

Het ontwerpen van landinrichtingsplannen

R. H. A. VAN DUIN,

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen

INLEIDING

Het winnen, inrichten en in cultuurbrengen van gronden is vanouds een ervaringsvak, waarbij de juistheid van de door de ontwerper gekozen oplossing in het algemeen niet kwantitatief werd aangetoond. Voorzover de noodzaak van dergelijke cultuurtechnische projecten samenhang met de directe bestaansmogelijkheden van de bevolking bestond hieraan ook weinig behoefte. Door de toename van de alternatieve aanwendingsmogelijkheden van grond, kapitaal en arbeid wordt echter steeds meer behoefte gevoeld aan een gefundeerde verantwoording van deze projecten. Hiertoe is het noodzakelijk geworden dat er naast de afweging van de technische mérites van een plan ook een analyse van kosten en baten plaatsvindt, waarbij eventueel enkele alternatieve oplossingen met elkaar worden vergeleken.

Een in cultuurtechnisch opzicht optimale situatie kan in maagdelijke, nieuw in te richten gebieden in het algemeen gemakkelijker worden omschreven en dichter benaderd worden dan bij de herinrichting van het 'oude land', waar zowel in planologisch opzicht als wat betreft de bedrijfsstructuur in veel sterkere mate met een reeds bestaande en historisch gegroeide situatie rekening moet worden gehouden. Desondanks dienen ook bij ruilverkavelingen de eisen waaraan het ontwerp moet voldoen en de hiervan te verwachten resultaten te worden geformuleerd en voorzover mogelijk ook gekwantificeerd om met de beschikbare middelen een optimale inrichting van het gebied te verkrijgen. Hierbij moet echter worden bedacht dat er veelal ook een aantal niet specifiek agrarisch en ten dele moeilijk in geld uitdrukbare overwegingen zullen gelden, die mede tot de uitvoering van bepaalde cultuurtechnische werken aanleiding geven. Het platteland vormt nu eenmaal niet alleen het werkterrein voor de boer, maar heeft ook een functie voor de bewoning, recreatie en verkeersafwikkeling.

In het kader van dit artikel zullen enkele aspecten worden behandeld die bij de opstelling en uitvoering van een landinrichtingsplan aan de orde komen. Hierbij wordt in het bijzonder aandacht geschonken aan de herinrichting van gebieden (ruilverkaveling), terwijl hydrologische en waterbouwkundige aspecten buiten beschouwing zullen blijven en het verzamelen en hanteren van de vereiste terreingegevens bekend verondersteld worden.

HET KAVELAANTAL

De inrichting van een agrarisch gebied wordt gekenmerkt door de verdeling hiervan in goed ontsloten, ontwaterde en bewerkbare kavels. Het aantal en

de afmetingen van de te projecteren kavels kunnen dan ook tot de basisgegevens van het ontwerp worden gerekend. Deze gegevens zijn noodzakelijk voor de tracering en toetsing van het wegensysteem, de vaststelling van het aantal toegangsdammen met de daarbij behorende wegverbredingen en het aantal grensstenen, evenals voor de lengte van eventueel te (ver)plaatsen rasters, te reserveren plantstroken, te graven en/of te handhaven sloten, de benadering van de omvang van de noodzakelijke kavelaansluitingswerkzaamheden enz.

Om het aantal kavels te kunnen vaststellen moet eerst bepaald worden op hoeveel bedrijven na de ruilverkaveling moet worden gerekend en over hoeveel kavels elk bedrijf de beschikking moet hebben. Dit laatste aantal is onder meer afhankelijk van de behoefte aan grond in de verschillende bodemgeschiktheidsklassen. Voor bijvoorbeeld gemengde bedrijven in zandgebieden betreft dit een beekdal- en een oud zandbouwlandkavel met eventueel nog een stuk ontginnings- of stuifzandgrond. Het aantal ruilklassen wordt overigens niet alleen bepaald door het bodemprofiel en de grondwaterdiepte, maar bijvoorbeeld ook door de terreinhelling of de afstand tot de boerderij, waardoor o.m. de vorming van extra huiskavels en van ver weg gelegen kavels noodzakelijk kan zijn. Deze omstandigheid zal zich vooral voordoen, indien de boerderijen in onderling ver uiteenliggende groepjes bijeenstaan. De mogelijkheden tot samenvoeging zijn uiteraard groter naarmate er in het plan meer maatregelen worden opgenomen die de uitruikbaarheid gunstig beïnvloeden, zoals boerderijverplaatsing, watervoorzienings- en grondverbeteringswerken, compensatie in grond en dergelijke.

Het aantal kavels na ruilverkaveling (N') volgt bij benadering uit de sommatie :

$$N' = \sum_{i=1}^n M_i \text{ met } i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Hierin is M_i het toekomstig aantal bedrijven met grond in een ruilklasser R_i , waarbij ondersteld wordt dat alleen kavels worden samengevoegd voorzover deze tot dezelfde ruilklasser behoren. In het algemeen is in Nederland $n \leq 4$. Als $i = 1$ is er maar één ruilklasser en is het aantal kavels gelijk aan het aantal bedrijven, welke situatie vooral in de jongere landbouwgebieden wordt aangetroffen. Voor het uitvoeren van deze berekening dienen de bodemgeschiktheids- en de bedrijfskartering te worden gecombineerd, waarbij rekening moet worden gehouden met beëindiging, verplaatsing en ontmenging van bedrijven en met de in het plan van voorzieningen opgenomen werken welke een wijziging van de uitruikbaarheid tot gevolg zullen hebben. In tabel 1 is een voorbeeld gegeven van een dergelijke berekening voor een zandgebied met gemengde bedrijven (Van Duin, 1960), met maximaal 4 kavels per bedrijf na ruilverkaveling ($n = 4$).

Volgens bovenstaande prognose neemt het aantal kavels dat deze boeren in gebruik hebben af van 879 tot 360, of wel tot 40 % van het oorspronkelijk aantal, hetwelk overeenkomt met een kavelvergroting van gemiddeld 1,2 tot 3,0 ha.

LANDINRICHTINGSPLANNEN

Tabel 1. Prognose van het toekomstig aantal kavels in de ruilverkaveling „Dorp en Eind” voor 134 gebruikers met landbouw als hoofdberoep

Ruilkلاسe (R _i)	Aantal bedrijven met grond in deze klassen (Mi.)	Gem. aantal kavels per bedrijf na samenvoeging
1 bij voorkeur bouwland/ <i>preferably plough-land</i> ..	89	0,67
2 bouwland of grasland/ <i>plough-land or grassland</i> ..	111	0,83
3 bij voorkeur grasland/ <i>preferably grassland</i>	88	0,66
4 extra huiskavels/ <i>additional parcels next to farm</i> ..	72	0,54
totaal (N')/total (N')	360	2,7

<i>Class of use on future farm</i>	<i>Number of farms with land in these classes (Mi)</i>	<i>Mean number of parcels per holding after realloiment</i>
1 bij voorkeur bouwland/ <i>preferably plough-land</i> ..	89	0,67
2 bouwland of grasland/ <i>plough-land or grassland</i> ..	111	0,83
3 bij voorkeur grasland/ <i>preferably grassland</i>	88	0,66
4 extra huiskavels/ <i>additional parcels next to farm</i> ..	72	0,54
totaal (N')/total (N')	360	2,7

Table 1. Prognosis of the future number of parcels in the reallocation project 'Dorp en Eind' (134 users)

DE KAVEL- EN PERCELSAFMETINGEN

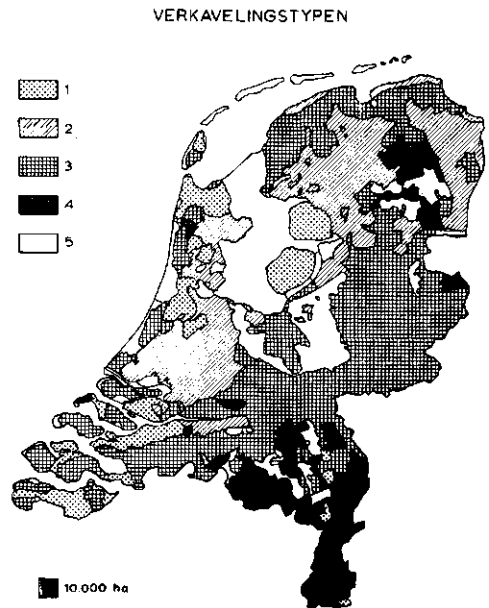
Omtrent de gewenste kavel- en perceelsafmetingen¹ en de betekenis hiervan voor het landinrichtingsplan zijn door verschillende onderzoekers formules opgesteld en berekeningen uitgevoerd (Fluck, 1920; Hellinga, 1950; Prummel 1950; Hellinga en Maris, 1953; Van Der Werff, 1954; Van Wijk, 1957; Van Den Ban, 1958; Van Duin, 1959), waarbij Van Der Werff en Van Den Ban vooral aandacht besteden aan de extreme waarden van lengte en breedte. De optimale afmetingen worden gebaseerd op een minimum aan exploitatiekosten, voorzover deze een gevolg zijn van opbrengstdepressies langs de perceelsranden en op de wendakkers, tijdverlies bij het opstellen en wenden der werktuigen, het transport over het perceel en de kosten van aanleg en onderhoud van het ontsluitings- en waterbeheersingsstelsel (zie bijvoorbeeld Hellinga en Maris, 1953).

Op basis van dergelijke overwegingen zijn de moderne verkavelingen ontstaan, zoals in de Hollandse droogmakerijen, de IJsselmeerpolders en de jonge ontginningen in Zuid- en Oost-Nederland, waarbij de bedrijven in het algemeen slechts over één kavel beschikken en kavelbreedte en -diepte zich veelal verhouden als 1 : 2,5 à 5 (figuur 1). Bij verkavelingen welke tot stand zijn gekomen door ontginning vanaf een dijk of weg, waarbij iedere grondgebruiker over een strook grond met een bepaalde breedte langs de weg kon beschikken, zijn de kavels veel smaller. Dit is het geval in de Zuidhollandse waarden, de Groninger kustgebieden en de weidegebieden in het noordelijk deel van Overijssel, vooral indien bovendien nog overlangse splitsing heeft plaatsgevonden. Ook in de Veenkoloniën, waar

¹ Onder kavel wordt verstaan een stuk land waarvan de begrenzing wordt gevormd door grond van andere gebruikers; een kamp of topografisch perceel is een geheel of gedeeltelijk door topografische scheidingen begrensd stuk van een kavel (maximale bewerkingseenheid); een (gebruiks)perceel is een niet door topografische scheidingen onderbroken stuk grond van één gebruiker met één gewas. Dus: kavel \geq kamp \geq perceel.

Fig. 1 De verspreiding van de meest voorkomende verkavelingstypen in Nederland. 1. moderne verkaveling; 2. strokenverkaveling; 3. mozaïekverkaveling en esverkaveling met weinig versnippering (< 6 kavels per bedrijf); 4. idem met veel versnippering (≥ 6 kavels per bedrijf); 5. bos en woeste grond

Fig. 1 Situation map of the major systems of parcellation existing in the Netherlands. 1. rectangles; 2. strips; 3. mosaic (less than 6 parcels per holding); 4. the same with 6 or more parcels per holding; 5. water, wood and non-cultivated areas



een rationale turfwinning maatgevend was voor de kavelafmetingen, zijn de kavels relatief lang. Evenals bij de moderne verkaveling ligt de grond bij dit type verkaveling in het algemeen bij de boerderij (straat- en dijkdorpen).

Mozaïek-achtige verkavelingen komen vooral voor in gebieden waar tijdens het in cultuurbrengen een zekere overvloed aan woeste grond was. De kavels hebben geen duidelijke lengterichting en het verkavelingspatroon is onregelmatig, tenzij de verdeling van de grond pas later heeft plaatsgevonden. Indien de boerderijen in groepjes bijeen staan, zijn de bedrijven veelal ook vrij sterk versnipperd. Over de ontwikkeling van de verschillende verkavelingstypen zijn onder meer beschouwingen gegeven door *Bijhouwer* (1944), *Groenman* (1948) en *Hofstee en Vlam* (1952). Groenman ziet een historische ontwikkeling vanaf een willekeurige in cultuurname van de woeste grond bij een geringe bevolkingsdichtheid, via een beperking van de kavelbreedte bij beperkte vestigingsmogelijkheden en vervolgens ook van de diepte bij aanwezigheid van een centraal gezag, tot het vooral rationeel vaststellen van de gewenste afmetingen bij de moderne verkaveling. Typerend voor deze verkavelingen is dus de in cultuurname zonder leiding, onder leiding en volgens plan.

Bij deze beschouwing zal voornamelijk gebruik worden gemaakt van de berekeningsmethode zoals deze toegepast is door Van Duin (1959), die vooral gericht is op de kavelafmetingen en de betekenis hiervan voor het landinrichtingsplan. De gewenste kavelafmetingen kunnen dan in principe als volgt worden bepaald: als de gebruikspcelen bijvoorbeeld langs de korte zijde door een bedrijfsweg worden ontsloten, zoals in figuur 2.3 is weergegeven, geldt voor de exploitatiekosten van deze *percelen* in eerste benadering:

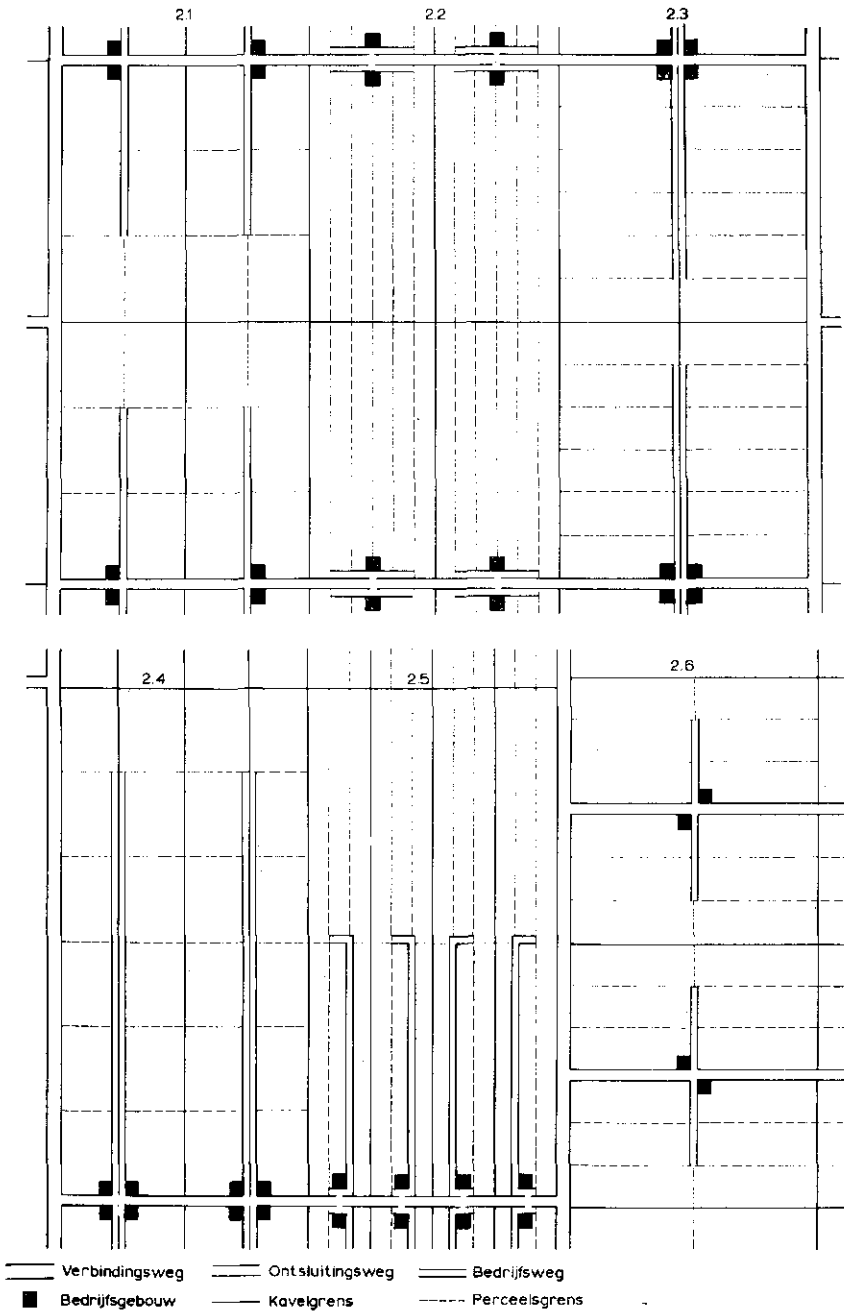


Fig. 2 Schema's voor de indeling van kavels in percelen. Bij schema 1, 5 en 6 de bedrijfswegen midden over de kavels. Bij schema 1 en 4 de percelen langs de lange zijde door de bedrijfsweg ontsloten (evenwijdig aan de beweringsrichting)

Fig. 2 Alternative possibilities for the arrangement of the parcels and location of farm roads. In plan 1, 5 and 6 the farm roads are situated in the middle of the parcels. In plan 1 and 4 the parcels are opened up by a farm road along the long side. Legend top, left to right: main road; agricultural road; farm road. Legend bottom, left to right: farm buildings; parcel boundary; lot boundary.

$$\frac{E_3}{F} = \frac{2wB + 2rD + \frac{1}{2}VD + \frac{1}{2}NV'B}{DB} = \frac{(2w + \frac{1}{2}NV') + (2r + \frac{1}{2}V)f}{\sqrt{fF}} \quad (2)$$

waarbij E_3 = de van de verkaveling afhankelijke exploitatiekosten bij een verkaveling volgens figuur 2.3 (gld/perceel/jr)

D = \sqrt{fF} = diepte van het gebruik perceel (hm)

B = breedte van het gebruik perceel (hm)

F = DB = produkt van perceelsdiepte en -breedte (ha)

f = D/B = quotiënt van perceelsdiepte en -breedte

w = wendakkerkosten (gld/hm/jr)

r = randverlies (gld/hm/jr)

v = V/F = vervoerskosten over het perceel (gld/ha/hm/jr)

v' = V'/F = vervoerskosten over de kavel via de bedrijfsweg (gld/ha/hm/jr)

N = aantal gebruik perceelen per kavel

w, r, V en V' zijn gemiddelden voor alle in de vruchtwisseling opgenomen gewassen, waarbij r en w zowel op opbrengstderiving door landverlies en oogstdepressies als op tijdverliezen betrekking hebben. Deze waarden zijn sterk afhankelijk van de aard van de gewassen, de mechanisatiegraad, de waardering van de arbeid en dergelijke. Veel gegevens zijn hierover niet beschikbaar, zodat vooralsnog met een globale raming van deze waarden moet worden volstaan. Hierbij kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van onderzoek van Larsson (1947), Rückmann (1953), Carlegrim (1956), Priebe (1957), Righolt (1957, 1959), Seuster (1958) en Oppermann (1960). Door substitutie van

$$q = (4r + V)/(4w + NV') \text{ en } e_3 = E_3/F$$

gaat vergelijking 2 over in:

$$e_3 = \frac{(4w + NV')(1 + fq)}{2\sqrt{fF}} = \frac{QC}{\sqrt{F}} \quad (3)$$

waarbij: $Q = (1 + fq)/2\sqrt{f}$ en $C = \sqrt{(4w + NV')(4r + V)}$

De relatie tussen de exploitatiekosten en de perceelsvorm volgens vergelijking 3 is grafisch weergegeven in figuur 3 bij optimale perceelsvorm² en met $w = 50$, $r = 10$, $N = 6$, $v = 2,5$ en $v' = 5$. Hieruit blijkt dat de exploitatiekosten op de percelen afnemen met toenemende perceelsgrootte (tot een minimum van 57 gld/ha/jr bij 10,3 ha en een diepte-breedteverhouding van 7,75). Door het zeer vlakke verloop van de exploitatiekostencurve rond het minimum is vergroting van de percelen tot meer dan bijvoorbeeld 4 ha, overeenkomend met kavels van 24 ha bij een indeling in 6 percelen, voor de gebruikers in dit opzicht echter van weinig belang meer.

Indien de gebruik perceelen door topografische scheidingen worden begrensd zijn de exploitatiekosten hoger, daar dit gepaard gaat met landverlies en hogere waarden voor r en/of w. Dit geldt in nog sterkere mate indien door

² De exploitatiekosten in afhankelijkheid van de perceelsvorm zijn minimaal als $de/df = 0$, zodat $f(\text{opt}) = (4w + NV') / (4r + V)$. Voor de optimale perceelsgrootte geldt dienovereenkomstig: $F(\text{opt}) = (4w + 4rf) / (Nv' + vf)$.

LANDINRICHTINGSPLANNEN

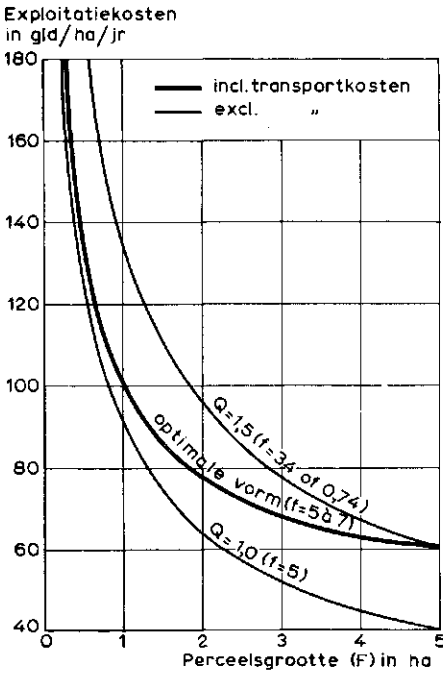


Fig. 3 De relatie tussen de exploitatiekosten en de oppervlakte van een perceel (F)

Fig. 3 Relation between exploitation costs (gld/ha/year) and acreage of a lot (F in ha)

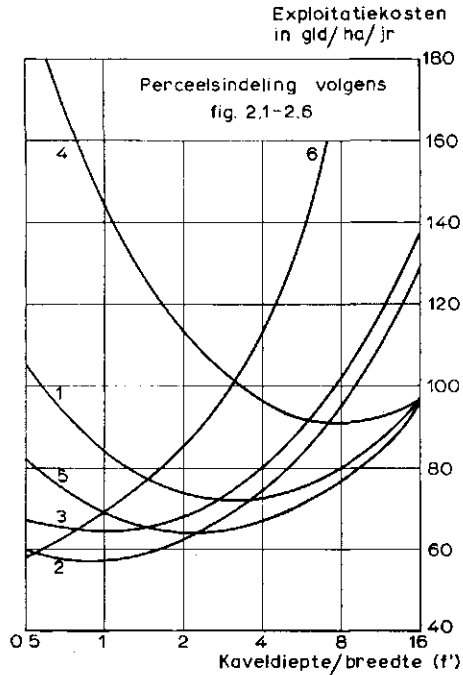


Fig. 4 De relatie tussen de exploitatiekosten van een kavel en het quotiënt van kaveldiepte en -breedte (f')

Fig. 4 Relation between exploitation costs (gld/ha/year) of a parcel (the figures near the curves refer to parcel arrangements according fig. 2.1—2.6) and the ratio of parcel depth and parcel width (f')

de aanwezigheid van topografische scheidingen het aantal gebruikspcelen groter en de perceelsgrootte dienovereenkomstig kleiner is dan uit hoofde van het bouwplan noodzakelijk is. Liggen de percelen voorts niet aaneengesloten maar verspreid, dan moet in vergelijking 2 bovendien de transportafstand langs de openbare weg in rekening worden gebracht. Kleine kavels zijn veelal niet in meer dan één gebruikspceel verdeeld, in welk geval in vergelijking 2 geldt dat $N = 1$; indien tevens geldt dat $v' = v$ respectievelijk $v' = 0$ geeft deze vergelijking de exploitatiekosten weer van een perceel dat vanaf een der hoekpunten respectievelijk het midden van een korte zijde wordt ontsloten. Bij kleine percelen zijn de vervoerskosten over het land van ondergeschikte betekenis en kan ook de term met V verwaarloosd worden, zodat $q = r/w$ en $C = 4V/wr$. De jaarlijkse exploitatiekosten per ha zijn dan minimaal als $f = 1/q$, in welk geval geldt dat de „vormcoëfficiënt” $Q = 1$ en $e_3 (\text{min}) = 4V/wr/F$.

Dit geval is eveneens grafisch weergegeven in figuur 3 met $w = 50$ en $r = 10$, zowel bij optimale perceelsvorm ($f_{\text{opt}} = 50/10 = 5$ en $Q = 1$)

als bij een minder gunstige perceelsvorm ($Q = 1,5$). Onder dergelijke omstandigheden zijn de van de vorm en grootte afhankelijke exploitatiekosten op de percelen dus omgekeerd evenredig met de wortel uit de perceelsgrootte. Bij grote afstanden en sterke versnippering kunnen er tevens extra exploitatiekosten komen, doordat bijvoorbeeld behalve de vervoersafstand ook de vervoersfrequentie toeneemt of de „aanloopkosten” niet meer onafhankelijk zijn van de afmetingen van het perceel; aan vergelijking 2 moeten dan enkele termen worden toegevoegd die dergelijke interacties aangeven. Voorts zullen de vervoerskosten over onverharde wegen vooral in natte perioden méér dan evenredig toenemen met toenemende perceelsgrootte. Doordat ook de rand- en wendakerverliezen boven de bij bovenstaande berekeningen gebruikte waarden kunnen liggen, zijn de exploitatiekosten in bepaalde gevallen aanmerkelijk hoger dan in de hier gegeven voorbeelden.

Om bij een aaneengesloten ligging der percelen ook een beeld te krijgen van de betekenis van de *kavelvorm* moeten in vergelijking 2 de perceelsafmetingen door de kavelafmetingen worden vervangen.

Indien de kavels bijvoorbeeld zijn ingedeeld in twee reeksen percelen ter weerszijden van een bedrijfsweg (figuur 2.1) is $B = \frac{1}{2} B'$ en $D = 2D'/N$, zodat geldt:

$$e_1 = \left\{ (2w + \frac{1}{2} V) N + (8r + NV') f' \right\} / 2 \sqrt{f' F'} \quad (4a)$$

D' = kaveldiepte (hm)

B' = kavelbreedte (hm)

F' = $D'B'$ is produkt van kaveldiepte en -breedte (ha)

f' = D'/B' is quotiënt van kaveldiepte en -breedte

Ligt de bedrijfsweg langs de voorkant van de kavel en de boerderij of het aansluitpunt met de openbare weg bij het midden hiervan (figuur 2.2) dan is $B = B'/N$ en $D = D'$, zodat geldt:

$$e_2 = \left\{ (4w + \frac{1}{2} NV') + (4r + V) N f' \right\} / 2 \sqrt{f' F'} \quad (4b)$$

Als de bedrijfsweg langs de lange zijde van de kavel is gelegen, zoals bij vele moderne verkavelingen het geval is (figuur 2.3), dan is $B = D'/N$ en $D = B'$ waardoor vergelijking 2 overgaat in:

$$e_3 = \left\{ (4w + NV') f' + (4r + V) N \right\} / 2 \sqrt{f' F'} \quad (4c)$$

Liggen de percelen achter elkaar en strekt de bedrijfsweg zich op langs de lange zijde van de kavel, zoals bij strokenverkaveling gebruikelijk is, dan geldt:

$$e_4 = \left\{ (4w + V) N + (4r + NV') f' \right\} / 2 \sqrt{f' F'} \quad (4d)$$

Voor de in de figuren 2.5 en 2.6 weergegeven indelingen geldt respectievelijk:

$$e_5 = \left\{ (8w + \frac{1}{2} NV') + (2r + \frac{1}{2} V + \frac{1}{2} V') Nf' \right\} / 2 \sqrt{f'F'} \quad (4e)$$

$$e_6 = \left\{ (8w + NV')f' + (2r + \frac{1}{2} V) N \right\} / 2 \sqrt{f'F'} \quad (4f)$$

Deze vergelijkingen zijn grafisch weergegeven in figuur 4 met $F' = 24$, $N = 6$, $w = 50$, $r = 10$, $v = 2,5$ en $v' = 5$. Bij deze waarden blijkt het weinig uit te maken of de percelen overlangs (figuur 2.2) of overdwars (figuur 2.3) liggen. In de praktijk komen dan ook beide vormen voor, waarbij op wat smallere kavels met extensieve teelten en hoge mechanisatiegraad een overlangse indeling in smalle percelen een zekere voorkeur blijkt te hebben (Van Wijk, 1957). Indien daarentegen randverliezen relatief zwaarder wegen, is een overdwarse indeling in minder smalle percelen gunstiger. Dit geldt ook bij een groter aantal percelen, zoals bijvoorbeeld op de gemengde bedrijven in de jongere ontginningsgebieden. De kavelindelingsschema's volgens figuur 2.1 en figuur 2.5 komen volgens deze berekeningen vooral in aanmerking voor smallere kavels. De indeling volgens figuur 2.4 is bruikbaar bij een strokenverkaveling, terwijl de indeling volgens figuur 2.6 daarentegen juist bij korte, brede kavels aanbeveling verdient.

DE ONTSLUITING

Bij de voor de gewenste kavelafmetingen opgestelde vergelijkingen is alleen rekening gehouden met de exploitatiekosten voor de gebruikers en nog niet met de kosten van inrichting van het gebied. Voor het ontsluitingsstelsel betreft dit de aanleg van bedrijfs-, landbouw- en verbindingswegen, welke respectievelijk dienen voor de ontsluiting van de gebruikspcelen, de kavels en het gebied als geheel. Hiervan zijn de bedrijfswegen particulier en de overige openbaar. In de eenvoudigste vorm zijn dit karrepaden, zoals thans nog de meeste bedrijfswegen en vele landbouwwegen op de hogere zandgronden, waarbij alleen het landverlies van belang is en de wegkwaliteit in de vervoerskosten tot uiting komt. Bij de moderne landinrichting wordt veel zorg besteed aan de kwaliteit van de (openbare) ontsluiting, waardoor de transportkosten dalen, doch de aanlegkosten sterk toenemen en in sommige verkavelingen al de helft van de totale kosten bedragen.

De ontsluitingskosten kunnen op dezelfde wijze als wendakker- en randverlieskosten in vergelijking 2 worden opgenomen, afhankelijk van de wijze waarop de kavels in percelen zijn verdeeld. Indien de landbouwweg voor de helft aan een kavel wordt toegerekend en de bedrijfsweg slechts tot het laatste perceel loopt, gaan de vergelijkingen 4a-f over in:

$$e_1' = \left\{ (2w + \frac{1}{2} V + \frac{1}{N} k') N + (8r + NV' + \frac{2(N-2)}{N} k) f' \right\} / 2 \sqrt{f'F'} \quad (5a)$$

$$e_2' = \left\{ (4w + \frac{1}{2} NV' + \frac{2(N-2)}{N} k + k') + (4r + V) Nf' \right\} / 2 \sqrt{f'F'} \quad (5b)$$

$$e_3' = \left\{ (4w + NV' + \frac{2(N-1)}{N} k) f' + (4r + V + \frac{1}{N} k') N \right\} / 2 \sqrt{f'F'} \quad (5c)$$

$$e_4' = \left\{ (4w + V + \frac{1}{N} k') N + (4r + NV' + \frac{2(N-1)}{N} k) f' \right\} / 2f'F' \quad (5d)$$

$$e_5' = \left\{ (8w + \frac{1}{2} NV' + k' + \frac{1}{3} k) + (2r + \frac{1}{2} V + \frac{1}{2} V' + \frac{1}{N} k) NF' \right\} / 2f'F' \quad (5e)$$

$$e_6' = \left\{ (8w + NV' + \frac{2(N-2)}{N} k) f' + (2r + \frac{1}{2} V + \frac{1}{N} k') N \right\} / 2f'F' \quad (5f)$$

waarbij

k = kosten van afschrijving en onderhoud van een bedrijfsweg (gld/hm/jaar)

k' = kosten van afschrijving en onderhoud van een landbouwweg (gld/hm/jaar)

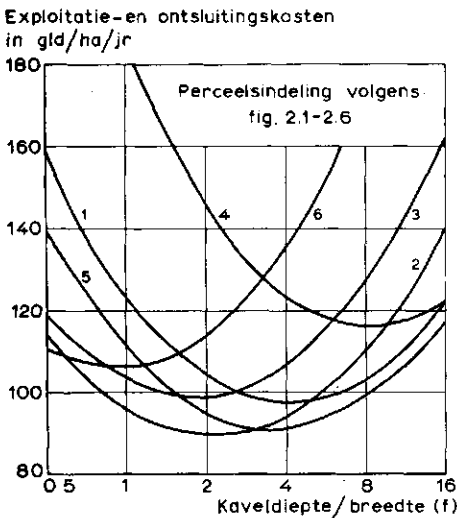


Fig. 5 De relatie tussen de exploitatie- en ontsluitingskosten van een kavel en het quotiënt van kaveldiepte en -breedte (f')

Fig. 5 Exploitation- and road-costs (gld/ha. year) against parcel depth/width (figures near the curves refer to fig. 2.1—2.6)

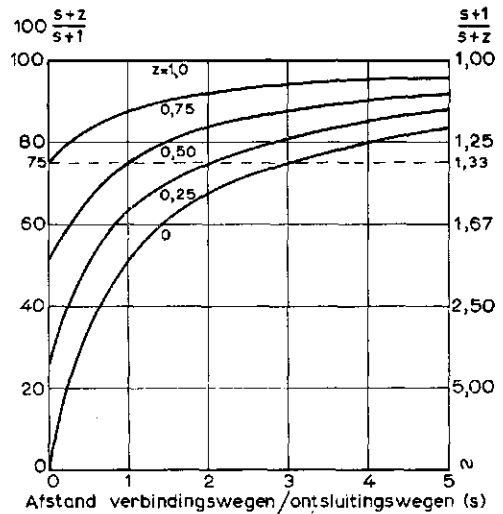


Fig. 6 De invloed van het quotiënt van de afstanden tussen de verbinding- en ontsluitingswegen (s) en de mate waarin de verbindingswegen voor de ontsluiting worden benut (z) op de benodigde weglengte

Fig. 6 The influence of the ratio (s) of the distances between the main roads and the agricultural roads, and the measure (z) in which the main roads are used for opening up the area, on the required length of total roads

Op analoge wijze kunnen ook de kosten van het waterbeheersingsstelsel en de utiliteitswerken in rekening worden gebracht, indien deze afhankelijk zijn van de verkaveling. Bovenstaande vergelijkingen zijn grafisch weergegeven in figuur 5 voor een zandgebied met onverharde bedrijfswegen en verharde landbouwwegen, waarbij de volgende aannamen zijn gedaan : $F' = 24$, $N = 6$, $w = 50$, $r = 10$, $v = 2,5$, $v' = 5$, $k = 25$ en $k' = 350$. De gunstigste

LANDINRICHTINGSPLANNEN

Tabel 2. Optimale kavelvormen met bijbehorende exploitatiekosten en weglengten bij verschillende kavelindelingsschema's, volgens de vergelijkingen 5a-f voor kavels van 24 ha, verdeeld in 6 percelen (zie voor verdere gegevens de tekst)

Kavelindeling volgens fig.	optimale kavel-vorm (f')	Zandgebied					Kleigebied			
		kaveldiepte × -breedte m ²	perceelsdiepte × -breedte m ²	landbouw-wegen m/ha	bedrijfs-wegen m/ha	totaal ont-sluitings-wegen m/ha	minimale exploitatie-kosten gld/ha.jaar	kaveldiepte × -breedte m ²	minimale exploitatie-kosten gld/ha.jaar	
2.1	4,2	1000 × 240	335 × 120	5,0	28	33	97	785 × 305	143	
2.2	2,1	715 × 335	715 × 55	7,0	9	16	90	775 × 310	120	
2.3	1,8	660 × 365	365 × 110	7,6	23	30	99	570 × 420	141	
2.4	8,0	1380 × 175	230 × 175	3,6	48	52	116	985 × 245	179	
2.5	3,6	940 × 255	470 × 85	5,3	27	32	91	825 × 290	138	
2.6	0,9	480 × 500	250 × 160	10,6	13	24	106	450 × 530	140	

Parcel allotment acc. fig.	optimum shape of parcel	parcel depth and width (m ²)	lot depth x width (m ²)	agricultural roads (m/ha)	farm roads (m/ha)	total roads (m/ha)	minimum exploitation (gld/ha.year)	parcel depth × width (m ²)	minimum exploitation costs (gld/ha.year)
				Sandy area					Clay area

Table 2. Optimal shape for parcels of 24 ha (divided in 6 lots) for various parcel allotments according formulae 5a-f, with corresponding road lengths and exploitation costs

kavelvormen³ met de daarbij behorende minimale exploitatiekosten en weglengte zijn samengevat in tabel 2.

De gunstige kavelvorm is dus sterk afhankelijk van de wijze waarop de kavel in percelen is ingedeeld en ligt in het algemeen bij een verhouding tussen diepte en breedte welke varieert tussen 1 en 8 (met het optimum tussen 2 en 4). Deze berekening is herhaald voor een klei- of veengebied met verharde bedrijfswegen ($k = 125$) en duurdere landbouwwegen ($k' = 500$), waarbij tevens de kavelsloten in de berekening zijn betrokken (à 50 gld/ha/jr, waarvan $\frac{2}{3}$ deel ten laste van de kavelindeling⁴). Zoals blijkt uit tabel 2 verschuift het optimum dan in de meeste gevallen naar kortere kavels. In verband met de toelaatbare drainlengte zijn de kavels bij de schema's 2.3 en 2.6 iets te breed, respectievelijk te smal.

Voor het ontwerp is het vooral van belang dat de exploitatiekosten in het algemeen afnemen met toenemende kavelgrootte en dat de verhouding tussen kaveldiepte en -breedte, mede door de keuzemogelijkheden wat betreft de rangschikking der percelen, niet aan zeer nauwe grenzen is gebonden.

³ De exploitatiekosten in afhankelijkheid van de kavelvorm zijn minimaal als $de/dt' = 0$. Voor bijvoorbeeld vergelijking 5a wordt dit:

$$f_{opt} = (2w + \frac{1}{2}V + k'/N) N / \{ 8r + NV' + 2(N - 2) k/N \}$$

⁴ Indien alleen de extra kavelsloten in de berekeningen worden betrokken, worden de slootkosten een factor $(U - B)/U$ maal zo klein ($B \leq U$), waarbij U de maximaal toelaatbare slootafstand aangeeft.

Voor gebruikers zijn de kavelafmetingen gegeven grootheden en zijn voor de ontsluiting alleen de kosten van de bedrijfswegen van belang. Bedragen de kosten hiervan 125 gld/hm/jaar en zijn de kavelafmetingen bijvoorbeeld $1000 \times 300 \text{ m}^2$, zoals in de nieuwste IJsselmeerpolder, dan zijn de exploitatiekosten bij de eerder gestelde voorwaarden voor de indelingen volgens de figuren 2.1 — 2.6 respectievelijk 98, 75, 109, 130, 92 en 127 gld/ha/jaar. De indelingen volgens de figuren 2.2 en 2.5, welke ook in de Haarlemmermeer worden toegepast (VAN WIJK, 1957), zijn dan het gunstigst, terwijl de indelingen volgens de figuren 2.4 en 2.6 bij deze kavelafmetingen niet in aanmerking komen.

Voor de relatie tussen de afmetingen van een kavel en de vereiste lengte aan kavelontsluitingswegen, W_0 (in hm), geldt (zie figuur 2) :

$$W_0 = \frac{B'}{2D'B'} = \frac{1}{2f'F'} \quad (6)$$

Indien de afstand tussen de verbindingswegen s maal zo groot is als tussen deze landbouwwegen (figuur 2), geldt voor de totale lengte aan openbare wegen W (Van Duin, 1959) :

$$W = \left(1 + \frac{1}{s}\right) W_0 = \frac{s+1}{s} \cdot \frac{1}{2f'F'} \quad (7a)$$

Vormen de wegen een vierkanten net dan is $s = 1$ en $W = \frac{1}{f'F'}$

In ruilverkavelingsgebieden met een sterk gedifferentieerde kavelgrootteverdeling zal het veelal mogelijk zijn om ook de verbindingswegen voor de kavelontsluiting te benutten door hierlangs bijvoorbeeld wat kleinere kavels te projecteren. Ook kan een besparing op de weglengte worden verkregen door bijvoorbeeld een grote kavel achter enkele kleinere kavels te situeren. In hoeverre dit mogelijk is, hangt onder meer af van de situatie en de te verwachten ontwikkelingen in het beschouwde gebied.

Indien langs een gedeelte z van de verbindingswegen kavels kunnen worden geprojecteerd, geldt voor de benodigde weglengte :

$$W = \left(1 + \frac{1-z}{s+z}\right) W_0 = \frac{s+1}{s+z} W_0 = \frac{s+1}{s+z} \cdot \frac{1}{2f'F'} \quad (7b)$$

In vergelijking 7 geeft F' een gemiddelde kavelgrootte aan, waarbij W eventueel door sommering over verschillende kavelgrootteklassen kan worden berekend. Als de verbindingswegen niet benut worden is $z = 0$ en gaat vergelijking 7b over in vergelijking 7a; bij het vrijwel geheel benutten van de verbindingswegen voor de kavelontsluiting nadert z tot 1 en gaat vergelijking 7b over in vergelijking 6, evenals bij grote waarden van s . De relatie tussen s en z is grafisch weergegeven in figuur 6. Worden de verbindingswegen bijvoorbeeld voor de helft voor de ontsluiting benut en liggen deze anderhalf maal zo ver uiteen als de landbouwwegen, dan is $z = 0,5$ en $s = 1,5$, zodat $(s+1)/(s+z) = 2,5/2,0 = 1,25$, ofwel $100(s+z)/(s+1) = 80$. Deze waarde geeft tevens wel het maximum aan van wat in de praktijk bij een ontwerp zal kunnen worden gerealiseerd.

LANDINRICHTINGSPLANNEN

In gebieden met een strokenverkaveling is de verhouding tussen de aanwezige weglengte W_a en W_o aanmerkelijk kleiner dan 1,25 door het verschil tussen de gewenste en de feitelijke kavelvorm, hetwelk wijst op een tekort aan wegen. In vele zandgebieden is deze verhouding daarentegen een veelvoud van 1,25 als gevolg van de versnippering, de min of meer vierkante kavelvorm en de goed draagkrachtige grond, waardoor naar behoefte wegen konden worden gevormd. Wegverharding dient hier dan ook in combinatie met een sanering van het wegstelsel plaats te vinden.

Het quotiënt $100 W_o / W_a$ wordt wel het ontsluitingseffect van het bestaande of ontworpen wegstelsel genoemd (Van Duin, 1959), hetwelk voor een uit ontsluitingsoogpunt efficiënt wegstelsel op 75 à 80 % kan worden gesteld (vergelijk figuur 6, waarin de linkeras het theoretisch ontsluitingseffect volgens vergelijking 7b weergeeft). Dit ontsluitingseffect is dus een belangrijk kengetal voor de beoordeling van de inrichting van een gebied, evenals voor de behoefte aan ruilverkaveling en voor de opzet van het ontworpen plan. Indien de geprojecteerde weglengte aanmerkelijk van de theoretisch noodzakelijke weglengte afwijkt, zonder dat hiervoor dringende redenen aanwezig zijn, moet een herziening hiervan gewenst worden geacht.

Ter illustratie is in tabel 3 de berekende lengte van het agrarisch wegstelsel van een ruilverkaveling in een Brabants zandgebied weergegeven, rekening houdend met verplaatsing en beëindiging van bedrijven (Van Duin, 1960).

Tabel 3. Prognose van het aantal en de afmetingen van de te voren kavels en de benodigde weglengte voor de ontsluiting van landbouwgrond in de ruilverkaveling „Dorp en Eind”

Gebruikersgroep	Oppervlakte (ha)				Weglengte (m/ha)			
	Aantal gebruikers	Aantal kavels	totaal	per kavel	Kavelafmetingen (m ²)	W_o	$100 W_o/80$	Totale weglengte (km)
landbouwers/farmers	140	356	1175	3,30	315 × 105	16	20	23,4
overige grondgebr./ other users	199	268	352	1,31	162 × 81	31	39	13,6
totaal/total	339	624	1527	2,45	260 × 95	19	24	37,0

Users group	Number of users	Number of parcels	Acreage (ha)		Parcel dimensions (m ²)	Road length		Total length of roads (km)
			total	per parcel		W_o	$100 W_o/80$	
landbouwers/farmers	140	356	1175	3,30	315 × 105	16	20	23,4
overige grondgebr./ other users	199	268	352	1,31	162 × 81	31	39	13,6
totaal/total	339	624	1527	2,45	260 × 95	19	24	37,0

Table 3. Prognosis of number and size of the future parcels and the necessary road length to open up the agricultural holdings in the reallocation project 'Dorp en Eind'

BOERDERIJVERPLAATSING

In vele oudere landbouwgebieden, in het bijzonder in streken met kern-dorpen en in mindere mate ook wel bij streekdorpen, doet zich de situatie voor dat de boerderijen dicht bij elkaar staan dan met de bedrijfs-grootte overeenkomt, zodat het niet mogelijk is om alle grond tot één goedgevormde huiskavel samen te voegen, ook al zou hiertegen uit een oogpunt van bedrijfstype en bodemgesteldheid geen bezwaar zijn. Indien ook de kwaliteit en de doelmatigheid van de bestaande gebouwen een belemmering vormen voor een efficiënte bedrijfsvoering kan worden overwogen om tot nieuwbouw elders over te gaan. Door Maris (1960) is een beschouwing gegeven over de rentabiliteit van een dergelijke verplaatsing en over de invloed van de tracering van wegenstelsel op de behoefte aan boerderijverplaatsing (1955). Naurath (1958) behandelt het nut van boerderijverplaatsing en geeft een aantal voorbeelden, waarbij hij sterk de nadruk legt op het voordeel van afstandsverkortening voor de achterblijvende bedrijven, hetwelk nihil is indien de verplaatsingsafstand gelijk is aan de gemiddelde kavelafstand in de oude toestand.

De te verwachten verkorting van de afstand tot de kavels door boerderijverplaatsing vanuit het dorp en contractie van alle bijbehorende grond rond het verplaatste bedrijf is gelijk aan het produkt van de verplaatsingsafstand en de bedrijfs-grootte en onafhankelijk van de oorspronkelijke ligging der kavels. Dit kan als volgt worden geïllustreerd. Als x en y grondgebruikers zijn (figuur 7) met elk bijvoorbeeld 3 kavels op afstanden A_1 , A_2 en A_3 en oppervlakten F'_1 , F'_2 en F'_3 , waarbij $(F'_1 + F'_2) < F'_3$, geldt voor de afstandsverkortening a bij verplaatsing van een boerderij naar kavel F'_3 over afstand A_3 en contractie van alle bij het verplaatste bedrijf behorende kavels:

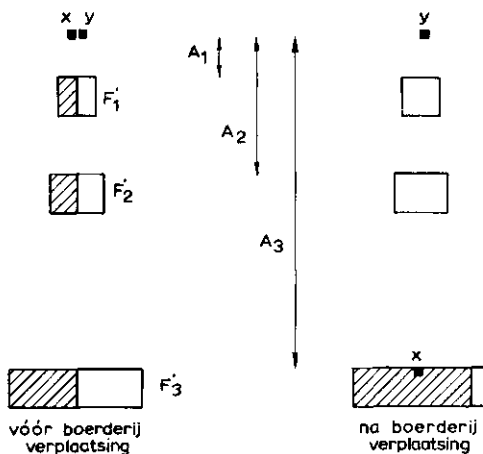


Fig. 7 De betekenis van boerderijverplaatsing voor de kavelafstand (zie tekst)

Fig. 7 The influence of change of location of farm buildings on the distance of the parcels; F' is acreage (in ha) and A is distance of a parcel (in km); x and y are farm buildings

$$\begin{aligned} \alpha_x &= F_1'A_1 + F_2'A_2 + F_3'A_3 \\ \alpha_y &= F_1'A_1 - F_2'A_2 + (F_1' + F_2')A_3 \\ \hline \alpha &= (F_1' + F_2' + F_3')A_3 = HA_3 \end{aligned}$$

Voor de kostenbesparing door boerderijverplaatsing in combinatie met samenvoeging geldt dan :

$$\beta = v''HA \quad (8)$$

waarbij

- α = afstandsverkorting door boerderijverplaatsing (ha/hm)
- β = kostenbesparing door afstandsverkorting (gld/bedrf/jaar)
- v'' = vervoerskosten over de openbare weg (gld/hm/ha/jaar)
- H = bedrijfsgrootte (ha)
- A = afstand van de nieuwe boerderij ten opzichte van de dorpskern (hm)

Deze vergelijking geldt alleen voorzover naast elk verplaatst bedrijf een overeenkomstig niet verplaatst bedrijf voorkomt, aan welke voorwaarden méér voldaan zal zijn naarmate er relatief minder boerderijen worden verplaatst. Als bijvoorbeeld $v'' = 2,5$, $H = 20$ en $A = 10$, bedraagt de jaarlijkse besparing op de vervoerskosten volgens deze vergelijking *f* 500,- per verplaatst bedrijf.

Behalve deze afstandsverkorting vindt er ook een kavelconcentratie plaats waarvan — naast het directe belang volgens vergelijking 3 — de mogelijke betekenis voor het wegenstelsel volgens vergelijking 7 kan worden vastgesteld.

HET GRONDVERZET

Het stelsel van verharde wegen en kunstwerken en het grondverzet ten behoeve van het waterbeheersingsstelsel en de kavelinrichting zijn in belangrijke mate bepalend voor de kosten van het landinrichtingsplan. In sommige gevallen, zoals bij het inrichten van nieuwe of vrijwel onbewoonde gebieden, vormt ook de boerderijbouw een belangrijke kostenfactor. Door de na-oorlogse accentverschuiving van produktieverhogende naar kostprijsverlagende cultuurtechnische werken en de afgenomen behoefte aan werkverschaffingsobjecten is de kavelinrichting thans vooral gericht op de vorming van grotere exploitatie-eenheden en zijn grondverbeteringswerken in het algemeen van ondergeschikte betekenis. De recente ruilverkavelingen omvatten dan ook vooral werken ten behoeve van de ontsluiting, de afwatering en de toedeling. Dit laatste behelst het dempen van overtollige sloten en leidingen, het ontgraven en aanvullen van storende hoogten en laagten in het terrein, het in cultuur brengen van vervallen wegen, opruimen van hinderlijke begroeiing en dergelijke, alles voorzover deze obstakels waarschijnlijk binnen de toekomstige kavelgrenzen zijn gelegen.

Het grondverzet omvat de winning en verwerking van grond bij de aanleg van het wegen- en waterlopenstelsel en de kavelinrichting. Ter illustratie van

de omvang, welke het grondverzet kan aannemen, is in tabel 4 de grondbalans weergegeven van de ten zuiden van de Biesbosch gelegen ruilverkaveling „Amerkant”, welke een oppervlakte heeft van ca. 3500 ha. Hierbij is het grondverzet ten behoeve van de wegen buiten beschouwing gelaten, daar deze — zoals thans veelal gebruikelijk is — zijn uitgevoerd met een gesloten grondbalans. Een bijzonder aspect in deze verkaveling wordt gevormd door een aantal voor de exploitatie storende dijken en krekken, welke door een reeds eerder uitgevoerde bedijking hun functie hebben verloren.

Tabel 4. Grondbalans voor de ruilverkaveling „Amerkant”

Vrijkomende grond uit	Hoeveelheid (m ³ × 1000)	Gemiddelde prijs (gld/m ³)	Totale kosten (gld) × 1000
nieuwe leidingen/new channels	368	3,40	1248
nieuwe sloten/new ditches	189	2,85	539
af te graven dijken/dikes to be flattened	461	1,80	832
egalisaties (38 ha)/levelling (38 ha)	113	0,75	82
ontgravingen/cuts	74	3,20	235
afschuiving ondergrond/dozing subsoil	146	1,55	229
afschuiving bovengrond/dozing topsoil	172	1,25	215
totaal/total	1523	2,20	3380
<i>Earth coming from</i>	<i>Yardage (m³ × 1000)</i>	<i>Mean costs (gld/m³)</i>	<i>Total costs (gld × 1000)</i>
Te verwerken grond in	Hoeveelheid (m³) × 1000	Gemiddelde prijs (gld/m³)	Totale kosten (gld) × 1000
te dempen leidingen/filling channels	314	2,85	900
te dempen grotere sloten/filling large ditches	615	2,85	1743
te dempen kleinere sloten/filling small ditches	172	1,25	215
te dempen krekken/filling water-holes	277	1,05	294
nieuwe kaden/new levees	28	2,10	60
ophogingen, e.d./raising landsurface, etc.	27	3,65	99
spreidingen/sifting	90	0,75	69
totaal/total	1523	2,20	3380
per ha/per ha	0,44	—	0,97
<i>Earth for</i>	<i>Yardage (m³ × 1000)</i>	<i>Mean costs (gld/m³)</i>	<i>Total costs (gld × 1000)</i>

Table 4. Balance sheet of movement of earth for the reallocation project 'Amerkant'

De kostencijfers zijn ontleend aan de door de N.V. Grontmij opgestelde begroting. De boven de stippellijn vermelde posten geven het grondverzet weer volgens het door de Cultuurtechnische Dienst opgestelde „Plan van voorzieningen” hetwelk resulteerde in een grondtekort van 300 000 m³. In dit tekort is voorzien door afschuiving en door afgraving van enkele storende hoogten in het terrein, terwijl daarnaast nog 90 000 m³ merendeels uit dijken vrijkomende grond ter plaatse wordt verspreid, omdat transport hiervan onevenredig duur is.

Bij beoordeling van de in tabel 4 gegeven kostencijfers moeten de verschillende werkzaamheden in hun onderlinge afhankelijkheid worden beoordeeld. Zo staan bijvoorbeeld tegenover een eventuele besparing op het graven van nieuwe sloten à f 2,85/m³ extra kosten van grondwinning ten behoeve van dempingen welke minimaal f 1,25/m³ bedragen.

Voor de opzet van een plan is dus een goed inzicht vereist in de plaats die een bepaald werk in het geheel van werkzaamheden inneemt, in de kosten van de verschillende methoden van grondverzet, de omstandigheden waarbij deze methoden toepasbaar zijn en in de bijkomende voor- en nadelen. Zoals bij elk onderdeel van het plan kan ook hier de opstelling van verschillende alternatieven gewenst zijn om de gunstigste oplossing te vinden (zie bijvoorbeeld Van Den Bosch e.a., 1960). Een veel voorkomend probleem betreft de demping van overtollige sloten, waarbij het rendement sterk afhankelijk is van de omvang hiervan en de mogelijkheden om „werk met werk” te maken. In figuur 8 is de relatie weergegeven tussen de grondverzetsprijs en de verhouding van baten tot kosten voor sloten van verschillende afmetingen, waaruit onder meer blijkt dat het dempen van kleinere, binnen de kavel gelegen sloten, in het algemeen rendabel is.

Aan deze figuur liggen de volgende aannamen ten grondslag: aanlegkosten vervangingsdrains voor sloten van 1, 2, 4, 8 m³ en hoger respectievelijk f 0,60, f 1,20, f 1,80 en

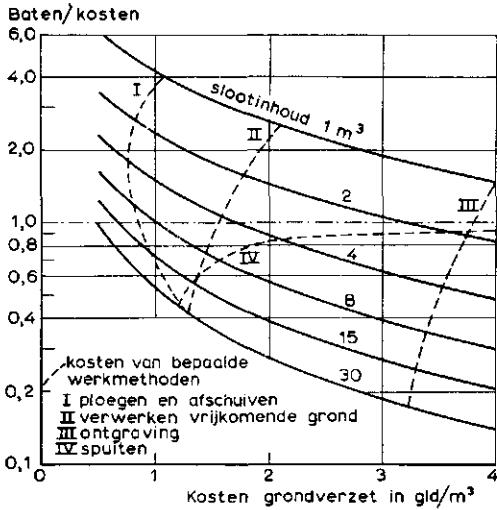


Fig. 8 De relatie tussen het quotiënt van jaarlijkse baten en kosten en de kosten van grondverzet

Fig. 8 Relation between the cost-benefit ratio and the costs of moving earth (gld/m³) for filling ditches with various methods. Full lines: ditch volume per m (in m³); broken lines: I. plowing and dozing; II. using soil from necessary cut; III. using soil from to be excavated water hole; IV. pumping soil from to be dredged water hole

f 2,40/m met een annuïteit van 5 %. Landwinst (grenswaarde) f 600 per ha, besparing onderhoud f 0,15/m', opgeheven exploitatiebezwaar f 0,10/m' (alles gerekend per jaar). De relatie tussen slootinhoud I en het landverlies 0 is weergegeven door de vergelijking: $0 = \sqrt[3]{I^2 + 0,5}$.

Ter gedachtebepaling zijn ook kostenlijnen voor enkele grondverzetsmethoden gegeven, welke uiteraard voor elk project opnieuw bepaald of geverifieerd

moeten worden. Deze kosten zijn immers sterk afhankelijk van de omvang van het project en allerlei plaatselijke omstandigheden, zoals de draagkracht van de grond, de transport- en slootafstand, het werkseizoen enz.

Evenals de grondverzetskosten zijn ook de baten sterk afhankelijk van de gegeven situatie. Indien bijvoorbeeld naast elke te handhaven sloot wendakkers of een bedrijfsweg noodzakelijk zijn, worden de baten aanzienlijk hoger, zodat zelfs het dempen van grote sloten nog rendabel kan zijn (mits zo nodig tevens de gebruikersindeling wordt aangepast). Dit is ook het geval bij hogere grenswaarden van de grond. Indien demping alleen landwinst oplevert is het in het algemeen echter niet rendabel. Door de keus van een bepaalde grondverzetsmethode kunnen ook andere voor- en/of nadelen optreden; zo kan diepploegen en afschuiven gepaard gaan met profielverbetering of verlies van bouwvoor of zode en tijdelijke opbrengstderiving, spuiten met het beschikbaar komen van goed wegzand en ontgraving met een betere (of slechtere) waterhuishouding.

De in het plan noodzakelijke lengte aan kavelsloten wordt bepaald door de ontwateringsbehoefte, de keus en tracering van het ontwateringssysteem en de kavelgrootteverdeling. Indien de kavels overdwars worden gedraineerd of begreppeld en „overpad” door drains en greppels ongewenst wordt geacht, dient elke kavel minstens aan één zijde door een sloot begrensd te worden, met een maximum slootafstand van twee maal de toelaatbare drain- of greppellengte. In gebieden met weinig wateroverlast en in combinatie met relatief smalle kavels, zoals op de hogere gronden, kan de grondwaterstand door sloten worden geregeld of kunnen ook de kavelsloten zelfs geheel of gedeeltelijk achterwege blijven.

Voor de vereiste lengte aan kavelsloten geldt dan bij benadering:

$$L = c N'D' \quad (9)$$

waarbij:

L = de vereiste lengte aan kavelsloten (hm)

N' = aantal kavels in het betreffende gebied of onderdeel hiervan met oppervlakte S

D' = kaveldiepte (hm), welke wordt bepaald door de afstand tussen de geprojecteerde wegen en waterlopen.

Indien de grondwaterstand wordt geregeld door sloten geldt: $c = B'/u$, waarbij u de vereiste slootafstand aangeeft bij afwezigheid van drains en greppels. Door substitutie gaat vergelijking 9 dan over in:

$$L = N' B'D'/u = N'F'/u = S/u$$

waarbij S de oppervlakte (in ha) van het beschouwde gebied aangeeft (B' en F' geven respectievelijk kavelbreedte en -oppervlakte aan). Indien de grondwaterstand wordt geregeld door drains of greppels geldt:

$c = 0,5$ voor $B' < \frac{1}{2}U$, als U de maximale slootafstand is; bij drainage is $\frac{1}{2}U \approx 2$ hm;
bij begreppeling is $\frac{1}{2}U \approx 1$ hm

$c = 1,0$ voor $\frac{1}{2}U \leq B' \leq U$

$c = B'/U$ voor $U < B'$, in welk (zeldzaam) geval vergelijking 9 overgaat in $L = N B'D'/U = N'F'/U = S/U$.

Bij deze berekening dient het gebied eerst in homogene onderdelen te worden gesplitst, waarna door vermenigvuldiging met de bijbehorende slootinhouden en sommatie over het gehele gebied de inhoud van de te graven en/of te handhaven kavelsloten wordt verkregen.

Grondwaterstandsregeling door middel van sloten komt voornamelijk voor op de hogere zandgronden. In polders en andere gebieden met alluviale gronden komen voornamelijk situaties voor met $c = 0,5$ of $c = 1,0$, tenzij in afwijking van het bij vergelijking 9 gestelde de kavels niet overdwars op kavelsloten, maar in de diepterichting op de bermsloten en de leidingen worden gedraineerd of begreppeld. De kaveldiepte bedraagt dan maximaal 300 à 400 m, zodat de verhouding tussen kaveldiepte en -breedte bij grote kavels ≤ 1 is. Door het vervallen van de kavelsloten kan ook de vorming van dergelijke ondiepe kavels verantwoord zijn, temeer daar dit door de gemakkelijker toedeling van belang kan zijn voor een vlotte uitvoering van de kavelinrichtingswerken. Het schema van figuur 2.2 of 2.6 is bij deze grondwaterstandsregeling de voor de hand liggende perceelsindeling, waarbij in het schema van figuur 2.2 eventueel nog kan worden overwogen om de bedrijfsweg te vervangen door een extra dam, zodat de boerderijweg tevens als bedrijfsweg fungeert. Voor het verkeer is het dan wel van belang dat er een duidelijke scheiding is tussen de verbindingswegen en de boerderijwegen, zoals dit bijvoorbeeld in figuur 2 is aangegeven.

Voor de lengte van eventuele beplantingsstroken tussen de kavels (b.v. in beekdalen) geldt in principe eveneens vergelijking 9, waarbij de hydrologische door landschappelijke eisen moeten worden vervangen.

SAMENVATTING

Bij het inrichten en herinrichten van gebieden verdient het gebruik van op een systematische analyse van het project gebaseerde normen de voorkeur boven de hantering van op ervaring berustende criteria. Dit geldt met name bijvoorbeeld voor de vereiste lengte aan wegen en sloten, het aantal toegangsdammen en grensstenen, de hoeveelheden te verwerken en over bepaalde afstanden te transporteren grond enz. Hiertoe is het o.m. noodzakelijk dat met behulp van een bodem- en bedrijfskartering een prognose wordt opgesteld van het toekomstig aantal kavels, terwijl voor de vaststelling van de gewenste kavelvormen gebruik gemaakt kan worden van vergelijkingen voor de relatie tussen de exploitatiekosten en de afmetingen van percelen. Met behulp van het „ontsluitingseffect”, dat de relatie weergeeft tussen de aanwezige of geprojecteerde en de theoretisch noodzakelijke weglengte, kan een toetsing van het wegenstelsel worden verkregen.

Het schema van grondverzet is met de bouw van wegen, kunstwerken en boerderijen veelal grotendeels bepalend voor de kosten van het landinrichtingsplan. Het dempen van kleinere sloten binnen de kavelgrenzen is in het

algemeen rendabel, waarbij de keus van de grondverzetsmethode afhankelijk is van de aard en omvang van het project. Door de demping van overtollige sloten en andere storende laagten in het terrein zal hierbij in vele ruilverkavelingsgebieden een grondtekort optreden, waarin door uitlaging van percelen met sleepgravers of zuigers of door afschuiving met bulldozers moet worden voorzien.

De lengte van het te graven en/of te handhaven slotenstelsel wordt behalve door hydrologische eisen in belangrijke mate bepaald door de toekomstige kavelindeling, in het bijzonder in gebieden waar de ontwatering plaatsvindt door drains en greppels.

Mede door de toename van de alternatieve aanwendingsmogelijkheden van grond, kapitaal en arbeid, moet een verdere verdieping van de grondslagen van landinrichtingsplannen noodzakelijk worden geacht.

SUMMARY

The design of land-consolidation projects

An outline has been given for a calculation of the future number of parcels (N') in a land-consolidation project, depending on the suitability of the soil for plough-land or grassland (formula 1, tables 1 and 3). The number of parcels and their dimensions are to a great extent determining the lay-out of the project. For several alternative possibilities of arrangement of the lots and location of the farm roads (fig. 2), the optimal ratio (f) of length (D) and frontage (B) of the parcels, resulting in minimal costs of exploitation (E), are given (see formula 2 and 3 and fig. 3; w and r are losses from turning strips resp. boundary strips on parcel; v and v' transportation costs on lot resp. farm roads; N number of lots per parcel), this has also been executed for the dimensions of the parcels as a whole, which is indicated by an accent in formula 4 and 5 and fig. 4 and 5). The minimum length of new roads (W_0) depends on the acreage ($D'B'$) and the ratio of length and frontage of the parcels (formula 6). The total length of roads (W) depends on the distance between the new agricultural roads, expressed in the distance of the used main roads (factor s) and on the measure ($z \leq 1$) in which the main roads are also used for opening up the area (formula 7). The decrease in distance (α) from parcels to farm building in the case of changing the location of the buildings and concentrating all parcels around that building (fig. 7), only depends, when an area with a large number of holdings with scattered parcels is considered, on the acreage of the total holding (H) and on the distance the buildings are shifted (A_3) and not on the old situation of the parcels in relation to the former farm building (formulae below fig. 7). The decrease in exploitation costs (β) of this measure is furthermore depending on the road-transportation costs (v'').

The method used in soil shifting is to a large measure determining the costs of the project. To get an insight in this, a soil balance sheet of a reallocation

LANDINRICHTINGSPLANNEN

project in the Netherlands is given (table 4) and also a figure (8) giving the cost-benefit ratio of various methods for filling superfluous ditches in alluvial soils. The required length (L) of ditches in the new situation follows approximately from formula 9, in which N' is the number and D' is the length of the parcels, while $c = B'/u$ in which u is the required distance of the ditches when no drains or trenches are present.

LITERATUUR

- BAN, J. P. A. VAN DEN: Kavelvorm en bouwplan. *Tijdschr. v. Kadaster en Landmeetk.* 74 (1958) 37—44.
- BOSCH, D. VAN DEN, R. H. A. VAN DUIN en A. G. R. HERMUS: Alternatieve plannen voor landinrichting van de Hamse Polders in de ruilverkaveling „Amerkant”. *Mededelingen van de Cultuurtechn. Dienst* 18 (1960) 1—10.
- BIJHOUWER, J. T. P.: Het Nederlandse Landschap en zijn oude ontginningen. *Nederl. Landsch.* II, Den Haag (1944) 1—32.
- CARLEGRIM, E.: Über den Zusammenhang zwischen Struktur der landwirtschaftlichen Grundbesitzes und Arbeitskosten bei normalen Landwirtschaftsbetrieb, Stockholm (1956) 1—179.
- DUIN, R. H. A. VAN: Cultuurtechnische aspecten van landindeling en ruilverkaveling. *Mededelingen van de Cultuurtechnische Dienst* 15 (1959) 1—29.
- : De voorbereiding van de ruilverkaveling „Dorp en Eind”. *Mededelingen van de Cultuurtechnische Dienst* 22 (1960) 1—22.
- FLUCK, H.: Zweckmässige Dimensionaler neuen Grundstücke der Güterzusammenlegungen. *Schweiz. Zeitschr. f. Vermessungswesen und Kulturtechnik* 18 (1920) 87—91, 121—128, 142—148.
- GROENMAN, S.J.: De ontwikkeling van de kavelvormen in het bijzonder in noord-Nederland. *Tijdschr. Econom. en Soc. Geografie* 39 (1948) 513—524.
- HELLINGA, F.: Efficiency bij ruilverkavelingen. *Tijdschr. v. Kadaster en Landmeetk.* 66 (1950) 264—272.
- en R. MARIS: Perceelsvorm en -grootte, mede in verband met de weglengte. Een verkavelingsstudie. *Tijdschr. v. Kadaster en Landmeetk.* 69 (1953) 3—15.
- HOFSTEE, E. W. en A. M. VLAM: Opmerkingen over de ontwikkeling van de perceelsvormen in Nederland. *Boor en Spade* V (1952) 195—236.
- LARSSON, G.: The influence of the distance between the farm centre and the farm land upon the need of work, the kind of farming and the economic results. Stockholm (1947) 1—230.
- MARIS, R.: Het ontwerpen van een verkaveling. *Landbouwk. Tijdschr.* 67 (1955) 524—534.
- : Economische aspecten van boerderijverplaatsing. *Meded.* 14, I.C.W. (1960) 1—23.
- NAURATH, B.: Die Aussiedlung in Flurbereinigungsverfahren. *Schriftenreihe f. Flurbereinigung* 19 (1958) 1—188.
- OPPERMANN, E.: Weitere Untersuchungen über wirtschaftliche Auswirkungen von Massnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung. *Schriftenreihe f. Flurbereinigung* 29 (1960) 1—72.
- PRIEBE, H. und E. OPPERMANN: Wirtschaftliche Auswirkungen von Massnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung. *Schriftenreihe f. Flurbereinigung* 15 (1957) 1—96.
- PRUMMEL, B.: Cultuurtechnische ervaringen bij de ontginning van de Zuiderzeepolders. *Landbouwk. Tijdschr.* 62 (1950) 977—992.
- RIGHOLT, J. W.: Verkavelingsonderzoek in Limburg. *Rapport* 2, I.C.W. (1957) 1—39.
- : Arbeidsbehoefte en verkaveling. *Landbouwk. Tijdschr.* 71 (1959) 429—431.

- RÜCKMANN, W.: Der Einfluss von Schlagentfernung, -form und -grösse auf den Arbeitsbedarf für die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Giessen (1953) 1—56.
- SEUSTER, H.: Die Beanspruchung landwirtschaftlicher Wirtschaftswege im Hinblick auf eine steigende Mechanisierung der Landwirtschaft. *Schriftenreihe f. Flurbereinigung* 20 (1958) 1—116.
- WERFF, W. A. VAN DER: Het verkavelingsplan bij ruilverkaveling. *Tijdschr. v. Kadaster en Landmeetk.* 70 (1954) 128—137.
- WIJK, C. VAN: De indeling van een bouwlandkavel in percelen. *Landbouwvoorlichting* 14 (1957) 562—567.