

**Grondbewerking, Akkerbouw en Bouwland**

**Voordracht**

**gehouden op 30 maart 1989**

**door**

**H. Kuipers**

**bij zijn afscheid als hoogleraar in de  
Grondbewerking en Gronddynamica aan de  
Landbouwuniversiteit te Wageningen**

*Dames en Heren,*

### **Grondbewerking, Akkerbouw en Bouwland**

Deze drie woorden zullen bij menigeen een directe associatie met de ploeg oproepen, immers een ploegende boer bewerkt de grond, akkerbouw is de teelt van gewassen op geploegde grond en bouwland is land dat regelmatig geploegd wordt. Het valt niet zo op, dat in deze reeks de aandacht verschuift van de grond die over het raster glijdt naar de grond als factor bij de teelt van gewassen en dan naar de grond als natuurlijke hulpbron, maar dat is wel de reden waarom ik deze titel koos voor dit afscheidscollege, waarin ik, zoals U zult verwachten, iets wil vertellen over wat achter me ligt, maar waarin toch ook iets over de toekomst van het vakgebied gezegd moet worden.

### **Historie**

Als vakgebied binnen de landbouwkunde is de grondbewerking al vroeg herkenbaar. Toen Albrecht Thaer in 1802 zijn Grundsätze der rationellen Landwirtschaft publiceerde was daarin een belangrijke plaats ingeruimd voor de grondbewerking en ook in de onderzoeken van E. Wollny in Duitsland aan het eind van de vorige eeuw speelde de grondbewerking een belangrijke rol, terwijl nu een halve eeuw geleden in datzelfde land W. von Nitzsch op grote schaal proeven over de grondbewerking uitvoerde. Ook in andere landen is zo, zij het niet altijd even gemakkelijk, de draad terug te vinden waarlangs het onderzoek naar de effecten van de grondbewerking zich ontwikkelde.

Na de tweede wereldoorlog vindt er in Nederland en in meer landen een stormachtige groei van het landbouwkundig onderzoek plaats. Van alle rampen van een oorlog lijkt het voedseltekort wel de meest duurzame indruk achter te laten. Jesaja kenmerkte de vrede al als het omsmeden van zwaarden tot ploegscharen, een symbool dat in onze tijd door de VN

overgenomen is. In Duitsland ontstaat al gauw na de Tweede Wereldoorlog een belangrijk onderzoekscentrum: het Laboratorium voor Grondbewerking van de FAL de Forschungsanstalt für Landwirtschaft, gehuisvest te Braunschweig, in de voormalige gebouwen van de LFA, de Luftfahrtforschungsanstalt, een andere eigentijdse uitbeelding van het visioen van Jesaja.

Als jong onderzoeker werd ik in de vijftiger jaren in dit centrum al gauw onder leiding van de directeur prof.dr. H. Frese gewaar hoezeer het vakgebied van de grondbewerking verbonden is met de teelt van gewassen, met de bodemkunde als informatiebron over de omstandigheden van de teelt en met de techniek als middel om de teelt te beïnvloeden. Tegelijkertijd werd duidelijk hoe in een zuster-instituut binnen de FAL het Institut für Landtechnische Grundlagenforschung onder leiding van dr. W. Söhne een nieuw vakgebied ontstond, dat van fundamenteel belang zou worden voor de grondbewerking. Tegenwoordig duiden we dit aan als grondodynamica of als landbouwgrondmechanica.

Zo'n 25 jaar geleden was het terrein voor mij zoiets als een pas ontdekt werelddeel, te beschrijven als een laag grond, zo'n 20-30 cm dik, verspreid over vrijwel alle vruchtbare plekken van de aarde en waar het gros van de mensheid zich in het verleden direct en nu direct of indirect mee bezig houdt en er in elk geval van leeft. Ik zou een eigen, wetenschappelijk verantwoorde kijk moeten ontwikkelen op de vraag hoe die grond bewerkt moet worden.

## **De grondbewerking als technische ingreep**

### **Opzet van het onderzoek**

De eerste discussie die ik me herinner over de opzet van het onderzoek in Nederland was de vraag waar te beginnen. Uitgegaan werd van de gedachte, dat de grondbewerking moet resulteren in de optimale bodemstructuur voor de gewassen. Technici vonden dat de telers eerst die eisen moesten

formuleren, telers vonden dat technici om te beginnen maar eens de keuze mogelijkheden moesten omschrijven. Beter was het uiteraard niet op elkaar te wachten, en ieder voor zich de bodemstructuur te omschrijven, gericht op de eigen specialisatie, de telers dus als groeifactor en de technici als een werktuig effect. De samenhang tussen die twee zou dan de kern van het grondbewerkingsvakgebied zijn. Deze eenvoudige formule bleek goed werkbaar te zijn, maar de waarheid zeer veel ingewikkelder dan die eenvoud suggereert.

### **Bodemstructuur als groeifactor**

De ideale bodemstructuur is een theoretisch idee, dat praktisch gezien variabel zou moeten zijn al naar het groeistadium van het gewas, de aard van het gewas, de heersende weersomstandigheden, de gevoeligheid van de bodem hiervoor, en de vruchtbaarheid van de grond. Pas door jarenlang hardnekkig volgehouden onderzoek in wisselwerking met vooral buitenlandse vakgenoten kunnen schoorvoetend bepaalde grenzen aangegeven worden waar binnen bepaalde bodemfysische eigenschappen moeten liggen, wil een gewas hier niet ongunstig op reageren. Niet dat zulke negatieve reacties niet voorkomen, maar vaak hebben ze het karakter van een samenloop van omstandigheden. Bij groeizaam weer gaat er veel goed, maar een ongeluk komt zelden alleen. Bodemstructuurwaarderingen krijgen hierdoor het karakter van statistische uitspraken. Een slechte structuur geeft een grotere kans op ongunstige omstandigheden gedurende langere perioden en op meer plaatsen in de grond, met een grotere kans op een opbrengstderiving (Boone, 1988).

### **Bodemstructuur als werktuigeffect**

Het andere paard voor de wagen van het grondbewerkingsonderzoek, die met het label werktuigeffecten, trof hetzelfde moeilijke terrein. De werktuigeffecten hangen niet alleen van het werktuig en de hantering ervan af maar ook van de grond, van het weer vóór, na en eventueel zelfs

tijdens de bewerking en ook de trekker of de trekdieren spelen een rol. Vanuit de technische wereld is er grote belangstelling voor de optredende krachten en de totale vermogensbehoefte. Veel onderzoek gaat dan ook in de richting van het voorspellen van de benodigde trekkracht of het benodigde koppel aan de aftakas. Dat de benodigde energie een goede correlatie zou geven met het bereikte werktuigeffect, de momentane verandering in de bodemstructuur, is een optimistische gedachte, die wellicht bij een enkel werktuig nog een schijn van rechtvaardiging kan vinden, maar die in zijn algemeenheid niet opgaat (Kuipers et al., 1989). Het gros van de energie zit in het doorsnijden van de grond, en in wrijvingseffecten. Op zich zelf is het nuttig om te weten hoeveel energie een bewerking gaat vragen al was het alleen maar om de constructie veilig te stellen. Dit kun je evenwel niet baseren op een gemiddelde belasting, maar op de nog redelijk te verwachten uitschieters. Ook hier komen dus statistische uitspraken te voorschijn. Voor het voorspellen van het gedrag van grond is het uiteraard nodig het mechanisch gedrag van dit materiaal te kennen. Daarbij onthult moeder Aarde een verrassende rijkdom die het handjevol deskundigen, dat zich hiermee verspreid over de wereld bezig houdt, steeds weer imponeert (Koolen, 1977). Allerlei meetmethoden zijn ontwikkeld, variërend van hoogst theoretische laboratorium proeven, tot verkennende veldmetingen en uit alles blijkt dat de structuur van grond zo variabel is dat meerdere reacties mogelijk zijn. Het systematiseren van de variaties om ze hanteerbaar te maken vergt een internationale aanpak, die gelukkig hand over hand toeneemt.

### **Werktuigeffecten – groeifactoren**

De vertaling van werktuigeffecten in groeifactoren en omgekeerd tenslotte, zou de kern van het vakgebied zijn. Ook hier werd al gauw duidelijk dat als de eenvoud al het kenmerk van de waarheid is dat de waarheid zich dan voorlopig nog maar in kleine stapjes openbaarde.

Sommige werktuigeffecten lieten zich nog redelijk in als groeifactor aan te merken eigenschappen vertalen. Vooral de meer of minder dichte ligging van de grond bleek daar geschikt voor. Het reguleren van die ligging viel minder mee, met als waarschijnlijke hoofdoorzaak de korte duur van de technisch uitvoerbare belastingen in het veld. Gedacht moeten worden aan onderdelen van seconden, in vergelijking met de constante werking van de zwaartekracht, die je de macht van het kleine zou kunnen noemen. Diverse andere werktuigeffecten bleken moeilijk of niet vertaalbaar. Wat b.v. te denken van de vlakheid van het land. Wat weet een biet daarvan? Toch heeft de boer er in veel gevallen heel wat voor over om het land vlak te krijgen. Dan leveren zijn machines beter, gelijkmatiger werk, en met wat omwegen is dat ook nog wel in opbrengsten te vertalen, soms in kilos of in kwaliteit of geld. Techniek en teelt zijn heel wat hechter vervlochten dan alleen via de bodemstructuur.

### Onkruidbestrijding

Voor een algemeen voorkomend werktuigeffect bij de grondbewerking, nl. de invloed op de onkruidbezetting was in de besproken eerste opzet eigenlijk geen plaats en naarmate het enthousiasme over de herbiciden, de chemische onkruidbestrijdingsmiddelen, steeg werd het onderwerp ook nog minder aantrekkelijk. In het onderzoek konden onkruidbestrijders de stromen nieuwe middelen nauwelijks verwerken en grondbewerkers hadden hun handen vol aan de nieuwe werktuigen. Mondiaal gezien is dit een treurige geschiedenis want nu nog is de kennis van de grondbewerking als onkruidbestrijdingsmaatregel schamel te noemen. Er zijn hiervoor genoeg excuses te bedenken, maar persoonlijk zie ik het als een misser in het onderzoeksbeleid, gelukkig op internationaal niveau zodat ik er niet alleen onder gebukt hoef te gaan (Kuipers, 1980 en 1985a). Het temperen van het enthousiasme over de chemische onkruidbestrijding heeft het klimaat voor onderzoek in dit vakonderdeel duidelijk verbeterd, en de inmiddels sterk toegenomen kennis van de onkruiden maakt de perspectieven

voor een vruchtbare samenwerking met onkruideskundigen bepaald florissant, al geldt ook hier dat je pas goed ziet hoe ingewikkeld de zaak is, als je er wat meer van afweet.

## **Grondbewerking – akkerbouw**

### **Uitbouw van het onderzoek**

Daarmee zijn een aantal belangrijke thema's in de grondbewerking geschetst als een min of meer logisch gevolg van de gekozen benadering bij de opzet. Het onderscheiden van de groeifactoren en werktuigeffecten als verschillende aspecten van de bodemstructuur en de pogingen in beide richtingen om tot verklaringen te komen, leidden tot een verdieping van het onderzoek zowel op het terrein van de gronddynamica als op het terrein van het bewortelingsonderzoek. De verbinding tussen groeifactoren en werktuigeffecten vereiste onderzoek op een niveau waar deze samen een rol spelen, zoals in veldproeven waarbij de grondbewerking als een op de bodem gerichte technische teeltmaatregel als een variable optreedt.

Dergelijke proeven vereisen een outillage die de vakgroep niet heeft en ook niet nastreeft omdat de landbouw instituten in ons land daar voor veel geschikter zijn. Met de medewerkers van deze instituten bestond steeds een intensieve samenwerking via diverse Grondbewerkingswerkgroepen en als voorbeeld voor een geslaagde gezamenlijke inzet op het integratieniveau waar de werktuigeffecten en de groeifactoren samen optreden is het grondbewerkingsproefveld WS 38 op de proefboerderij Marienhof te Westmaas te noemen. Van 1967 – 1979 werd in een samenwerkingsverband tussen de voorlichtingsdienst, de proefboerderij, vijf landbouwkundige instituten en de vakgroep Grondbewerking een groot proefveld met verschillende bewerkingsregimes geëxploiteerd, waarbij de partners hun best deden om elk op hun eigen terrein bijdragen te geven over de verklaring van de optredende effecten. Dergelijke samenwerkingen

zijn bepaald niet eenvoudig, zelfs niet al wil iedereen meewerken. Dank zij het doorzettingsvermogen binnen de groep, en dank zij de financiële steun die de NRLO in de laatste jaren gaf, is het onderzoek afgerond en in twee nummers van de Agricultural Research Reports gepubliceerd (Boone, 1980). Daar staat veel in wat ook internationaal de aandacht getrokken heeft, maar ten aanzien van onze centrale vraag: hoe verbind je werktuigeffecten en groeifactoren aan elkaar luidt de conclusie toch eigenlijk: overschat niet wat je invloed via de werktuigeffecten is, en begrijp dat plantenwortels bedoeld zijn om in grond te groeien. Het zijn werkelijk meesterwerkjes. Er gebeurt erg veel tussen het moment waarop het grondbewerkingswerktuig passeert en het ogenblik dat de oogst gemeten wordt, en soms verkeren geluk of ongeluk in hun tegendeel. Voor de onderzoeker opent deze lange afstand tussen oorzaak en gevolg een wereld van mogelijkheden, waar hij met het nodige gevoel voor verhoudingen op moet inspelen en dit ook doet. Hoe voltrekken de veranderingen zich in grote lijnen gedurende het jaar, wat is daarin voorspelbaar, wat moet je daar voor weten. Moderne simulatietechnieken worden dan een zeer nuttig hulpmiddel.

## **Internationale ontwikkelingen**

### **Minimum tillage**

Het vakgebied van de grondbewerking is in de decennia dat ik er bij betrokken ben geweest ook sterk beïnvloed door internationale ontwikkelingen. Stond het begin, kort na de tweede wereldoorlog, nog in de nagalm van de zowel in Duitsland als in de USA gepropageerde biologische grondbewerking, de snelle opkomst van de mechanisatie verlegde het accent al spoedig in de richting van de bescherming van de grond tegen onnodig verkeer met landbouwmachines, speciaal in de periode tussen het losmaken en het inzaaien. Het gevleugelde woord werd minimum tillage, wat doorgaans misverstaan is als minimale grondbewerking, maar wat in wezen

bedoeld was als minimaal berijden in de inzaaiperiode (Kuipers, 1970). Van de reeds genoemde hoofdthema's kwam de onkruidbestrijding als belangrijk punt naar voren, en voorts de bescherming van de grond tegen wind en water erosie, en de voor grondbewerking benodigde tijd en energie. Het hoofdeffect voor het onderzoek lag in het duidelijk formuleren van het antagonistisch effect van losmakende bewerkingen ten opzichte van het rijden over land en de constatering dat opbrengsteffecten vaag bleven.

### Zero tillage

De successen die op het terrein van de chemische onkruidbestrijding werden behaald leidden in de zestiger maar vooral in de zeventiger jaren tot een wereldwijde actie voor onderzoek naar en propaganda voor een akkerbouwsysteem zonder grondbewerking. Het uitgangspunt was de in 1941 door E.W. Russell en B.A. Keen geformuleerde hypothese dat het nuttig effect van de grondbewerking misschien wel geheel aan de onkruidbestrijding toegeschreven zou kunnen worden, dat dit in elk geval vooralsnog de eenvoudigste en daarom dus beste hypothese was. Een afdoende beheersing van de onkruiden met chemische middelen roept dan de vraag op of de grondbewerking dan niet geheel afgeschaft zou kunnen worden. De fabrikanten van onkruidbestrijdingsmiddelen hebben de propagandistische waarde van dit idee zeer tijdig ingezien en het systeem van volledige chemische onkruidbestrijding is als zero-tillage, of no-tillage op de markt gebracht. Hoe versluiserend dit werkte bleek b.v. toen milieubeschermers het systeem aanprezen omdat het de onnatuurlijke actie van de ploeg overbodig maakte. Een zeer positief effect voor het grondbewerkingsonderzoek was dat er in grondbewerkingsproeven nu nul-objecten konden worden opgenomen waardoor allerlei effecten veel duidelijker naar voren kwamen.

De bergen literatuur die over zero-tillage verschenen maakten enerzijds duidelijk dat dit blijkbaar een goed te financieren onderzoeksobject was, maar anderzijds ook waar de voornaamste knelpunten lagen. Aanvankelijk ging het vooral om aangepaste zaai-technieken, het maken van een zaaibed bleek algemeen een toch wel erg praktische teeltmaatregel te zijn die een snelle tijdige inzaai bevordert. Aanvankelijk waren er ook veel signalen over aantastingen van het gewas, door slakken, rupsen of ander ongedierte maar ook daar zijn bestrijdingsmiddelen voor. Het verschuiven van de samenstelling van de onkruidvegetatie naar de lastiger te bestrijden soorten, vooral naar wortelonkruiden bleek een vraagstuk van langere adem, wat zeker remmend heeft gewerkt. In Europa zijn de meest recente problemen tenslotte uit de milieuwetgeving gekomen. Niet zozeer t.a.v. het herbicide gebruik maar door het stellen van regels voor het verbranden van stro. De beste toepassingen van het systeem lagen immers in de graanteelt, omdat de wintergranen geen en de zomergranen niet altijd negatieve opbrengst reacties gaven, terwijl de oogst geen grondbewerking vraagt en ook de bodemstructuur niet ernstig aantast. Als evenwel het stro onverkoopbaar is en praktisch gezien nauwelijks nog op het veld verbrand mag worden, is de beste oplossing het zoals in het verleden, op te ruimen door het de grond in te werken. Daarmee is het laatste bolwerk van de zero-tillage in Europa, dat in Engeland lag in de laatste jaren in feite verdwenen (Cannell, 1985) en moeten we verder van huis gaan om nog toepassingen te vinden. Die berusten dan nu meestal op overwegingen t.a.v. de bodembescherming.

## **Grondbewerking – bouwland**

### **Bouwlandontwikkeling**

De grondbewerking verhoogt het risico van erosie, het achterwege laten verlaagt het dus. Op zich zelf is dat juist, even juist als het feit dat niet eten het risico van voedselvergiftiging verlaagt. Toch zijn we hiermee aangekomen bij een centraal thema voor de grondbewerking als

stelsel. Als de grondbewerking het middel zou zijn om de grond uit te boeren, om de meest essentiële bestaansbron van de mensheid op te gebruiken, dan zou het een euvel zijn dat met man en macht bestreden moet worden. Zo is het helaas nogal eens voorgesteld in de ijver voor andere idealen, b.v. het bereiken van een grotere herbicide omzet, maar er zijn gebieden waar honderden of zelfs duizenden jaren akkerbouw is bedreven. De grond wordt bewerkt als de landbouwer zich vestigt met het duidelijke oogmerk daar althans als bedrijf te blijven generatie na generatie. De grondbewerking heeft daarom als doel de bodemvruchtbaarheid duurzaam op peil te houden of te verhogen en het land geschikt te houden of beter geschikt te maken voor de productie (Kuipers, 1985b). Als de toegepaste grondbewerking tot erosie leidt dan is de enig mogelijke conclusie dat het dus fout gebeurt. In principe is er altijd een methode te bedenken waarbij de grond zo bewerkt wordt dat erosie voorkomen wordt. Of die methode dan praktisch uitvoerbaar is is een tweede en het kan wel eens heel verstandig zijn om helemaal af te zien van grondbewerking, of zelfs van enig landbouwkundig gebruik van bepaalde stukken grond.

Vooraf bij het voorbereiden van adviezen over de grondbewerking in andere klimaatsgebieden is het zaak zorgvuldig te werk te gaan. Het overbrengen van grondbeweringsmaatregelen naar een gebied, waar ze niet inheems zijn vergt tenminste een kritische begeleiding, maar veelal ook moeizaam onderzoek om vast te stellen waarom het gaat. De langjarige samenwerking met de Hebrew University of Jerusalem en het ICRISAT te Hyderabad in India, en later ook in Niamey in Niger, demonstreerde duidelijk dat de betrokken gebieden in Israël, India, Mali en Niger weliswaar alle een semi-arid karakter hebben, maar dat de grondbeweringsproblematiek daarom nog niet dezelfde is (Klaj, 1983; Rawitz, 1983). De grondbewerking is geen doel op zich, maar moet wel steeds een concreet doel hebben. Op korte termijn ligt dat in de teelt van een bepaald gewas en op lange termijn in het ontwikkelen van de grond als bestaansbron. Dat

laatste heeft ook een technisch aspect wat tot uitdrukking komt in termen als berijdbaarheid, bruikbaarheid en stabiliteit, perceelsgrootte en oppervlaktevorm. Bij de korte termijn effecten is de grote invloed van de bruikbaarheidsaspecten heel duidelijk. Moeilijk berijdbaar land is een handicap, ongeacht de vraag of de oorzaak ligt in de helling van het land, de aanwezigheid van rotsblokken, een onregelmatige verkaveling of een te slappe grond. De mogelijkheden om een dergelijke handicap te overwinnen zijn uiteraard niet gelijk. Voor de lange termijn effecten is het moeilijker te overzien wat de criteria zullen worden omdat daaraan veranderingen in de teelt ten grondslag zullen liggen. Het heeft er lang op geleken dat dit in de richting zou gaan van een steeds verdere beheersing door het gebruik van chemicaliën waardoor ziekten en plagen ook voor langjarige monocultures kunnen worden beheerst en de gewasontwikkeling in de gewenste richting zou kunnen worden gestuurd. Op dit punt is een duidelijke aarzeling merkbaar. Ook heeft het erop geleken dat de landbouwmachines steeds groter zullen worden en daarmee steeds zwaarder. Beide tendensen wijzen in de richting van steeds grotere, vlakke percelen bij voorkeur op gelijkmatige gronden, omstandigheden die de weg naar een voortschrijdende automatisering openen. Door het groter worden van de machines neemt de intensiteit van het sporenpatroon op de akker af en dat introduceert een zekere ongelijkmatigheid. Enerzijds verwacht men een ernstiger structuurbeschadiging in de sporen, anderzijds blijft een groter deel van de akker onbereden. Internationaal gezien is dit onderwerp de laatste jaren sterk in de belangstelling van het grondbewerkingsonderzoek gekomen: in plaats van zero-tillage, zero-traffic. Diverse systemen van vaste rijpaden voor één of meer seizoenen worden onderzocht, grote werktuigdragers met b.v. een spanwijdte van 12 m zijn geconstrueerd en worden beproefd. De technische problemen hiervan zijn zeker oplosbaar, maar er zullen flinke voordelen moeten zijn willen dergelijke constructies lonend worden. Dat de te bereiken lossere ligging van de grond zoveel hogere hectare opbrengsten

zullen geven dat de investering gerechtvaardigd zou zijn, is onwaarschijnlijk. Het moet dan al om heel dure gewassen gaan, waarbij het voordeel meer zou moeten liggen in de gelijkmatigheid van het produkt dan in de hoeveelheid. Ook de mogelijkheden van automatisering zouden op de lange termijn een argument kunnen opleveren, maar voorlopige ziet het er niet naar uit dat deze systemen veel toepassing zullen vinden in de akkerbouw. Daarmee blijft wel de zorg om het structuurbederf door het rijden over het land bestaan als het meest in het oog lopende actuele probleem op het terrein van de grondbewerking.

### **Bodembescherming**

Deze zorg is algemeen in de gemechaniseerde landbouw. Er is een internationale werkgroep binnen de ISTRO voor hoge aslasten, die vergelijkbare proeven in Europa en de USA organiseert om na te gaan welke aslasten nog toelaatbaar geacht kunnen worden (Hakansson et al., 1988). Alleen door een werkelijk internationale reactie van bodemkundige zijde op de steeds toenemende afmetingen van machines, is een invloed op deze ontwikkeling te verwachten. In september 1988 kwam dank zij een sponsoring door de NATO een groep van 50 tot 60 onderzoekers in St. Paul (Minnesota) bijeen om de gedachten uit te wisselen over de mechanische beïnvloeding van landbouwgronden. Daar bleek dat in veel landen het besef, dat bodemverdichting een dreigend gevaar is, weliswaar binnen de landbouw algemeen voor komt, maar dat men daar buiten veel zwaarder tilt aan chemische en merkwaardigerwijze ook biologische bedreigingen van de bodem. Binnen het onderzoek is het station dat het louter om veranderingen in de dichtheid van de grond zou gaan en dat die eenduidig van de uitgeoefende druk zouden afhangen duidelijk gepasseerd. Het zijn juist de vervormingen die de fysische eigenschappen van de grond sterk beïnvloeden (Dawidowski et al., 1987) en de gedragingen van grond zijn niet alleen afhankelijk van de druk, het vochtgehalte en de dichtheid van grond maar ook van voorgaande belastingen en de belastingsduur. Voegen we

daarbij de gebruikelijke gelaagde opbouw van de landbouwgronden, b.v. de relatief losse bouwvoor die rust op de dichtere ondergrond, de onzekerheden ten aanzien van de drukken die in het contactvlak tussen een luchtband en een zich verplaatsende grond ontstaan, dan is het duidelijk dat we met een mechanisch ingewikkeld proces te maken hebben, dat voor praktische doeleinden roept om een benadering zoals ik die van ingenieurs verwacht. Ik bedoel een benadering waarbij zekerheden en onzekerheden beide duidelijk als zodanig onderkend worden en tegen elkaar afgewogen om tot een verantwoord handelen te komen. In Nederland leidde dit tot het opzetten van proeven met lage druk berijdingssystemen door het IMAG in samenwerking met diverse landbouwkundige instellingen. De leidende gedachte hierbij is dat met een voorzichtig berijdingssysteem schade voor de gewassen voorkomen zal kunnen worden of zoals Perdok van het IMAG het kernachtig formuleert: wat meer investeren in het rubber van de banden spaart de grond. De vraag is of daar voldoende aanwijzingen voor zijn. De verleiding is groot hier uitgebreid op in te gaan, maar ik wil volstaan met twee aspecten te noemen.

#### Perceelsgewijze benadering van de belasting

In de eerste plaats wat er voor verdichting van een perceel grond nodig is. Opbrengsten zijn we gewend uit te drukken in hoeveelheden per ha belastingen gaan per  $\text{cm}^2$  en dat werkt verwarrend. Ook voor de belasting is een perceelsgewijze benadering nodig.

Een bescheiden druk van 1 bar, of globaal  $1 \text{ kg/cm}^2$  of 1 atmosfeer, gedurende 1 sec. vraagt 30 ton uur per ha. Als dat verkregen moet worden door de grond met het eigen lichaamsgewicht aan te drukken ben je dus met 1 ha 400 uur bezig, 10 weken van 40 werkuren. Dat vertegenwoordigt een arbeidshoeveelheid van ongeveer 30 kWh, genoeg om die hele oppervlakte 20 cm diep te bewerken. Schakelen we een paard in van 750 kg. dan is er maar 40 uur nodig, en het levert dezelfde arbeidshoeveelheid op. Een oud trekkertje kan in de tijd die nodig is om de gevraagde belasting te

leveren de grond ongeveer 5x bewerken en een moderne trekker ongeveer 10x. Er komt in de moderne landbouw wel veel gewicht in het veld, maar gerekend naar de beschikbare energie maar erg weinig. Je kunt ook zeggen dat er met het grote materiaal maar weinig gereden wordt. Dat heeft zeker consequenties voor de beïnvloeding van de bodemstructuur, die plaatselijk wellicht groter is, maar minder algemeen verbreid.

Voor het onderzoek levert dat mogelijkheden op die nog lang niet uitgebuit zijn.

### **Belastingsduur**

Het tweede punt dat ik wil noemen is de belastingsduur. Onder wielen gaat het om onderdelen van seconden. Zo'n belasting lijkt meer op slaan dan op persen, dat laatste doen we in ons laboratorium. Dat de grond ook op die kortdurende belastingen sterk kan reageren blijkt bij de spoorvorming in het veld. Ook blijkt dat de drukken niet alleen in de bouwvoor maar ook in de ondergrond meetbaar zijn. Moeilijker wordt het om over verdichting van de ondergrond te praten, als niet alleen de druk, maar ook de daardoor veroorzaakte grondverplaatsingen via een aanvankelijk betrekkelijk losse bovengrond doorgegeven moeten worden aan de vastere dichtere ondergrond. De losse bouwvoor kan zo gezien worden als een beschermende kreukelzone voor de ondergrond. Wordt die kreukelzone dun zoals bij diepe insporingen of is hij afwezig, zoals bij het rijden door de open voor bij het ploegen, dan verhoogt dat het risico voor de ondergrond. Vandaar dat ik zo graag een technisch goede en praktisch aantrekkelijke oplossing gezien had voor het zogenaamde boven over rijden bij het ploegen, waarbij dus geen trekkerwielen door de open voor rijden. Er zijn wel oplossingen maar ze komen sporadisch voor. De open voor is technisch gezien ook een prachtig hulpmiddel: hij biedt ruimte voor de te ploegen grond om uit te wijken, is zo te zeggen het gespreide bed voor de nieuwe ploegvoor. De open voor biedt de trekkerwielen die er door rijden een stevige

ondergrond waaraan meer trekkracht ontleend kan worden dan aan de slappere bovengrond en de open voor regelt heel precies de baan waarlangs de trekker zich voortbeweegt.

Toen ik ruim 20 jaar geleden mijn ambt als hoogleraar hier aanvaardde opperde ik de gedachte dat een belangrijke drijfveer achter de invoering van de risterploeg geweest kan zijn, dat de ploeger in de vlakke open voor kon lopen. Het sturen van de trekdieren werd er uiteraard ook eenvoudiger van. De techniek heeft inmiddels de ploeger een comfortabele zetel verschaft en heel wat moeilijker sturingsproblemen opgelost dan die bij het ploegen spelen, en ik ben er dan ook van overtuigd dat het rijden door de open voor technisch gezien beslist niet nodig is. Tot nu toe is er aan trekkers veel geautomatiseerd, maar de marktwaarde van dit onderwerp wordt kennelijk niet gezien of te laag aangeslagen om er werk van te maken. Ik zou dit graag anders zien omdat de zorg voor de grond als bestaansbron voor de mensheid de hoofdogpave is op het niveau van de grondbewerkingssystemen, die de som zijn van de jaarlijks weerkerende ingrepen in de bodem over een lange reeks van jaren. Dit is het terrein waar we graag over praten, maar waarvan we in feite nog maar bitter weinig weten, omdat onze tijd zo kort is. Dertig jaar mocht ik mij aan onze Landbouwniversiteit voor dit prachtige onderwerp inzetten. Nu is het al weer om en om is ook alweer dit college uur.

Ik ben U erkentelijk voor uw zeer gewaardeerde aandacht.

**Literatuur**

- Boone, F.R. (ed.), 1980. Experiences with three tillage systems on a marine loam soil.  
 I 1972-1975. Agric. Res. Rep. 899 (1980), Pudoc, Wageningen. pp 100  
 II 1976-1979. Agric. Res. Rep. 925 (1984), Pudoc, Wageningen. pp. 263.
- Boone, F.R., 1988. Weather and other environmental factors influencing crop responses to tillage and traffic. *Soil & Tillage Res.* 11: 283-324.
- Cannell, R.Q., 1985. Reduced tillage in North-West Europe a review. *Soil & Tillage Res.* 5: 129-177 (vz. concl. 7).
- Dawidowski, J.B., A.J. Koolen, 1987. Changes of soil water suction, conductivity and dry strength during deformation of wet undisturbed samples. *Soil & Tillage Res.* 9: 169-180.
- Hakansson, I., W.B. Voorhees and H. Riley. 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil & Tilage Res.* 11: 239-282.
- Klajj, M.C., 1983. Analysis and evaluation of tillage on an alfisol in a semi-arid tropical region of India. Diss. Wageningen. 147 pp.
- Koolen, A.J., 1977. Soil loosening processes in tillage. Analysis, systematics and predictability. Diss. Wageningen. 159 pp.
- Kuipers, H., 1970. Introduction. Historical notes on the zero tillage concept. *Neth. J. Agric. Sci.* 18: 214-224.
- Kuipers, H. 1980. Reflections on the 8th conference of ISTRO. *Soil & Tillage Res.* 1: 7-10.
- Kuipers, H., 1985a. A Tillage Research Analysis based on ISTRO-conference Proceedings. *Soil & Tillage Res.* 5: 117-128.
- Kuipers, H., 1985b. Tillage machinery systems as related to cropping systems. *Int. Conf. of Soil Dynamics Proc.* Vol. III pp. 443-457, Auburn (Al.).

- Kuipers, H. and A.J. Koolen. 1989. Interface between implements, tillage and soil structure. Proc. Nato Adv. Res. Workshop on Mechanics and related processes in structured agricultural soils. Univ. of Minn. In press.
- Nitzsch, W. von. 1937. Bessere Bodenbearbeitung RKTL Schrift 70, 288 pp.
- Rawitz, E., J. Morin, W.B. Hoogmoed et al., 1983. Tillage practices for soil and water conservation in the semi-arid zone. Soil & Tillage Res. 3: 211-231; 4: 155-164; 4:215-224.
- Russell, E.W. and B.A. Keen. 1941. Studies on soil cultivation. X. J. agric. Sci. 31: 326-347 (viz. pg. 345).
- Thaer, A., 1802. Grundsätze der rationellen Landwirtschaft, in 1880 opnieuw uitgegeven door Dr. G. Krafft c.s
- Wollny, E., 1895. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 18 (1895): 63-75; 20 (1897/98): 231-289, 493-526.