the Soc. of Agric. Mach., Japan. Amer. Soc. of Agric. Eng. Journal*, Vol. 25 (2), 76-82.
- FISCHER-SCHLEMM, W.E. & MOSER, E., 1964. Untersuchungen an einem Kartoffelroder mit zwei parallel angeordneten und gegeneinander schwingenden sieben. *Landt. Forsch.* Vol. 9 (6), 157.
- FOUNTAIN, E.R., 1958. Higher tillage speeds will raise some posers. *Pract. Power Farming.* Vol. 21 (1), 28.
- FOX, W.R. & BOCKHOP, C.W., 1965. Characteristics of a Teflon-covered simple tillage tool. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.*, Vol. 8 (2) 227-229.
- FOX, W.R., DEASON, D.L. & WANG, L., 1965. Tillage energy applications. Paper No. 657, presented at the 1965 winter meeting, A.S.A.E., Chicago, III.
- GETZLAFF, G., 1951. Messung der Kraftkomponenten an einem Pflüggkörper, *Grundl. der Landtech.*, Vol. 1, 16-24.
- GETZLAFF, G., 1952. Über die Bodenkräfte beim Pflügen bei verschiedener Körperform und Bodenart. *Grundl. der Landtech.*, Vol. 3, 60-74.
- GETZLAFF, G., 1953a. Kräften an Pflügscheiben mit Fremdantrieb. *Grundl. der Landtech.*, Vol. 5, 16.
- GETZLAFF, G., 1953b. Vergleichende Untersuchungen über die Kräften an Normpflüggkörpern. *Grundl. der Landtech.* Vol. 5, 16-34.
- GETZLAFF, G., 1957. Kraftmessungen auf Häufelkörpern. *Grundl. der Landtech.*, Vol. 9, 61.
- GETZLAFF, G. & SÖHNE, W., 1959. Kräfte und Leistungsbedarf frei drehender und angetriebener Pflugscheiben auf harten, trockenem, tonigem Lehm. *Grundl. der Landtech.*, Vol. 11, 40.
- GUNN, J.T. & TRAMONTINI, W.N., 1956. Oscillation of tillage implements. *Agric. Eng.* Vol. 36 (11), 725.

- GUPTA, C.P. & PANDYA, A.C., 1967. Behaviour of soil under Dynamic loading: Its application to tillage implements. *Trans. Amer. Soc. of Agric. Eng.*, Vol. 10 (3).
- HARRISON, H.P. & REED, W.B., 1962. An analysis of draft, depth and speed of tillage equipment. *Can. Agric. Eng.*, Vol. 4 (1), 20-23.
- HENDRICK, J.G., 1962. Transmission of tillage energy by vibration. Unpublished Ph.D. Thesis, Michigan State University, East Lansing.
- HENDRICK, J.G. & BUCHELE, W.F., 1963. Tillage energy of a vibrating tillage tool. *Trans. Amer. Soc. Agric. Eng.*, Vol. 6 (3), 213-216.
- HENDRICK, J.G. & VAN DEN BERG, G.E., 1961. Strength and energy relations of a dynamically loaded clay soil. *Trans. Amer. Soc. Agric. Eng.*, Vol. 4 (1), 31.
- HETTIARATCHI, D.P.R., WITNEY, B., & REECE, A.R., 1966. Passive pressure in two dimensional soil failure. *J. Agric. Eng. Res.*, Vol. 11 (2).
- HETTIARATCHI, D.R.P., 1967. The mechanics of soil cultivation. *Proc. Agric. Eng. Symp., Nat. Inst. Agric. Eng., Silsoe.*
- JOHNSON, C.E. & BUCHELE, W.F., 1967. Energy in clod size reduction of vibratory tillage. *Proc. 60th Ann. Meeting Amer. Soc. Agric. Eng. & Can. Agric. Eng.*, Saskatoon, Saskatchewan.
- KALYUZHNYE, G.D. & GOIKHMAN, M.M., 1964. Investigation of an oscillating plough body. *Mekhaniz. Elektrif. Sots. Sel. Khoz.* Vol. 22 (6), 45-46. (Opgesom in *Agric. & Hort. Eng. Abstr.* Vol. 16 (4), 21.)
- KAROL, R.H., 1960. *Soils and soil engineering.* Prentice-Hall civil engineering series.
- KEMNITZ, L.A., GLENN, P.B., & LLOYD, F.B., 1966. Vibrating ploughs for direct burial of cables, wires, tubing. *Soc. of Automotive Eng.*, Bull. No. 660043, Detroit, Mich.
- KNOLL, A., 1952. Tenacity and resistance to cut in three different soils. *Macchine e Mott. Agricole*, 1952. (Opgesom in *Agric. Hort. Eng. Abstr.*, Vol. 10 (4).)

- KOMANDI, G., 1966. Bestimmung der physikalischen Bodenkennwerte auf der grund der zusammenhänge zwischen Scherdiagramm und Zugkraft-karakteristik. Landt. Forsch., Vol. 16 (4), 115-124.
- LAMBE, T.W., 1960. Soil testing for engineers. John Wiley & Sons, New York.
- LARSON, L.W. 1965. Predicting draft forces using model mouldboard plows in agricultural soils. Unpublished Ph.D. thesis, Iowa State University.
- LARSON, L.W., 1967. The future of vibratory tillage tools. Trans. Amer. Soc. Agric. Eng., Vol. 10 (1), 78-83.
- LARSON, L.W., LOVELY, W.G. & BOCKHOP, C.W., 1966. Predicting draft forces using model tillage tools in agricultural soils. Proc. 59th ann. meeting of the Amer. Soc. Agric. Eng., Amherst, Massach.
- LARSON, W.E., 1958. Best all-round protection: Mulch tillage-A Symposium. Crops & soils, Vol. 10, 11-14.
- LEHOCZKY, L., 1961. Pfluggeschwindigkeit und Zugkraft. Deutsches Agrar-tech., Vol. 11 (10), 451-453.
- MCKIBBEN, E.C., & REED, I.F., 1952. The influence of speed on the performance characteristics of implements. Paper presented at a meeting of the Soc. of Automotive Eng., Milwaukee, Wisk.
- MCCALLA, T.M., & ARMY, T.J., 1961. Stubble mulch farming. J. Soil & Water Cons. Vol. 17., 204-208.
- MÖHR, P.J., 1966. Mielieplantreste en sekere aspekte van grondproduktiwiteit. Ongepubliseerde D.Sc. (Agric.) Proefskrif, Fak. van Landbou, Univ. van Pretoria.
- MURSCH, B., 1957. Untersuchungen an einer Bodenfräse. Landt. Forsch., Vol. 7 (4), 93-98.
- NICHOLS, M.L., 1930. Dynamic properties of soil affecting implement design. Trans. Amer. Soc. of Agric. Eng., Vol. 24, 33.
- NICHOLS, M.L., 1932a. The dynamic properties of soil. Shear values of un-cemented soils. Agric. Eng., Vol. 13 (8), 201.
- NICHOLS, M.L., 1932b. The dynamic properties of soil. A method of analysis of plow mouldboard design based on dynamic properties of soil. Agric. Eng., Vol. 13 (11), 281.

- NICHOLS, M.L., 1932c. The dynamic properties of soils by means of colloidal films. *Trans. Amer. Soc. of Agric. Eng.*, Vol. 26, 37.
- NICHOLS, M.L., 1932d. Soil and metal friction. *Trans. Amer. Soc. of Agric. Eng.*, Vol. 26, 43.
- NICHOLS, M.L. & REAVES, C.A., 1955. Soil structure and consistency in tillage implement design. *Agric. Eng.*, Vol. 36 (8), 517-522.
- NICHOLS, M.L., & REAVES, C.A., 1958. Soil reactions to subsoiling equipment. *Agric. Eng.*, Vol. 38 (6), 340.
- NICHOLS, M.L., REED, I.F. & REAVES, C.A. 1958. Soil reaction to plow share design. *Agric. Eng.*, Vol. 39 (6), 336.
- NIKIKOROV, P.E. & BREDUN, M.I., 1965. Sliding friction of soil over metal & plastic surfaces. *Vest. Sel. Khoz, Nauki.*, Vol. 10, 7. (Opgesom in *Agric. Hort. Eng. Abstr.*, Vol. 14, 4).
- OSMAN, M.S., 1964. The mechanics of soil cutting blades. *J. of Agric. Eng. Res.*, Vol. 9 (4), 1964.
- PATERSON, J.J. & LAPP, H.M., 1964. Six years of deep tillage on clay soil in Manitoba. *Can. Agric. Eng.*, Vol. 6 (1), 16-19.
- PAYNE, P.C.J., 1956a. The relationship between the mechanical properties of soil and the performance of simple cultivation implements. *J. of Agric. Eng. Res.*, Vol. 1(1), 23-50.
- PAYNE, P.C.J., 1956b. Winch sprag designed to utilize soil friction. *J. of Agric. Eng. Res.*, Vol. 1 (1), 51.
- RANDOLPH, J.W. & REED, I.F., 1938. Tests of tillage tools: Effects of several factors on the reactions of fourteen inch mouldboard plows. *Agric. Eng.*, Vol. 19 (1), 29-33.
- REINACH, G., Dr. 1966, '68. Persoonlike mededeling. Dept. Biometrie, Fak. van Landbou, Univ. van Pretoria.
- RIEK, H.G., 1965. Untersuchungen über die adhäsion zwischen boden und festen werkstoffen. *Transl. No. 165. Nat. Inst. of Agric. Eng.*, Silsoe.
- ROWE, R.J. & BARNES, K.K. 1961. Influence of speed on elements of draft of a Tillage Tool. *Trans. Amer. Soc. Agri. Eng.*, Vol. 4 (1), P. 55-57.
- SCOTTON, M. & IACCOPOZZI, G., 1951. La resistance de glissement du sol en fonction du taux d'humidite. (The sliding Friction of soil in relation to moisture content.) I.V.E.M.C. Congress International de genie rural, Roma. 1951. (Opgesom in *Agric. Hort. Eng. Abstr.*, Vol. 4 (1), 7.)

- SHKURENKO, N.S., 1958. Experimental data on the effect of oscillation on the cutting resistance of soil. Nat. Inst. of Agric. Eng. Transl. from Trudy Akademii Stroitelstra I Arkhitektury, U.S.S.R. Inst. Osnovanii I Pdzemrykh Soorukzhenii. Vol. 32, Published in J. Agric. Eng. Res. Vol. 5 (2), 226.
- SMIRNOV, I.I. & DYACHENKO, G.N., 1964. Investigation of the geometry and mode of operation of oscillating tines on cultivation at increased speeds. Trakt. Selkhoz mash., Vol. 34 (6), 24-27. Nat. Inst. Agric. Eng. Transl. No. 180, Silsoe.
- SOC. AUT. ENGS., 1953. Statistics for the Engineer. Publ. No. S.P. 250.
- SÖHNE, W., 1951. Das mechanische verhalten des Ackerbodens bei belastungen, unter rollenden Rädern sowie bei der bodenbearbeitung. Grundl. der Landt., Vol. 1, 87-94.
- SÖHNE, W., 1953. Reibung und Kohäsion bei Ackerboden. Grundl. der Landt. Vol. 5, 64-80.
- SÖHNE, W., 1954. Krümmel- und Schollensiebanalyse als ein Mittel zur Beurteilung der Bodenbearbeitung. Landt. Forsch., Vol. 4 (3).
- SÖHNE, W., 1956. Einige Grundlagen für eine landtechnische Bodenmechanik. Grundl. der Landt., Vol. 7, 11-27.
- SÖHNE, W., 1959. Untersuchungen über die Form von Pflüggörpern bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit. Grundl. der Landt., Vol. 11, 22-39.
- SÖHNE, W., 1960. Anpassung der Pflüggörperform an höhere Fahrgeschwindigkeiten. Grundl. der Landt., Vol. 12, 11.
- SÖHNE, W., 1962. Aspects of tillage. Can. Agric. Eng., Vol. 5 (1).
- SÖHNE, W. & EGGENMÜLLER, A., 1959. Schnellaufende bodenfräser Langsamlaufende Rotorgraben. Untersuchungen an Einzelwerkzeugen. Grundl. der Landt., Vol. 11, 72.
- SÖHNE, W., & THIEL, R., 1957. Technische Probleme bei Bodenfräsen. Grundl. der Landt. Vol. 9, 39.
- TANNER, D.W., 1960. Further work on the relationship between rake angle and the performance of simple cultivation implements. J. of Agric Eng. Res., Vol. 5 (3), 151.

- TELISCHI, B., MCCOLLY, H.F. & ERICKSON, E., 1956. Draft measurement for tillage tools. *Agric. Eng.*, Vol. 37 (9), 605.
- TERZAGHI, K., 1962. *Theoretical soil mechanics*. 10th ed., John Wiley & Sons, London.
- TETSUKA, U. & ENDO, S., 1962. Studies on the oscillating subsoiler. A trial manufacture of an oscillating subsoiler for small tractors. *J. of the Soc. of Agric. Mach., Japan*. Vol. 24 (1/80), 21-24. (Opgesom in *Agric. Hort. Eng. Abstr.*, Vol. 13 (4), 239.)
- THROCKMORTON, R.I. & POYNOR, R.R., 1965. Tillage trends and predictions. Paper presented at the 1965 winter meeting of the Amer. Soc. *Agric. Eng.*, Chicago, Ill.
- TIMOSHENKO, S. & YOUNG, D.H., 1954. *Vibration problems in engineering*. 3rd ed. D. van Nostrand Co. Inc., New York.
- TRIPPLETT, G.B. & VAN DOREN, D.M., 1963. Chemicals make possible non tillage corn. *Ohio Farm & Home Res.*, Jan./Feb., 1963.
- VAN DEN BERG, G.E. & REAVES, C.A., 1966. Characterization of soil properties for tillage tool performance. *Nat. Till. Mach. Lab.*, Auburn, Ala. *Särtryck ur Grundförbättring*, Vol. 1.
- VERNYAEV, O.V., 1959. Powered cultivator tools. *Nat. Inst. of Agric. Eng. Transl.*, No. 178, Silsoe.
- WALKER, H.B., 1930. The engineer and tillage research. *Agric. Eng.*, Vol. 11 (2), 1930.
- WILLAT, S.T. & WILLIS, A.H., 1965. Soil compaction in front of simple tillage tools. *J. of Agric. Eng. Res.*, Vol. 10 (2), 109-113.
- YOUNG, D.F., 1966. Similitude of soil-machine systems. *J. of Terramech.* Vol. 3 (2), 57-70.
- VIBRA-TOOLS, Inc., 1966. Get ready to sell vibra-tiller. *Vibra Tools, Inc.*, Amasillo, Texas. (Advertensie-literatuur.)