INSTITUUT VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE

Rapport 99

ARBEIDSORGANISATIE BIJ DE OOGST VAN AARDAPPELEN

R.K. Oving en T. Tanis

Dr. S. L. Mansholtlaan 12 - Wageningen tel. 08370-3041

4128
48c

2287383

Nie voor publikatie bestemd

Rapport 99

ARBEIDSORGANISATIE BIJ DE OOGST VAN AARDAPPELEN

R.K. Oving en T. Tanis

Stno. 550-200-13-10-'67

2287383

I N H O U D

	Blz.
Inleiding	5
Samenvatting	6
1. Berekening van de tijd voor machinaal rooien, bij diverse variaties in invloedsfactoren	8
1.1. Invloedsfactoren	8
1.2. Berekening van de rooitijd	9
2. Berekening van de tijd voor transport, bij diverse variaties in invloedsfactoren	11
2.1. Invloedsfactoren	11
2.2. Berekening van de transporttijd	12
3. Afstemming van rooien en transport	18
3.1. Inleiding	18
3.2. De rooitijd	18
3.3. De transporttijd	19
3.4. De kritische afstand	20
3.5. Vergelijking van verschillende transportmethodevariaties	22
3.6. Berekening van de capaciteit	26
3.7. Berekening van de arbeidsbehoefte	27
3.8. Berekening van de afstand waarbij het wenselijk is een man aan het transport toe te voegen	28
3.9. Bijzondere gevallen	32
4. Toepassingsmogelijkheden	34
4.1. Inleiding	34
4.2. Eisen ten aanzien van de capaciteit	35
4.3. Beïnvloeding van de capaciteit	35
4.4. Beïnvloeding van de arbeidsbehoefte	41
4.5. Het kiezen van de juiste methodecombinatie	42
Bijlage: Het berekenen van de kosten voor rooien en transport	46

N.B.: Door een wijziging in de tekst is figuur 13 vervallen.

INLEIDING

In het kader van het onderzoek samenwerkingsvormen deed zich de behoefte voor beter geïnformeerd te zijn over de invloed die samenwerking uitoefent op de arbeidsorganisatie en op de kosten van de samenwerkende bedrijven. Deze samenwerking heeft veelal betrekking op de oogstwerkzaamheden, omdat de hierbij betrokken machines en transportmiddelen een hoge investering vergen. Tevens moeten voor het uitvoeren van oogst en transport meestal meer personen beschikbaar zijn dan waarin het individuele bedrijf kan voorzien.

In dit rapport is een methode ontwikkeld om de invloed van het samenwerken beter te kunnen kwantificeren. Hiermee is het mogelijk de capaciteit, de arbeidsbehoefte en de kosten te berekenen voor verschillende oogstmethoden, bij variaties in perceelsafstand, aantal beschikbare personen, inhoud van de wagens, lossnelheid, transportsnelheid en opbrengst.

Uiteraard is deze benaderingswijze ook zonder meer geschikt voor toepassing bij individuele bedrijfsvoering.

De aardappeloogst kan niet los worden gezien van de overige bedrijfsorganisatie. Daarom zal het noodzakelijk zijn bij de overwegingen t.a.v. de aardappeloogst ook de andere oogstwerkzaamheden te betrekken, vooral met het oog op de keuze van het transportsysteem. Om die reden zal in volgende rapporten de graan- en bietenoogst worden behandeld.

Dit rapport is samengesteld in overleg met het consulentschap Emmeloord. Verschillende medewerkers van dit consulentschap komt dank toe voor de prettige wijze waarop is samengewerkt. De basisgegevens voor het berekenen van de rooi- en lostijden zijn verkregen van de afdeling Arbeidstudie.

SAMENVATTING

Wanneer rooien en transport gelijktijdig door twee of meer personen plaatsvinden, is er bij een bepaalde perceelsafstand evenwicht tussen de rooitijd (R) en de transporttijd (T). Dit punt noemen we de kritische afstand (A_k). De waarde van R kan worden afgelezen uit tabel 1. De transporttijd T kan worden berekend volgens de formule:

$$T = \frac{VA+C+qR}{X} \qquad (1)$$

De hierbij benodigde waarden voor V en C zijn gegeven in de tabellen 2 en 3. Wanneer wordt gewerkt met een naastrijdende wagen geldt q = 1, bij de methode met verzamelbak q = 0. A is de perceelsafstand in 100 m en X is het aantal personen voor transport.

De kritische afstand is te berekenen volgens de formule:

$$A_k = \frac{(X-q)\ R-C}{V} \qquad (2)$$

Als we de transporttijd voor verschillende methoden grafisch weergeven zien we dat onder bepaalde voorwaarden de lijnen elkaar bij een bepaalde perceelsafstand snijden. Bij deze afstand maakt het voor wat betreft de transporttijd geen verschil welke methode wordt toegepast. Beneden deze afstand verdient de ene methode de voorkeur en boven deze afstand de andere. Deze afstand A_t kan met behulp van de volgende formule worden gevonden:

$$A_t = \frac{C_2-C_1}{V_1-V_2} \qquad (3)$$

Voor de capaciteit geldt dat voor percelen beneden de kritische afstand de capaciteit bepaald wordt door de rooitijd en voor perceelsafstanden boven de kritische afstand door de transporttijd. De capaciteit kan voor beide gevallen worden berekend volgens de formules:

$$(A \leqslant A_k)\ \text{cap} = \frac{1}{(1+p)R} \qquad (4)$$

$$(A \geqslant A_k)\ \text{cap} = \frac{X}{(1+p)(VA+C+qR)} \qquad (5)$$

De factor (1+p) heeft betrekking op het percentage toeslag dat moet worden toegekend voor rust, persoonlijke verzorging, storing en af- en aanlooptijd.

Ook t.a.v. de arbeidsbehoefte geldt dat deze bij afstanden beneden de kritische afstand moet worden afgeleid van de rooitijd en bij afstanden boven de kritische afstand van de transporttijd. Hiervoor dienen de formules:

$$(A \leqslant A_k);\ \text{mu/ha} = (X+Y)(1+p)R \qquad (6)$$

$$(A \geqslant A_k);\ \text{mu/ha} = (X+Y)(1+p)\left(\frac{VA+C+qR}{X}\right) \qquad (7)$$

Hierin is Y het aantal personen voor het rooien.

Boven een bepaalde perceelsafstand is het uit een oogpunt van arbeidsbehoefte gewenst het aantal transportpersonen met één uit te breiden. Bij deze afstand A_a zijn beide methoden qua arbeidsbehoefte gelijk. Deze afstand kan worden gevonden met behulp van de formule:

$$A_a = \frac{X^2+XY+X}{X+Y} - q)R-C \qquad (8)$$

Tot de kritische afstand blijft de capaciteit op hetzelfde niveau om vervolgens te dalen. Uit capaciteitsoverwegingen moet dus bij de kritische afstand een man voor transport worden toegevoegd. Voor de bepaling van deze afstand dient dus formule 2.

1. BEREKENING VAN DE TIJDEN VOOR MACHINAAL ROOIEN, BIJ DIVERSE VARIATIES IN INVLOEDSFACTOREN

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de berekening van de tijd voor rooien en op de factoren die deze tijd beïnvloeden.

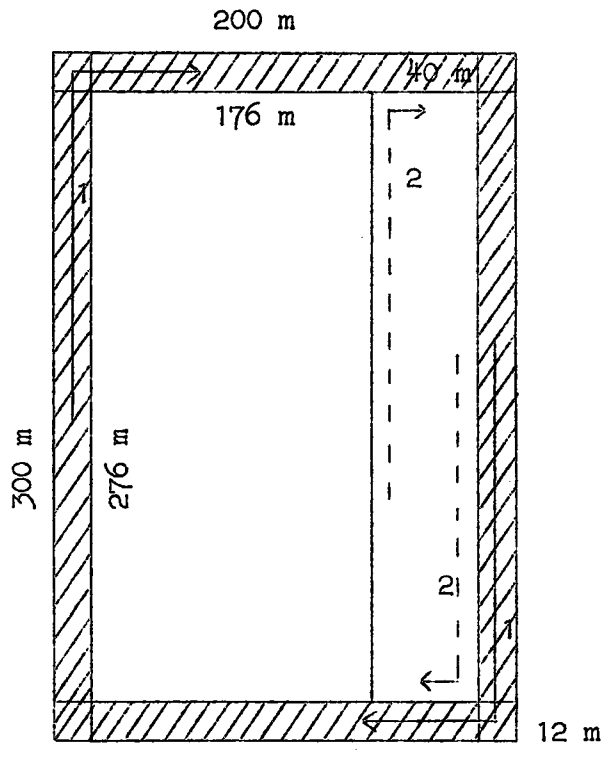
1.1. Invloedsfactoren

De rooitijd per ha wordt bepaald door:

- de perceelsvorm en de rijenafstand
- de opbrengst
- de rooimethode
- de rijsnelheid tijdens het rooien

De perceelsvorm en de rijenafstand

De rooitijd wordt beïnvloed door de perceelsvorm, omdat het aantal malen wenden per ha bij verschillende perceelslengten niet gelijk is. Ook is de verhouding tussen de oppervlakte van wendakkers en kanten en de rest van het perceel afhankelijk van de lengte — breedteverhouding van het perceel. Verder ontstaat er verschil bij de rooimachines met verzamelbak, doordat het aantal malen dat deze bak per ha geleegd wordt, afhankelijk is van de lengte. Het is gebruikelijk de verzamelbak op de wendakker in een wagen te lossen. Lange percelen hebben dus per ha een kleiner aantal lossingen tot gevolg. Dit laatste uiteraard zolang de inhoud van de bak voldoende is om de opbrengst van een of meer rijen te bevatten. De berekeningen, zowel voor rooien als transport, zijn gebaseerd op een perceel van 300 m lengte en 200 m breedte, dus met een oppervlakte van 6 ha (zie afbeelding). De rijenafstand is 75 cm. Vooraf zijn vier hoeken van 12 m lengte en 12 m breedte in handwerk gerooid. Op de wendakkers staan dus 16 rijen. Deze 16 rijen worden, evenals de 16 kantrijen, eerst machinaal gerooid, dus in totaal 32 kantrijen en 32 rijen van wendakkers. Hierbij wordt rondgaand gewerkt. (routing 1)
Daarna wordt het resterende deel gerooid in vakken van ongeveer 40 m breedte. (routing 2)



De opbrengst

De opbrengst is bij de machines met verzamelbak van invloed, omdat het aantal malen, dat deze bak moet worden geleegd, afhankelijk is van de opbrengst. Bij de methode met naastrijdende wagen heeft de opbrengst geen invloed op de rooitijd, mits bij verschillende opbrengsten dezelfde rijsnelheid tijdens het rooien kan worden aangehouden.

De rooimethode

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een viertal rooimethoden:

1. 1-rijige machine met verzamelbak, lossen op 1 wendakker
2. 1-rijige machine met verzamelbak, lossen op 2 wendakkers
3. 1-rijige machine met naastrijdende wagen
4. 2-rijige machine met naastrijdende wagen

De rijsnelheid tijdens het rooien

De rooisnelheid, die kan worden behaald, is sterk afhankelijk van de toestand van grond en gewas. In de berekeningen is uitgegaan van 7 verschillende snelheden, nl. 2 t/m 5 km per uur, met intervallen van ½ km.

Voor de berekeningen zijn de volgende basistijden gebruikt:

in werk stellen	0,10 minuut per keer
uit werk stellen	0,10 minuut per keer
wenden	0,40 minuut per keer bij gem. draaiafstand
machine leegdraaien	0,30 minuut per keer (1 x per werkgang)
machine schoonmaken (1-rijig)	1,-- minuut per keer gem. (1 x per werkgang)
machine schoonmaken (2-rijig)	1,50 minuut per keer gem. (1 x per werkgang)
verzamelbak leegmaken	1,-- minuut per keer

1.2. Berekening van de rooitijd

In tabel 1 zijn de rooitijden (R) vermeld voor de vier genoemde rooimethoden bij 7 verschillende rooisnelheden.

Tabel 1. Rooitijd (R) in uren per ha

Methode	Rooisnelheid in km per uur						
	2	2½	3	3½	4	4½	5
1-rijige mach. met verzamelbak, lossen op 1 wendakker	8,69	7,35	6,46	5,82	5,34	4,97	4,67
idem, met lossen op beide wendakkers	9,02	7,68	6,78	6,15	5,67	5,30	5,--
1-rijige machine met naastrijdende wagen	8,28	6,94	6,05	5,41	4,93	4,56	4,26
2-rijige machine met naastrijdende wagen	4,35	3,68	3,24	2,92	2,68	2,49	2,34

Deze rooitijden hebben betrekking op een perceel van 300 x 200 m, inclusief het machinaal rooien van de kanten en de wendakkers. De tijd voor het in handwerk rooien van de vier hoeken is hierin niet begrepen.

In deze tijden zijn geen toeslagen verwerkt voor rust en storingen. Ook de zgn. "af- en aanlooptijd", dit is de tijd voor het klaarmaken van de machine en de trekker, bijv. doorsmeren en brandstof bijvullen, is hierin nog niet opgenomen.

De berekening van de rooitijden is uitgevoerd met behulp van een daarvoor geschikt computerprogramma.[1] Ook voor andere perceelsafmetingen dan de hier genoemde kunnen op deze wijze tijden worden berekend.

---

1) S.P.J.H. van Hoven. Een computerprogramma voor het berekenen van taaktijden. Rapport nr. 77 van het Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie.

2. BEREKENING VAN DE TIJD VOOR TRANSPORT BIJ DIVERSE VARIATIES IN INVLOEDSFACTOREN

2.1. Invloedsfactoren

De tijd, benodigd voor transport en lossen van de aardappelen, is afhankelijk van de volgende factoren:

- de rooimethode
- het aantal transporten
- de transportsnelheid
- de lossnelheid
- de perceelsafstand

De rooimethode

De methode van rooien oefent invloed uit op de benodigde transporttijd. Er is in dit opzicht verschil tussen de methode met naastrijdende wagen en de methode met verzamelbak. Bij de laatste moet nl. de wagen voor het transport op het perceel worden omgewisseld. Bij de methode met naastrijdende wagen is dit niet het geval, althans wanneer het transport en het naastrijden bij toerbeurt door beide personen wordt verricht. Dit laatste is in de praktijk meestal het geval. Verder kan de rooimethode ook het aantal transporten nog beïnvloeden, waarop nog nader wordt ingegaan.

Het aantal transporten

Het aantal transporten is afhankelijk van de opbrengst, de wageninhoud, het al of niet koppelen van wagens en tevens van de rooimethode. Dat de opbrengst invloed heeft behoeft geen nader betoog. Een grotere wageninhoud beperkt het aantal vrachten per ha. Dit aantal vrachten kan worden gevonden door de opbrengst te delen door de wageninhoud. Dit laatste kan alleen wanneer de wagens geheel worden gevuld en het wisselen van de wagens op willekeurige plaatsen op het perceel plaatsvindt. Wanneer het wisselen nl. uitsluitend op de wendakkers plaatsvindt, betekent dit, dat de hoeveelheid produkt per wagen een veelvoud is van de opbrengst van een rij bij eenrijige en van twee rijen bij tweerijige rooimachines. Hier is dus ook de rooimethode van invloed. Het aantal vrachten per ha wordt nu berekend door na te gaan hoeveel rijen per wagen worden gerooid. Het aantal transporten hangt verder af van het aantal wagens dat bij het transport achter elkaar wordt gekoppeld.

De transportsnelheid

De transportsnelheid die gemiddeld (belast en onbelast) kan worden behaald hangt af van de toestand waarin het kavelpad en de weg verkeren. Ook is de afstand van invloed. Bij lange transportafstanden, waarbij het transport voor een groot deel over de verharde weg plaatsvindt, zal een hogere gemiddelde snelheid kunnen worden gehaald dan bij korte afstanden over het kavelpad.

De perceelsafstand

Het behoeft geen betoog dat de afstand waarover het transport moet plaatsvinden in sterke mate bepalend is voor de transporttijd. Daarom zal een methode worden ontwikkeld waarmee het mogelijk is bij verschillende perceelsafstanden de transporttijd snel te kunnen berekenen.

De lossnelheid

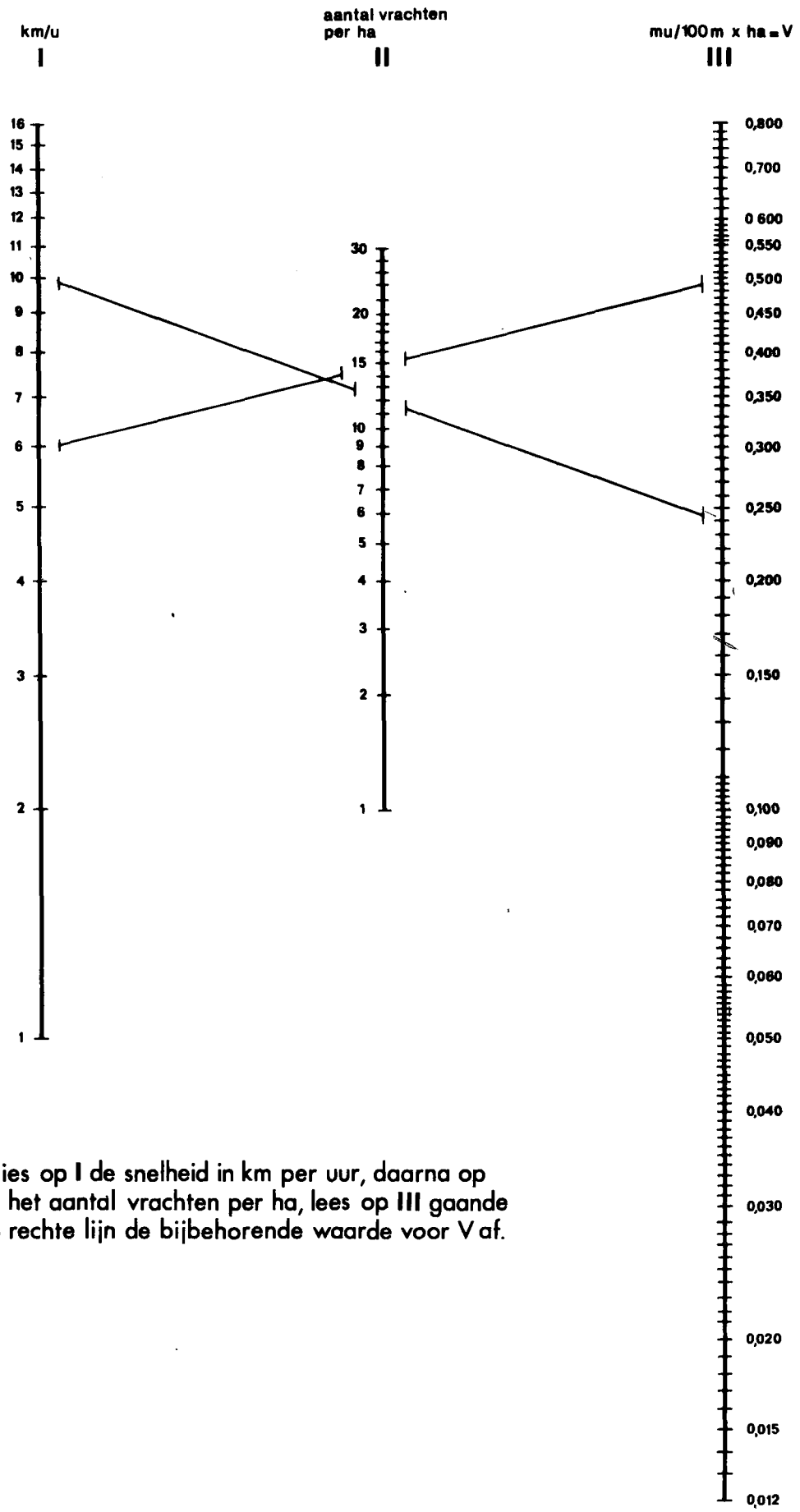
De lossnelheid varieert sterk met het systeem van lossen. Bij lossen kunnen we onderscheid maken tussen het lossen aan een hoop (fabrieksaardappelen) en het lossen in een bewaarplaats. In het eerste geval kan, bijv. bij gebruik van kipwagens, de lossnelheid zeer hoog zijn. Bij lossen in een bewaarplaats wordt gebruik gemaakt van een losapparatuur, die meestal bestaat uit een transporteur. Dikwijls is ook nog een boxenvuller aanwezig, terwijl de transporteur kan zijn uitgerust met een stortbak voor het lossen van kipwagens. Het is duidelijk dat de capaciteit van deze apparatuur sterk bepalend is voor de lossnelheid. Bij het leegstorten van kipwagens op de transporteur is het al of niet aanwezig zijn van een ruime stortbak van invloed. De capaciteit van de band is afhankelijk van de breedte van de band, de hoogte van de meenemers en de bandsnelheid. Het is dus niet mogelijk aan een bepaald lossysteem een bepaalde capaciteit te verbinden. Bovendien is de ontwikkeling van losapparatuur nog sterk in beweging.

Naast de zuivere lostijd is ook tijd nodig voor het verrichten van bijkomende handelingen, zoals het plaatsen van de wagen bij de losplaats, het verplaatsen van de transporteur, het opruimen van grond, enz. Het is duidelijk dat ook de hiervoor benodigde tijd sterk afhangt van de situatie rondom deze losplaats.

2.2. Berekening van de transporttijd

Om voor verschillende perceelsafstanden de transporttijd te kunnen berekenen, splitsen we de tijd in een deel dat afhankelijk is van de perceelsafstand en een deel dat niet afhankelijk is van deze afstand. Het deel dat afhankelijk is van de perceelsafstand drukken we uit in een aantal manuren

Nomogram 1: Bepaling van de wegtijd per 100m per ha (V)



Kies op **I** de snelheid in km per uur, daarna op **II** het aantal vrachten per ha, lees op **III** gaande in rechte lijn de bijbehorende waarde voor V af.

per ha benodigd voor het overbruggen van een afstandseenheid (100 m). We noemen deze factor V. Verder is er per methode een constante tijd nodig voor lossen en het bijkomende werk. Dit deel van de tijd, dat dus niet afhankelijk is van de perceelsafstand noemen we C. Eerst zal nu worden uiteengezet hoe de waarden van V en C kunnen worden berekend. Dit maakt het mogelijk om voor allerlei omstandigheden deze waarden vast te stellen. Voor een aantal situaties zullen deze waarden worden vermeld. Hiermee zal dan in het verdere deel van dit rapport worden geïllustreerd hoe met dit materiaal methodenvergelijking kan plaatsvinden.

Berekening van de waarde van V

V is het aantal manuren voor transport per ha en per 100 m perceelsafstand. Onder de perceelsafstand (A) verstaan we de afstand van de hoek van het perceel tot de losplaats. Transport over het perceel wordt dus niet in de waarde van V opgenomen. De totale transporttijd per ha is afhankelijk van het aantal transporten dat moet worden verricht en van de snelheid waarmee het transport plaatsvindt. Onder 2.1. is reeds aangegeven hoe het aantal transporten kan worden vastgesteld. Per 100 m perceelsafstand moet per transport 200 m of 0,2 km worden afgelegd, nl. de afstand heen en terug. Door nu het aantal transporten te vermenigvuldigen met 0,2 km vinden we de afstand die per ha voor elke 100 m perceelsafstand moet worden afgelegd. Dit, gedeeld door de gemiddelde snelheid, geeft de tijd in mu per ha per 100 m perceelsafstand.

$$V = \frac{\text{aantal transporten per ha x 0,2 km}}{\text{gem. transportsnelheid in km/uur}}$$

Voorbeeld:

16 wagens per ha, gemiddelde snelheid 12 km per uur.

$$V = \frac{16 \times 0{,}2}{12} = 0{,}267 \text{ mu/ha per 100 m perceelsafstand}$$

Als twee wagens achter elkaar worden gekoppeld:

$$V = \frac{8 \times 0{,}2}{12} = 0{,}133 \text{ mu/ha per 100 m perceelsafstand}$$

Uit nomogram 1 zijn de waarden voor V af te leiden bij variaties in het aantal transporten en in de gemiddelde transportsnelheid.

Berekening van de waarden voor C

Ook de waarden van C worden aangegeven in mu per ha. C omvat de tijd voor het lossen en de tijd voor de bijkomende werkzaamheden in de schuur en op het perceel. De tijd benodigd voor het lossen kan worden uitgedrukt in een aantal minuten per ton, afhankelijk van de loscapaciteit.

De tijd per ha voor het zuivere lossen kan eenvoudig worden vastgesteld door de opbrengst in tonnen te vermenigvuldigen met de tijd per ton. Het bijkomende werk vereist een nadere toelichting. Dit valt uiteen in werk bij de losplaats (in de schuur) en werk op het perceel. Het bijkomende werk in de schuur of bij de losplaats kan bestaan uit het plaatsen van de wagen bij de transporteur, het eventueel verplaatsen van de transporteur en het opruimen van grond. Het bijkomende werk op het perceel kan betrekking hebben op het omwisselen van wagens, het achter elkaar koppelen van meerdere wagens en het transport over het perceel. De perceelsafstand wordt gedefinieerd als de afstand tot de hoek van het perceel, dus moet de tijd voor het transport naar deze hoek in C worden opgenomen. Wanneer een methode wordt toegepast waarbij het rooien en het transport door dezelfde persoon (personen) na elkaar worden uitgevoerd, vraagt het overschakelen van het rooien op het transport enige tijd. Bij deze methode wordt dus eerst gerooid, en na het vullen van een of meer wagens wordt het rooien onderbroken voor het transport. Dit overschakelen vraagt enige tijd, die bijv. betrekking kan hebben op het afkoppelen van de trekker van de rooimachine, het rijden naar de wagen en na het transport het verrichten van deze handelingen in omgekeerde volgorde. Naarmate meer wagens beschikbaar zijn komt dit overschakelen een kleiner aantal malen per ha voor en is dus ook de benodigde tijd hiervoor lager.

Voorbeeld: Er wordt gerooid met een eenrijige machine met verzamelbak. Deze bak kan slechts de opbrengst van één rij bevatten, zodat de helft van de wagens op de achterste wendakker gevuld is. Er zijn 16 wagens per ha, dus 8 op de voorste en 8 op de achterste wendakker. We gaan uit van een lossnelheid van 400 kg per minuut, dus 2,5 minuut per ton. Voor bijkomend werk rekenen we 5 minuten per wagen, nl. 4 minuten in de schuur en 1 minuut voor het wisselen op het perceel (1 man rooit en 1 man verzorgt het transport). 8 Wagens moeten van achter naar voren over het perceel worden getransporteerd en alle wagens moeten naar de hoek van het perceel worden gebracht. Voor dit transport over het perceel veronderstellen we een gemiddelde snelheid (belast en onbelast) van 8 km per uur. De perceelslengte is 300 m, zodat met 8 wagens 600 m per wagen over het perceel moet worden afgelegd. De perceelsbreedte is 200 m. Met 16 wagens moet dus deze halve afstand tweemaal worden afgelegd (heen en terug) dus 200 m per wagen.

De berekening van C is nu als volgt:

lossen 45 ton à 2,5 min per ton		= 113 min
bijkomend werk 16 wagens à 5 min per wagen		= 80 min
transport over het perceel: 8 wagens 600 m =	4800 m	
16 wagens 200 m =	3200 m	
totaal	8000 m	
à 8 km per uur		= 60 min
totaal per ha		253 min = 4,22 uur

C = 4,22

Wanneer de eenmansmethode wordt gevolgd, waarbij het rooien wordt onderbroken voor het transport, moet C nog worden verhoogd met een tijd voor overschakelen van rooien op transport. We veronderstellen dat dit overschakelen 3 minuten per keer vraagt. Omdat met twee wagens wordt gewerkt, komt het 8 maal per ha voor en vraagt het dus 8 x 3 = 24 minuten, of 0,40 mu per ha. C wordt in dit geval dus 4,22 + 0,40 = 4,62.

In tabel 2 worden de waarden voor C gegeven bij variaties in wageninhoud, loscapaciteit en opbrengst, bij rooien met een eenrijige machine met verzamelbak. Deze waarden worden gegeven voor het gelijktijdig rooien en transporteren door meer dan 1 persoon en voor de eenmansmethode, waarbij het rooien en het transport na elkaar door dezelfde persoon worden uitgevoerd. In het tweede geval is dus ook de tijd voor het overschakelen van rooien op transport in C begrepen. De tussen haakjes geplaatste cijfers geven het aantal vrachten per ha aan.

De berekeningen zijn gebaseerd op een perceel van 300-200 m. Voor bijkomend werk is 5 minuten per wagen gerekend. Het wisselen van de wagens vindt plaats op de wendakkers. Voor transport over het perceel is uitgegaan van 8 km per uur. Per keer wordt 1 wagen naar de schuur gebracht.

Tabel 2. Waarde van C bij rooien met eenrijige machine met verzamelbak

Wageninhoud in tonnen	Loscapaciteit in kg per minuut	Gelijktijdig rooien en transport		Eenmansmethode	
		30 ton per ha	45 ton per ha	30 ton per ha	45 ton per ha
2-3	1000	1,87 (13)	2,99 (16)	2,52 (13)	3,39 (16)
	400	2,62 (13)	4,11 (16)	3,27 (13)	4,51 (16)
3-4	1000	1,35 (8)	2,59 (13)	1,75 (8)	2,94 (13)
	400	2,10 (8)	3,71 (13)	2,50 (8)	4,06 (13)
4-5	1000	1,15 (6)	2,17 (10)	1,45 (6)	2,42 (10)
	400	1,90 (6)	3,29 (10)	2,20 (6)	3,54 (10)

In tabel 3 is C gegeven bij het gebruik van resp. de een- en tweerijige rooimachine met naastrijdende wagen. Voor bijkomend werk is hierbij 4 minuten per wagen gerekend, omdat het wisselen op het perceel bij het gebruik van de naastrijdende wagen minder tijd vraagt. In tabel 3 is ook onderscheid gemaakt tussen het wisselen van de wagen op de wendakker en het wisselen op een willekeurige plaats op het perceel. In het tweede geval is het mogelijk de wagens volledig, dus met resp. 3,4 of 5 ton te beladen. Het is dan noodzakelijk om in C de meerdere tijd op te nemen voor transport over het perceel. Er is aangenomen dat het wisselen gemiddeld plaatsvindt in het perceelsmidden. Voor elke wagen is dan 2(150+100) m = 500 m transport over het perceel nodig.

Wanneer op de wendakker wordt gewisseld is de mate waarin de wagen wordt gevuld bij de verschillende methoden en opbrengsten niet gelijk. De hoeveelheid produkt per wagen is dan een veelvoud van de opbrengst per rij (bij de tweerijige machine van de opbrengst per twee rijen) binnen de gestelde grenzen van de wageninhoud. Uit de tabel blijkt dat dit kan leiden tot een verschillend aantal vrachten per ha voor de een- en tweerijige machine, bij dezelfde opbrengst.

Bij de opbrengst van 45 ton en de tweerijige rooimachine is voor de 4-5 ton wagen geen waarde voor C gegeven. De opbrengst per twee rijen is 1862 kg. Als we deze wagen met 4 rijen, dus met 3724 kg, beladen is de waarde van C gelijk aan die van de 3-4 tons wagen. De 4-5 tons wagen kan echter geen 6 rijen, dus geen 5586 kg bevatten.

Bij een gelijk aantal vrachten per ha is de waarde van C niet altijd gelijk, omdat in het ene geval meer transport over het perceel nodig kan zijn.

Wanneer de wagen geheel wordt gevuld is de waarde van C bij de een- en de tweerijige rooimachine gelijk.

Tabel 3. Waarden van C bij het rooien met naastrijdende wagen

Wageninhoud in tonnen	Loscapaciteit in kg per minuut	Wisselen bij geheel gevulde wagen		Wisselen uitsluitend op de wendakker(s)			
		30 ton per ha	45 ton per ha	1-rijige rooimachine		2-rijige rooimachine	
				30 ton per ha	45 ton per ha	30 ton per ha	45 ton per ha
3	1000	1,79 (10)	2,69 (15)	1,66 (13)	2,78 (16)	1,66 (13)	3,20 (22)
	400	2,54 (10)	3,82 (15)	2,41 (13)	3,91 (16)	2,41 (13)	4,32 (22)
4	1000	1,53 (8)	2,30 (12)	1,22 (8)	1,91 (13)	1,37 (8)	1,91 (13)
	400	2,28 (8)	3,43 (12)	1,97 (8)	3,04 (13)	2,12 (8)	3,04 (13)
5	1000	1,28 (6)	1,92 (9)	1,05 (6)	2,01 (10)	1,05 (6)	-
	400	2,03 (6)	3,04 (9)	1,80 (6)	3,13 (10)	1,80 (6)	-

3. AFSTEMMING VAN ROOIEN EN TRANSPORT

3.1. Inleiding

Om de doeltreffendheid van een methodecombinatie onder bedrijfsomstandigheden te kunnen bepalen, zal in dit hoofdstuk een systeem van methodevergelijking worden opgebouwd.

Periodiek staat ieder bedrijf voor het probleem of, en zo ja, welke rooimachine en welk wagentype of lossysteem moet worden gekozen. Deze keuze wordt sterk bepaald door het aantal mensen waarover kan worden beschikt en de benodigde oogstcapaciteit in verband met de te bewerken oppervlakte. Een uniforme beoordelingswijze ontbreekt tot nu toe. Omtrent de toepassing van bepaalde methoden zijn de meningen verdeeld en ze worden waarschijnlijk in sterke mate beïnvloed door de specifieke omstandigheden die men op het oog heeft.

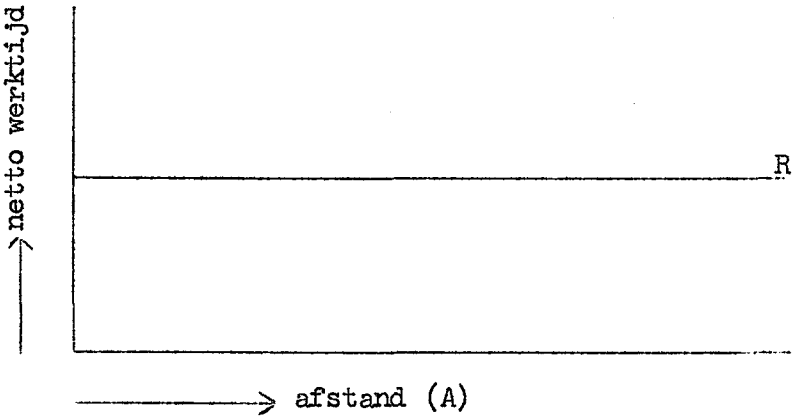
Is de combinatie van werktuigen eenmaal gekozen, dan ligt hiermee in belangrijke mate de wijze van werken vast. De doeltreffendheid van de methodecombinatie van rooien en transporteren is dan verder, behoudens enkele variatiemogelijkheden, gedurende het oogstseizoen afhankelijk van de perceelsafstand, die door het transport moet worden overbrugd. Juist deze variërende perceelsafstand kan aanleiding zijn om de mogelijke variaties in werkwijze met voordeel toe te passen, zoals een extra tussenrijder bij grotere afstanden, het verwisselen van wagens op de kopakker in plaats van op het moment dat de wagen vol is, of zelfs het overgaan op een gebroken systeem, wanneer het belangrijk is een man vrij te maken voor ander werk. Al deze variaties kunnen, mits juist toegepast, een gunstige invloed hebben op de prestatie per man. Het gaat dan hoofdzakelijk om het kennen van de afstanden waarbij van de ene op de andere werkwijze moet worden overgegaan.

In de volgende paragrafen zal worden aangegeven hoe deze afstanden kunnen worden gevonden.

3.2. De rooitijd (R)

Voor alle rooimethoden geldt, dat de rooitijd onafhankelijk is van de perceelsafstand. Dit geldt dus ook voor de rooitijden zoals die in tabel 1 op blz. 9 gegeven zijn voor de verschillende rooimachines bij variërende rooisnelheden.

Grafisch kunnen we de rooitijd dan ook voorstellen door een rechte lijn evenwijdig aan de horizontale as, waarop de afstand is uitgezet. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven. De verticale as stelt de tijdsduur van het werk voor.



Figuur 1. De rooitijd blijft constant bij toenemende perceelsafstand

Bij een grotere afstand is er dus geen toename van de rooitijd. De zgn. aan- en aflooptijd en de wegtijd voor het verplaatsen van de rooimachine naar en van het perceel is in deze tijd niet opgenomen.

3.3. De transporttijd (T)

In tegenstelling tot de rooitijd is de transporttijd wel afhankelijk van de perceelsafstand. In hoofdstuk 2 is de tijd voor het transport dan ook gegeven in een constant deel (C) dat onafhankelijk is van de perceelsafstand en de wegtijd per 100 m (V).

De transporttijd (T) is te beschouwen als het quotiënt van het aantal manuren en het aantal personen dat het transport verzorgt.

Bij transport in combinatie met de rooimachine met verzamelbak vinden we dus voor de transporttijd:

$$T = \frac{VA+C}{X}$$

waarin X het aantal personen voor transport voorstelt. Bij het transport in combinatie met de rooimethoden met naastrijdende wagen, wordt ook de man met de naastrijdende wagen tot het transport gerekend. Dit houdt in dat het aantal manuren voor transport, t.o.v. de methoden met verzamelbak, toeneemt met de rooitijd (R).

De transporttijd is dus bij het transport in combinatie met de rooimethoden met naastrijdende wagen:

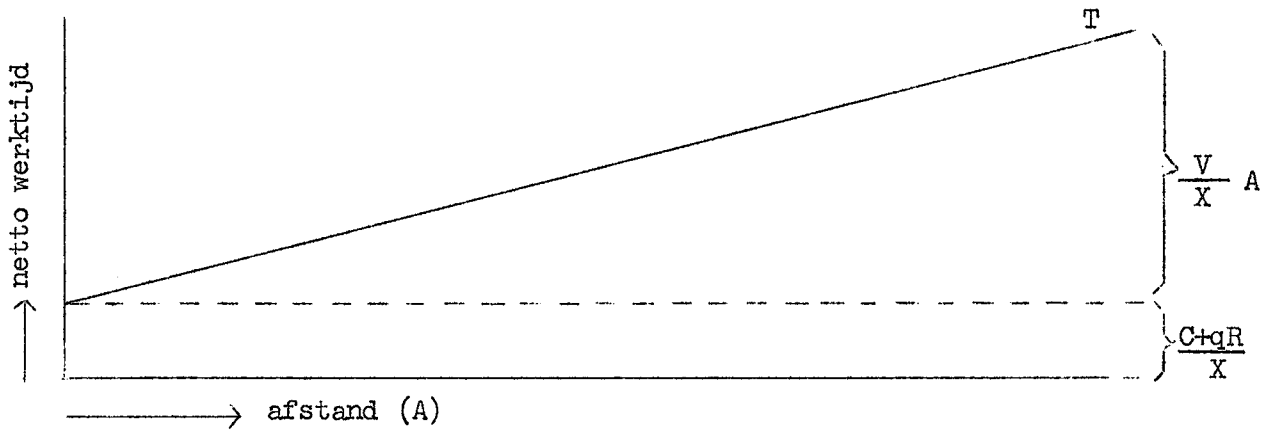
$$T = \frac{VA+C+R}{X}$$

Om een formule te verkrijgen die voor beide groepen methoden toepasbaar is, is voor de rooitijd (R) een factor q geplaatst die de waarde 1 of 0 aanneemt al naar gelang sprake is van een naastrijdende wagen of niet.

De algemene vorm voor het berekenen van de transporttijd is dan:

$$T = \frac{VA+C+qR}{X} \qquad (1)$$

In figuur 2 is het verloop van de transporttijd bij toenemende perceelsafstand grafisch weergegeven.



Figuur 2. De transporttijd neemt toe bij toenemende perceelsafstand

Eigenlijk is deze weergave niet helemaal juist. De taak van het transport is in twee delen te splitsen, nl. het naastrijden en het wegtransport met het lossen. Duurt het wegtransport samen met het lossen langer dan het naastrijden, dan kan de naastrijder een gedeelte van het wegtransport gaan verzorgen. In dit geval is de gemiddelde tijd per man gelijk aan de tijdsduur van het transport, dus gelijk aan de transporttijd (T). Duurt het naastrijden langer dan het overige transport, dan kunnen de overige transportpersonen niet bijspringen om de tijd voor het naastrijden te verkorten; er kunnen nl. geen twee personen tegelijk als naastrijder fungeren. De duur van het transport is dus gelijk aan of groter dan de duur van het naastrijden. Aangezien het naastrijden evenlang duurt als het rooien, kunnen we ook zeggen dat wanneer van een naastrijdende wagen sprake is, de transporttijd (T) groter dan of gelijk is aan de rooitijd (R). Voor het verdere betoog is deze kwestie echter niet belangrijk, zodat we haar verder buiten beschouwing zullen laten.

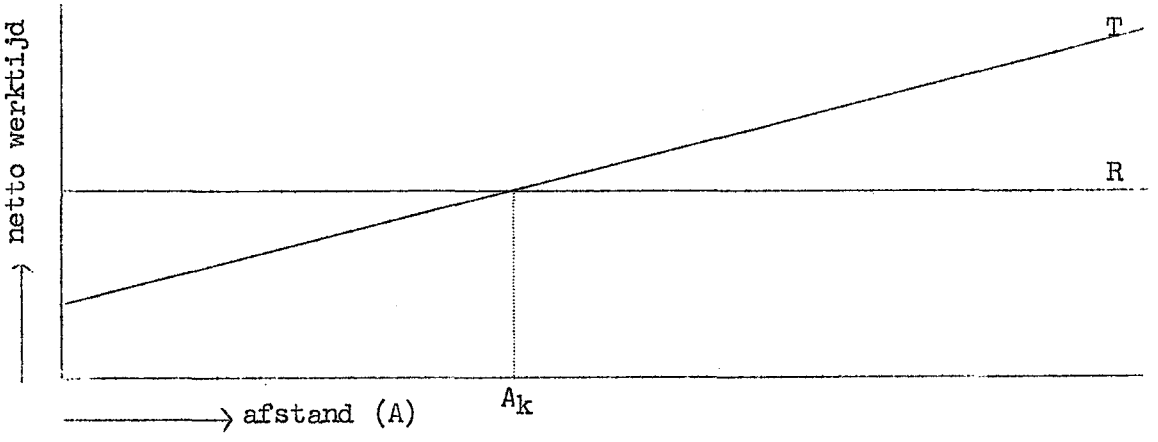
3.4. De kritische afstand

In de praktijk kan het tegelijk uitvoeren van het rooien en het transport door verschillende personen als een normale situatie worden beschouwd. Het is hierbij een toevalligheid als de duur van het rooien gelijk is aan de duur van het transport. Meestal zullen er bij het rooien of bij het transport wachttijden optreden. De bijzondere situatie dat de rooitijd gelijk is

aan de transporttijd willen we nu iets nader bezien.

Wanneer het rooien en het transport tegelijk worden uitgevoerd, wordt de werktijd bepaald door de grootste van de twee. We onderscheiden hierbij in het algemeen twee situaties, nl. de rooitijd is groter dan de transporttijd of de rooitijd is kleiner dan de transporttijd. Omdat de rooitijd zoals we gezien hebben in 3.2. onafhankelijk is van de perceelsafstand en de transporttijd toeneemt bij het groter worden van de perceelsafstand, is bij een bepaalde afstand de rooitijd (R) gelijk aan de transporttijd (T).

Grafisch wordt dit uitgebeeld in figuur 3, waarin het verloop van de rooitijd en de transporttijd zijn weergegeven bij toenemende perceelsafstand.



Figuur 3. Bij een bepaalde afstand (A_k) is de rooitijd (R) gelijk aan de transporttijd (T)

De afstand waarbij voor een bepaalde combinatie van rooien en transport geldt R = T, noemen we de kritische afstand. Omdat voorbij de kritische afstand de netto werktijd en daarmee ook de capaciteit en de arbeidsbehoefte, bepaald worden door de transporttijd, is het duidelijk dat voorbij de kritische afstand de capaciteit daalt en het aantal manuren per ha toeneemt.

De kritische afstand kan ook uitgedrukt worden in R, V en C. Hiertoe gaan we uit van de gelijkheid:

$$R = T$$

Volgens (1) is $T = \frac{VA+C+qR}{X}$

Voor de kritische afstand geldt dus:

$$R = \frac{VA_k+C+qR}{X}$$

Deze vorm kunnen we herleiden tot:

$$A_k = \frac{(X-q)R-C}{V} \qquad (2)$$

Nadere beschouwing van (2) levert op, dat de kritische afstand (A_k) toeneemt als:

a. het aantal transportpersonen (X) toeneemt,
b. bij hetzelfde aantal transportpersonen geen naastrijder (q) nodig is,
c. de rooitijd (R) groter is,
d. C kleiner is, d.w.z. als het lossen korter duurt of minder wisselen enz. nodig is,
e. V kleiner is, d.w.z. als het aantal wagens per ha kleiner (dus de inhoud per wagen groter), of de transportsnelheid groter is, of als per transport meerdere wagens achter elkaar worden gekoppeld.

Als voorbeeld nemen we een tweerijige rooimachine met naastrijdende wagen met een rooisnelheid van 3 km per uur. Als transportmethode de 5 tons wagen (wisselen bij geheel gevulde wagen); verder is de lossnelheid 400 kg per minuut, de rijsnelheid 10 km per uur en de opbrengst 45 ton per ha. Bij deze veronderstellingen vinden we in tabel 3:

R = 3,24
C = 3,04
V = 0,18

Bij twee personen voor transport, waarvan een naastrijder, is de kritische afstand:

$$A_k = \frac{(2-1)\ 3,24-3,04}{0,18}$$

$$A_k = \frac{0,20}{0,18} = 1,11$$

Omdat we de kritische afstand vinden in 100 m, is deze 111 m of ruim 100 m.

Wanneer een man extra voor transport wordt toegevoegd, vinden we op dezelfde wijze voor A_k een waarde van ongeveer 1900 m uit:

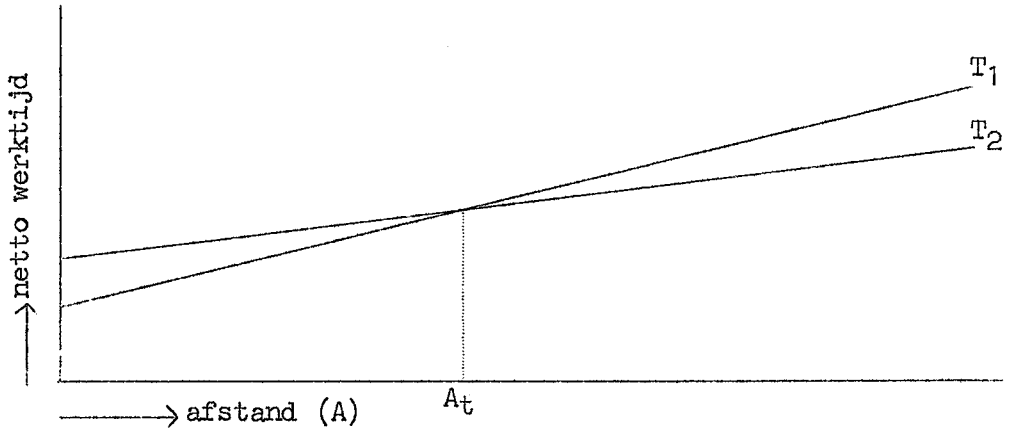
$$A_k = \frac{(3-1)\ 3,24-3,04}{0,18} = 19,11$$

3.5. Vergelijking van verschillende transportmethode-variaties

In hoofdstuk 2 is omschreven van welke factoren de transporttijd afhankelijk is. Alle variaties in deze invloedsfactoren leiden tot verschillende waarden voor V en C. De variaties kunnen bestaan uit verschillen in wagen-

inhoud, lossnelheid maar ook in verschillen in routing, bijv. uitsluitend wisselen op de wendakker of willekeurig op het perceel wanneer de wagen vol is. In het algemeen geldt dan, dat de transporttijd voor deze variaties niet gelijk is bij dezelfde perceelsafstand. Toch is het mogelijk, dat onder bepaalde voorwaarden die we hierna zullen bespreken, een afstand gevonden wordt waarbij voor beide werkwijzen de transporttijd gelijk is. Bij deze afstand maakt het niet uit welke van de twee werkwijzen wordt toegepast. De afstand die bij dit indifferentiepunt behoort, zullen we A_t noemen.

Grafisch ziet de veronderstelde situatie eruit als in figuur 4 is weergegeven.



Figuur 4. Verloop van de transporttijd T_1 en T_2 bij toename van de perceelsafstand. Er ontstaat een snijpunt bij een afstand A_t.

Beneden de afstand A_t is de transporttijd volgens T_1 kleiner dan de transporttijd volgens T_2. In dit traject is de werkwijze volgens T_1 dus te verkiezen boven de werkwijze volgens T_2. Boven de afstand A_t is de situatie omgekeerd en heeft werkwijze T_2 voorkeur boven werkwijze T_1.

De afstand A_t kan ook worden uitgedrukt in V_1, V_2, C_1 en C_2. Volgens (2) is, wanneer het aantal personen voor transport en de rooimethode gelijk is,

$$T_1 = \frac{V_1 A + C_1 + qR}{X}$$

en

$$T_2 = \frac{V_2 A + C_1 + qR}{X}$$

Stel bij A_t geldt: $T_1 = T_2$, dan is:

$$\frac{V_1 A_t + C_1 + qR}{X} = \frac{V_2 A_t + C_2 + qR}{X}$$

Dit levert voor A_t op:

$$A_t = \frac{C_2 - C_1}{V_1 - V_2} \qquad (3)$$

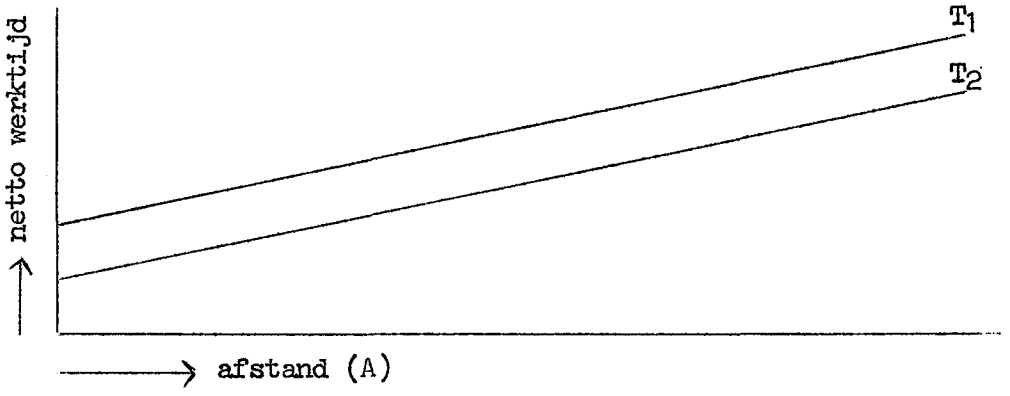
Omdat $A_t \geqslant 0$, wordt alleen een afstand (A_t) gevonden als

$C_2 \geqslant C_1$ en $V_1 > V_2$ of

$C_2 \leqslant C_1$ en $V_1 < V_2$

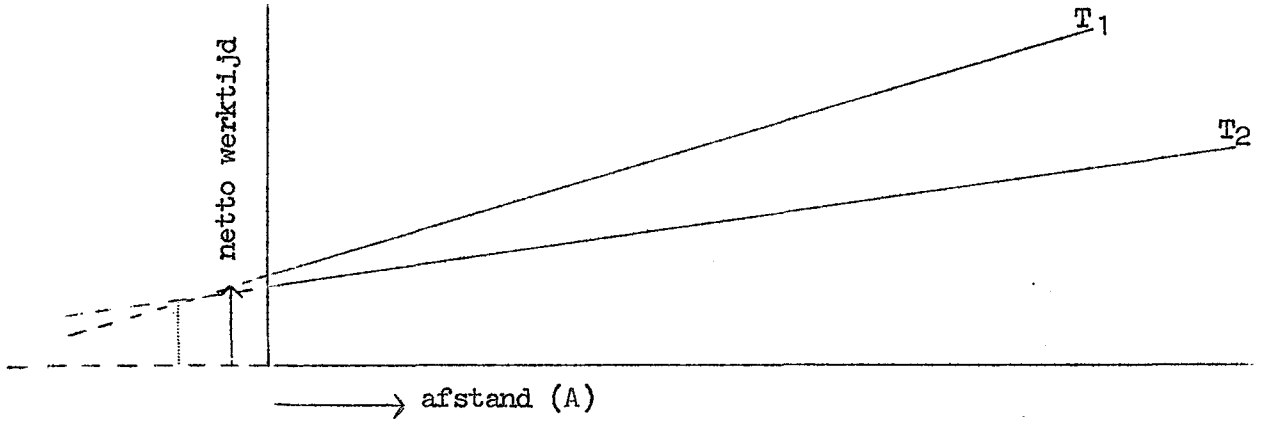
Wordt niet aan deze voorwaarden voldaan, bijv. $V_1 = V_2$, dan zijn de lijnen in de grafiek van T_1 en T_2 evenwijdig en is er dus geen snijpunt.

Deze situatie is weergegeven in figuur 5. De voorkeur gaat dan zonder meer uit naar de methodevariant met de laagste waarde voor C. Deze situatie kan zich voordoen wanneer het verschil alleen bestaat uit een verschil in lossnelheid.



Figuur 5. Verloop van de transporttijd T_1 en T_2 wanneer $C_1 > C_2$ en $V_1 = V_2$. De evenwijdigheid volgt zonder meer uit de gelijkheid van de regressiecoëfficiënten $\frac{V_1}{X}$ en $\frac{V_2}{X}$

Een andere situatie doet zich voor als $C_1 > C_2$ en ook $V_1 > V_2$. In dat geval is dus van T_1 zowel de constante alsook de richtingscoëfficiënt groter dan die van T_2. In dat geval zouden we voor A_t een negatieve waarde vinden. Grafisch is deze situatie verduidelijkt in figuur 6. Verlenging van T_1 en T_2 levert wel een snijpunt op maar deze ligt buiten het gebied dat we beschouwen. Ook hier geldt dat de voorkeur uitgaat naar de methodevariant met de laagste waarde voor C.



Figuur 6. Verloop van de transporttijd T_1 en T_2 wanneer $C_1 > C_2$ en ook $V_1 > V_2$

De in figuur 6 geschetste situatie kan zich voordoen wanneer van transportvariant T_2 zowel de wageninhoud als de lossnelheid groter is.

In het algemeen zal er echter sprake zijn van een keuze uit alternatieven. We kunnen ons hierbij ondermeer de volgende problemen voorstellen:
a. grotere wageninhoud of grotere lossnelheid,
b. wisselen uitsluitend op de wendakker of alleen bij volle wagen,
c. vervoer van een wagen per transport of twee gekoppelde wagens.

Als voorbeeld zullen we uitwerken de keuze tussen de 5 tons wagen bij een lossnelheid van 400 kg/min en de 4 tons wagen bij een lossnelheid van 1000 kg/min, beide met wisselen bij volle wagen.

De opbrengst is 45 ton per ha en het rooien vindt plaats met de tweerijige rooimachine.

In tabel 4 vinden we:

$C_1 = 3,04$ en $C_2 = 2,30$

en in nomogram 1:

$V_1 = 0,18$ en $V_2 = 0,24$

Wanneer we deze waarden invullen in (3) vinden we:

$$A_t = \frac{2,30-3,04}{0,18-0,24} = \frac{0,74}{0,06} = 12,33$$

Bij een perceelsafstand van 1233 m is de transporttijd dus voor beide gevallen gelijk. Beneden deze afstand heeft de 4-tons wagen met de hoge lossnelheid de voorkeur boven de 5-tons wagen met de lage lossnelheid. Boven de afstand van 1233 m is het omgekeerde het geval. Steeds wanneer het aantal personen bij beide transportvariaties gelijk is, vinden we een indifferentiepunt bij 1233 m.

Ter verduidelijking zijn beide transportvariaties T_1 en T_2, getekend in figuur 7, tezamen met de rooitijd (R) voor de 2-rijige rooimachine met naastrijdende wagen, beide met 2 personen voor transport. De vergelijkingen voor T_1, T_2 en R zijn:

$$T_1 = \frac{0,18A+3,04+3,24}{2} \longrightarrow T_1 = 0,09A+3,14$$

$$T_2 = \frac{0,24A+2,30+3,24}{2} \longrightarrow T_2 = 0,12A+2,77$$

$$R = 3,24$$

Uit figuur 7 valt af te leiden dat beneden een afstand van 111 m, voor beide methode-combinaties de rooitijd bepalend is voor de werktijd. Tussen 0 en 111 m perceelsafstand is er dus ook geen voorkeur voor één van de twee transportvariaties.

Ook valt af te leiden dat voor afstanden tussen 111 en 1233 m, aan de 4-tons wagen met hoge lossnelheid de voorkeur moet worden gegeven. Vervolgens dat voor afstanden boven 1233 m geldt, dat de 5-tons wagen met lage lossnelheid de voorkeur verdient.

Een andere situatie ontstaat wanneer het aantal personen voor transport met één wordt uitgebreid. Ook nu is bij een afstand van 1233 m de transporttijd volgens T_1 en T_2 gelijk. De vergelijkingen voor T_1, T_2 en R zijn:

$$T_1 = \frac{0,18A+3,04+3,24}{3} = 0,06A+2,09$$

$$T_2 = \frac{0,24A+2,30+3,24}{3} = 0,08A+1,85$$

$$R = 3,24$$

Deze vergelijkingen zijn weergegeven in figuur 8. Het snijpunt van T_1 en T_2 ligt nu beneden de lijn R = 3,24. Dit snijpunt geeft nu geen aanleiding om voor een der transportvariaties een voorkeur uit te spreken. Wanneer we op dezelfde wijze als bij figuur 7 onze conclusies trekken, is er beneden de afstand van 1738 m geen voorkeur. Boven deze afstand is steeds de 5-tons wagen met lage lossnelheid in het voordeel.

3.6. Berekening van de capaciteit

In paragraaf 3,4. is reeds ter sprake gekomen dat beneden de kritische afstand de capaciteit bepaald wordt door de rooitijd. Is de werkelijke afstand kleiner dan de kritische afstand, dan wordt de capaciteit van de rooimachine volledig benut, bij het transport zijn er dan wachttijden.

Is de werkelijke afstand groter dan de kritische afstand, dan wordt de capaciteit bepaald door het transport. In dit geval zijn er wachttijden bij het rooien. Als de werkelijke afstand juist gelijk is aan de kritische,dan geldt R = T. In dat geval is de uitkomst voor beide gevallen dezelfde.

Uit het voorgaande volgt dat beneden de kritische afstand de capaciteit afgeleid dient te worden van de rooitijd en boven de kritische afstand van de transporttijd. De capaciteit in ha per uur is te beschouwen als de omgekeerde waarde van de werktijd, die in uren per ha is uitgedrukt. De werktijd vinden we door de netto werktijd (resp. T of R) te vermeerderen met een toeslag voor persoonlijke verzorging, rust, storing en aan- en aflooptijd. Het percentage toeslag gedeeld door 100 noemen we p. De werktijd is dan resp. (1+p)R of (1+p)T. Hierin vervangen we T door $\frac{VA+C+qR}{X}$.

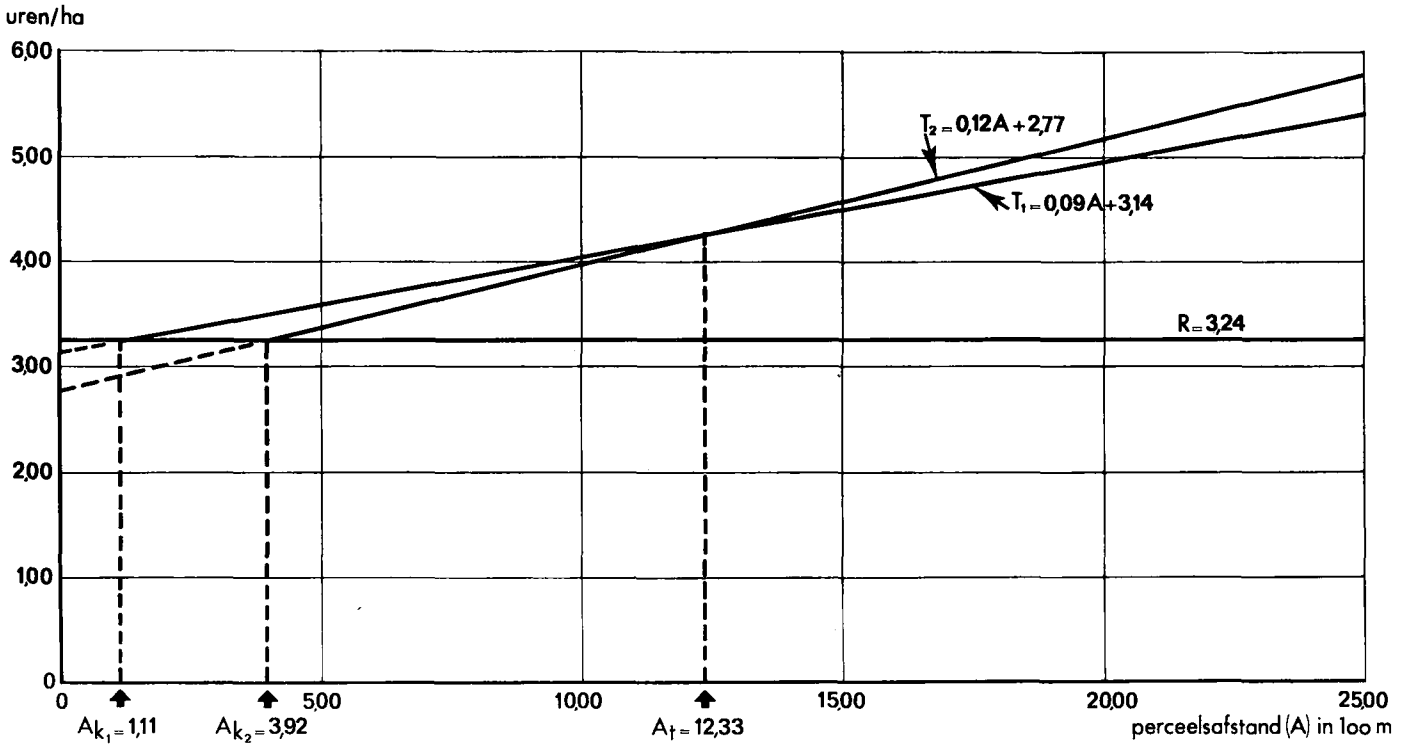


Fig. 7 Verloop van de transporttijd bij de 4-tons wagen met hoge lossnelheid en de 5-tons wagen met lage lossnelheid. Het aantal personen voor transport is in beide gevallen twee.

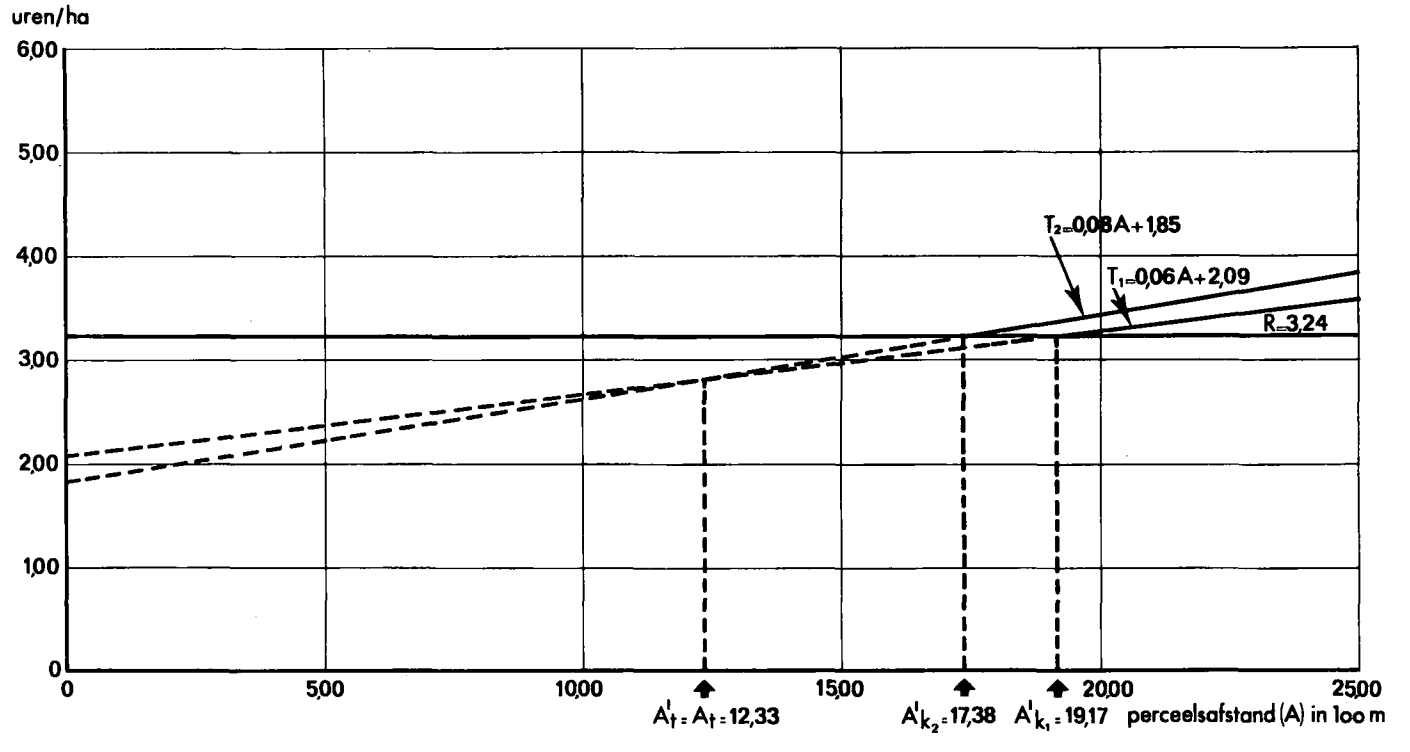


Fig. 8 Verloop van de transporttijd bij de 4-tons wagen met hoge lossnelheid en de 5-tons wagen met lage lossnelheid. In beide gevallen zijn er drie personen voor het transport.

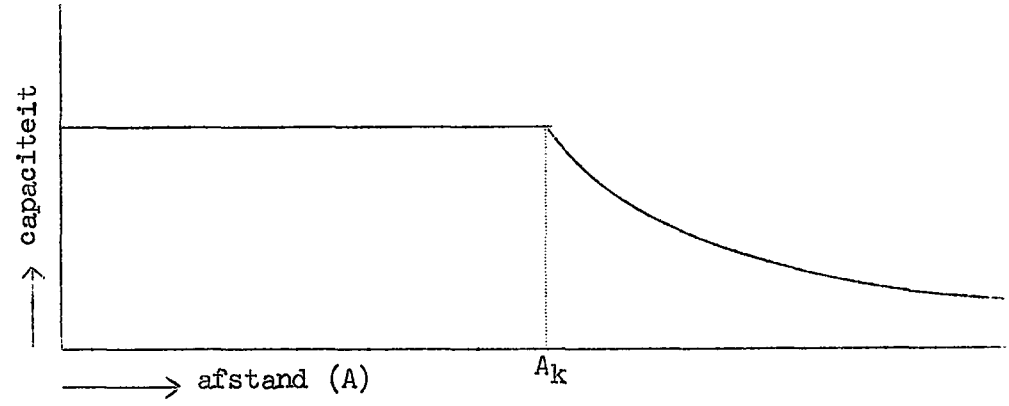
Voor de capaciteit vinden we dan:

$$(A \leqslant A_k) \qquad \text{cap.} = \frac{1}{(1+p)\ R} \tag{4}$$

of:

$$(A \geqslant A_k) \qquad \text{cap.} = \frac{X}{(1+p)(VA+C+qR)} \tag{5}$$

Grafisch uitgebeeld ontstaat bij toename van de afstand een verloop als in figuur 9.



Figuur 9. Verloop van de capaciteit bij toename van de perceelsafstand

3.7. Berekening van de arbeidsbehoefte

Ook bij de berekening van de arbeidsbehoefte moet rekening worden gehouden met de kritische afstand. Evenals bij het berekenen van de capaciteit moet bij afstanden beneden de kritische, de arbeidsbehoefte worden afgeleid van de rooitijd en bij afstanden boven de kritische, van de transporttijd.

De arbeidsbehoefte drukken we uit in manuren per ha, zodat we de werktijd moeten vermenigvuldigen met het totale aantal personen dat bij de methode-combinatie betrokken is. Noemen we het aantal personen voor het rooien Y, dan is het totale aantal (X+Y).

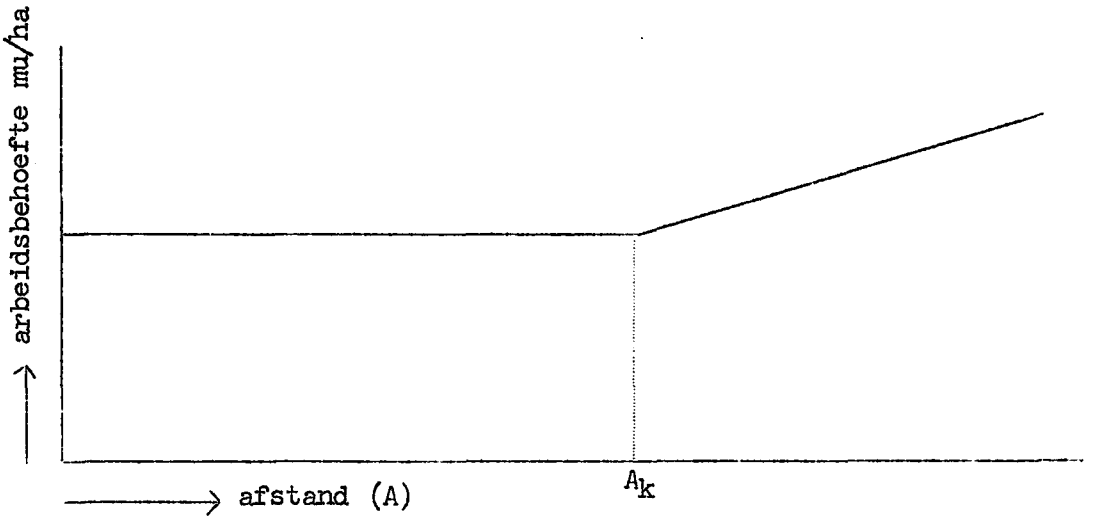
De arbeidsbehoefte kan dan als volgt berekend worden:

$$(A \leqslant A_k);\ \text{mu/ha} = (X+Y)(1+p)R \tag{6}$$

of:

$$(A \geqslant A_k);\ \text{mu/ha} = (X+Y)(1+p)\frac{(VA+C+qR)}{(\ X\ )} \tag{7}$$

In figuur 10 is het verloop van de arbeidsbehoefte grafisch uitgebeeld, bij toename van de afstand. Bij de kritische afstand gaat de horizontale lijn over in een schuin oplopende. Dit betekent dat tot de kritische afstand de arbeidsbehoefte gelijk blijft en boven deze afstand, lineair toeneemt met de toename van de perceelsafstand.

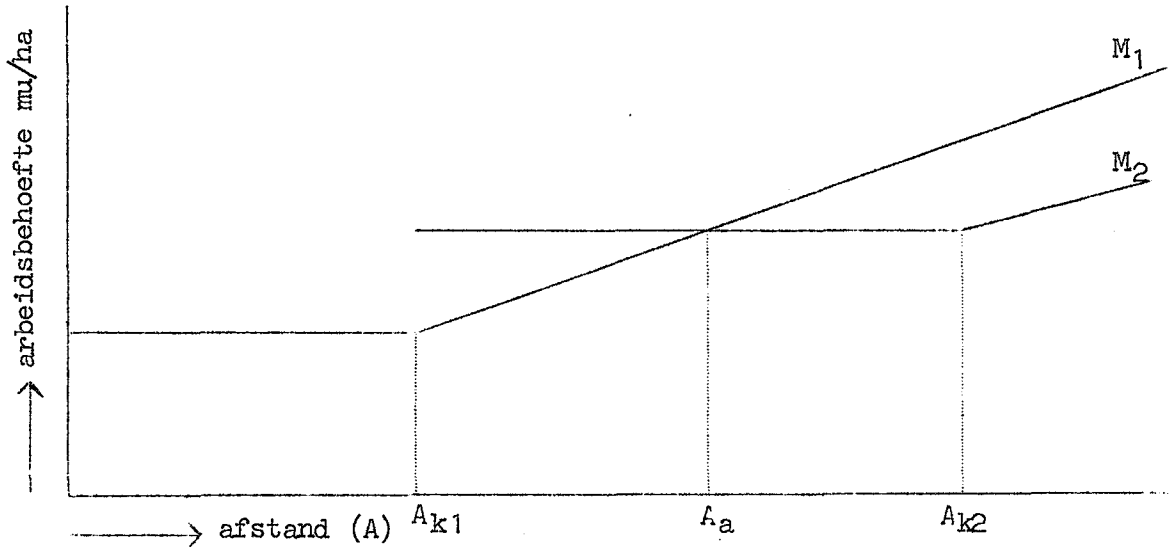


Figuur 10. Verloop van de arbeidsbehoefte bij toename van de perceelsafstand

3.8. Berekening van de afstand waarbij het wenselijk is een man aan het transport toe te voegen

In het voorgaande is reeds betoogd dat voor elke combinatie van rooien en transport een kritische afstand geldt. Ook is duidelijk geworden dat voor afstanden tot en met de kritische afstand zowel de capaciteit als de arbeidsbehoefte constant zijn, terwijl bij toename van de afstand boven de kritische,de capaciteit daalt en de arbeidsbehoefte stijgt. Wanneer het aantal mensen voor transport niet verandert, stijgt voorbij de afstand A_k, de arbeidsbehoefte regelmatig volgens figuur 10.

Wordt bij de kritische afstand het aantal personen voor transport met één uitgebreid, dan komt de arbeidsbehoeftelijn op een hoger niveau te liggen en loopt vervolgens horizontaal tot de bijbehorende kritische afstand om daarna eveneens weer regelmatig te stijgen. Schetsmatig is dit weergegeven in figuur 11. Bij een afstand A_a ontstaat een indifferentiepunt, waarbij de arbeidsbehoefte van de methodecombinatie M_1 juist gelijk is aan die van de methodecombinatie M_2 met een man meer voor transport.



Figuur 11. Verloop van de arbeidsbehoefte van de methodecombinaties M_1 en M_2. Bij een afstand A_a is de arbeidsbehoefte voor beide methodecombinaties gelijk

Boven deze afstand A_a heeft M_2 de laagste arbeidsbehoefte en er beneden M_1. Wordt gestreefd naar de laagste arbeidsbehoefte, dan dient dus voor perceelsafstanden boven de afstand A_a het aantal personen voor transport met één te worden uitgebreid.

Met behulp van de vergelijkingen 6 en 7 kan deze afstand worden berekend. Voor het berekenen van de arbeidsbehoefte voor methodecombinatie M_1 geldt vergelijking 7 omdat $A_a > A_{k1}$.

De arbeidsbehoefte voor M is dus:

$$mu/ha = (X+Y)(1+p)\ \frac{(VA+C+qR)}{X}$$

De arbeidsbehoefte voor M_2 wordt berekend met vergelijking 6 omdat het hier het horizontale deel betreft en dus $A_a < A_{k2}$. De arbeidsbehoefte voor M_2 is:

$$mu/ha = (X'+Y)\ (1+p)\ R$$

Bij M_2 is er een man meer voor transport beschikbaar dan bij M_1, dus $X' = X+1$.

Voor de afstand A_a geldt dan:

$$(X+Y)\ (1+p)\ \left(\frac{VA_a+C+qR}{X}\right) = (X+Y+1)\ (1+p)\ R$$

Hieruit volgt:

$$VA_a+C+qR = \frac{X(X+Y+1)}{X+Y}R$$

$$A_a = \frac{\left(\frac{X^2+XY+X}{X+Y} - q\right)R-C}{V} \qquad (8)$$

Wanneer gestreefd wordt naar de laagste arbeidsbehoefte kan men met (8) de perceelsafstand berekenen waarboven het wenselijk is een man aan het transport toe te voegen. We nemen het reeds meer gebruikte voorbeeld van de tweerijige rooimachine met 5 tons wagen en twee personen voor transport en we vragen ons af bij welke afstand overgegaan moet worden op 3 personen voor transport. Gegeven: R = 3,24

C = 3,04

V = 0,18

X = 2

Y = 1

We vinden voor Aa:

$$A_a = \frac{\left(\frac{4+2+1}{2+1} - 1\right) 3{,}24 - 3{,}04}{0{,}18} = 13{,}11$$

Volgens deze berekening is het uit een oogpunt van arbeidsbehoefte gunstig voor perceelsafstanden boven ca. 1300 m te werken met drie personen voor transport. Beneden deze afstand vraagt de methodecombinatie met twee personen voor transport minder manuren per ha.

De gevonden afstand A_a ligt altijd tussen de beide kritische afstanden A_{k1} en A_{k2} in en wel zo dat $A_{k1} < A_a < A_{k2}$. Het bewijs hiervoor kan als volgt worden geleverd.

Stel dat $A_{k1} < A_a < A_{k2}$, dan geldt ook:

$$\frac{(X-q)\ R-C}{V} < \frac{\left(\frac{X^2+XY+X}{X+Y} - q\right) R-C}{V} < \frac{(X+1-q)\ R-C}{V}$$

Hieruit volgt:

$$X < \frac{X^2+XY+X}{X+Y} < X+1$$

omdat X = 1,2, en ook Y = 1,2,

is:

$$X^2+XY < X^2+XY+X < X^2+XY+X+Y$$

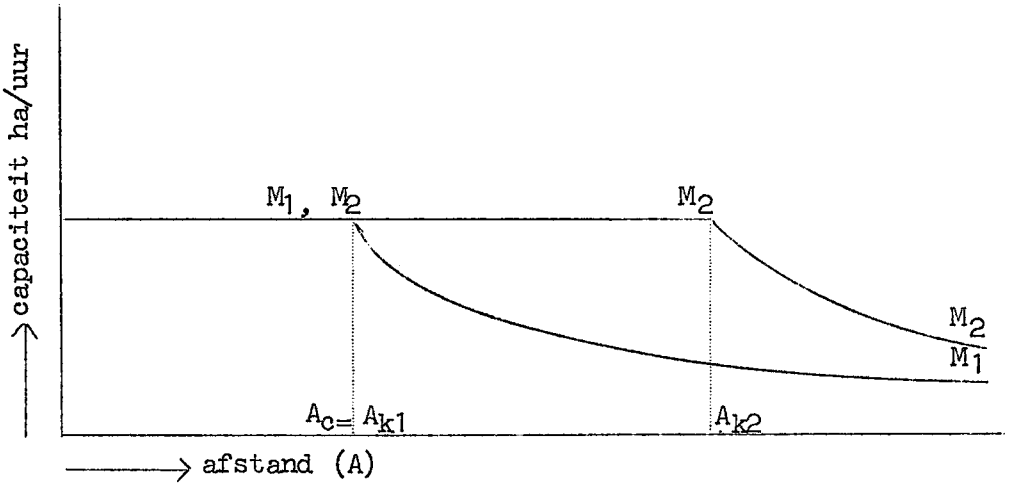
en $0 < X < X+Y$

Omdat X en Y positieve natuurlijke getallen zijn is de laatste ongelijkheid juist en geldt, terugredenerend voor alle gevallen dat

$$A_{k1} < A_a < A_{k2}.$$

Het is ook mogelijk dat niet de arbeidsbehoefte maar de capaciteit bepalend is voor het moment waarop het aantal transportpersonen moet worden uitgebreid. We moeten dan de afstand opsporen waarbij de capaciteiten in beide gevallen gelijk zijn.

In figuur 12 is het verloop weergegeven van de capaciteiten van de methode-combinaties M_1 en M_2, waarbij in het geval M_2 één man meer aan het transport deelneemt dan in geval M_1. Het is vrij gemakkelijk in te zien dat het voor afstanden tussen 0 en A_{k1} weinig zin heeft het aantal transportpersonen uit te breiden. Blijft ook boven de afstand A_{k1} het aantal personen gelijk, dan verloopt de capaciteit volgens het kromme deel van de curve M_1. Wordt het aantal personen bij het transport met één uitgebreid, dan ligt ook voor afstanden tussen A_{k1} en A_{k2} de capaciteit op het oorspronkelijke niveau. Voorbij de afstand A_{k2} daalt de capaciteit weer, en wel volgens het kromme deel van de curve M_2.



Figuur 12. Verloop van de capaciteit voor de methode-combinaties M_1 en M_2. Over het traject van afstanden tussen 0 en A_{k1} is de capaciteit voor beide gevallen gelijk.

Over het traject van 0 tot A_{k1} valt de capaciteit voor beide methoden samen. Boven de afstand A_{k1} is de capaciteit voor de methode-combinatie M_2 het grootst.

De afstand A_{k1} kan dus het punt zijn waarboven het uit oogpunt van capaciteit wenselijk is, een man aan het transport toe te voegen. Dit blijkt ook door toepassing van de vergelijkingen 4 en 5. Immers voor afstanden A_{k1} geldt voor M_1 vergelijking 5. Dus:

$$\text{cap. } M_1 = \frac{X}{(1+p)\ (VA+C+qR)} .$$

Tot de afstand A_{k2} geldt voor M_2 vergelijking 4, zodat:

$$\text{cap. } M_2 = \frac{1}{(1+p)\ R} .$$

Door gelijkstelling vinden we de afstand A_c waarvoor de capaciteit in beide gevallen gelijk is.

$$\frac{X}{(1+p)\ (VA1+C+qR)} = \frac{1}{(1+p)\ R}\ .$$

Hieruit volgt:

$$XR = VA_c+C+qR$$

verder:

$$A_c = \frac{(X-q)\ R-C}{V} = A_{k1}$$

We vinden dus, $A_c = A_{k1}$, hetgeen we uit figuur 12 reeds hadden gelezen.

Samenvattend volgt uit het voorgaande, dat de afstand waarbij het aantal personen voor transport met één dient te worden uitgebreid, bepaald kan worden door de eis van de laagste arbeidsbehoefte of door die van de hoogste capaciteit. In geval de arbeidsbehoefte bepalend is geldt:

$$A_a = \frac{\left(\frac{X^2+XY+X}{X+Y} - q\right) R-C}{V} \qquad (8)$$

In geval de capaciteit bepalend is geldt:

$$A_c = A_k = \frac{(X-q)\ R-C}{V} \qquad (2)$$

3.9. Bijzondere gevallen

In deze paragraaf zullen enkele afwijkende gevallen ter sprake komen waarin het voorgaande niet direct voorziet.

In de eerste plaats heeft dit betrekking op die gevallen waarbij rooien en transport niet tegelijkertijd, maar afwisselend na elkaar worden uitgevoerd. We kennen hiervan twee gevallen nl. de eenmansmethode bij de rooier met verzamelbak en de tweemansmethode bij de rooiers met naastrijdende wagen, zowel één- als tweerijige. Voor beide gevallen kan, voor alle afstanden de netto werktijd worden bepaald met behulp van vergelijking (1). Steeds is de netto werktijd gelijk aan T, met dien verstande dat voor de eenmansmethode met verzamelbak geldt: X = q = 1, terwijl onder C de omkoppeltijden moeten worden opgenomen, die nodig zijn voor het verwisselen van de trekker vanaf de rooimachine voor de wagen en omgekeerd. Op analoge wijze kan te werk worden gegaan bij de tweemansmethode bij de rooimachines met naastrijdende wagen. In dit geval is X = q = 2, terwijl eveneens onder C de omkoppeltijden moeten worden opgenomen. Bij de laatste methode is er echter nog een complicatie en wel het feit dat er wachttijden op kunnen treden

bij de losplaats omdat beide personen daar vrijwel tegelijk aankomen. Op dit moment is er nog te weinig bekend omtrent de organisatie bij de losplaats, zodat op deze methode-variant niet verder zal worden ingegaan.

Ook voor het berekenen van de capaciteit en de arbeidsbehoefte kan vorenstaande worden toegepast. Voor het berekenen van de arbeidsbehoefte geldt dan bovendien Y = 0.

In de tweede plaats kan het voorkomen dat de man die het rooien uitvoert, tijdelijk bijspringt bij het transport. Dit komt alleen voor bij afstanden boven de kritische afstand, omdat deze werkwijze wachttijden voor de rooimachine veronderstelt. In normale gevallen geldt dan vergelijking (1).

Ook in dit geval kan deze vergelijking worden toegepast, met dien verstande dat de waarden voor X en q één hoger genomen worden dan normaal het geval is, terwijl Y = 0. Onder C dienen, evenals in de vorige gevallen de omkoppeltijden te worden opgenomen. Op deze wijze kan voor alle afstanden boven de kritische, de netto werktijd, capaciteit en arbeidsbehoefte worden bepaald.

Wordt deze werkwijze consequent toegepast dan verschuift uiteraard de afstand waarbij het wenselijk is een man aan het transport toe te voegen; dit is dan pas bij een grotere afstand het geval. Met behulp van de vergelijkingen 6 en 7 kan ook nu deze afstand worden bepaald. In het voorgaande is reeds gezegd dat de waarden voor X en q één hoger worden genomen, terwijl Y = 0. Door gelijkstelling volgt dan voor A'_a:

$$(X+2)\ (1+p)\ R = (X+1)\ (1+p)\ \left(\frac{VA'_a+C'+(q+1)R}{X+1}\right) .$$

Hierin is C' = C + omkoppeltijd en eventuele wachttijd. We vinden door herleiding:

$$A'_a = \frac{(X+1-q)\ R-C'}{V} .$$

In paragraaf 3.8. vonden we voor A_{k2} (zie figuur 9):

$$A_{k2} = \frac{(X+1-q)\ R-C}{V} .$$

Deze vorm is identiek aan die voor A'_a, behoudens het verschil tussen C en C'. De afstand waarbij uit hoofde van arbeidsbehoefte het aantal mensen voor transport met een uitgebreid dient te worden, ligt dus iets beneden de kritische afstand A_{k2}.

De afstanden waarbij een man aan het transport moet worden toegevoegd, zijn dan resp. uit hoofde van arbeidsbehoefte, bijna A_{k2} en uit hoofde van capaciteit, A_{k1}.

4. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

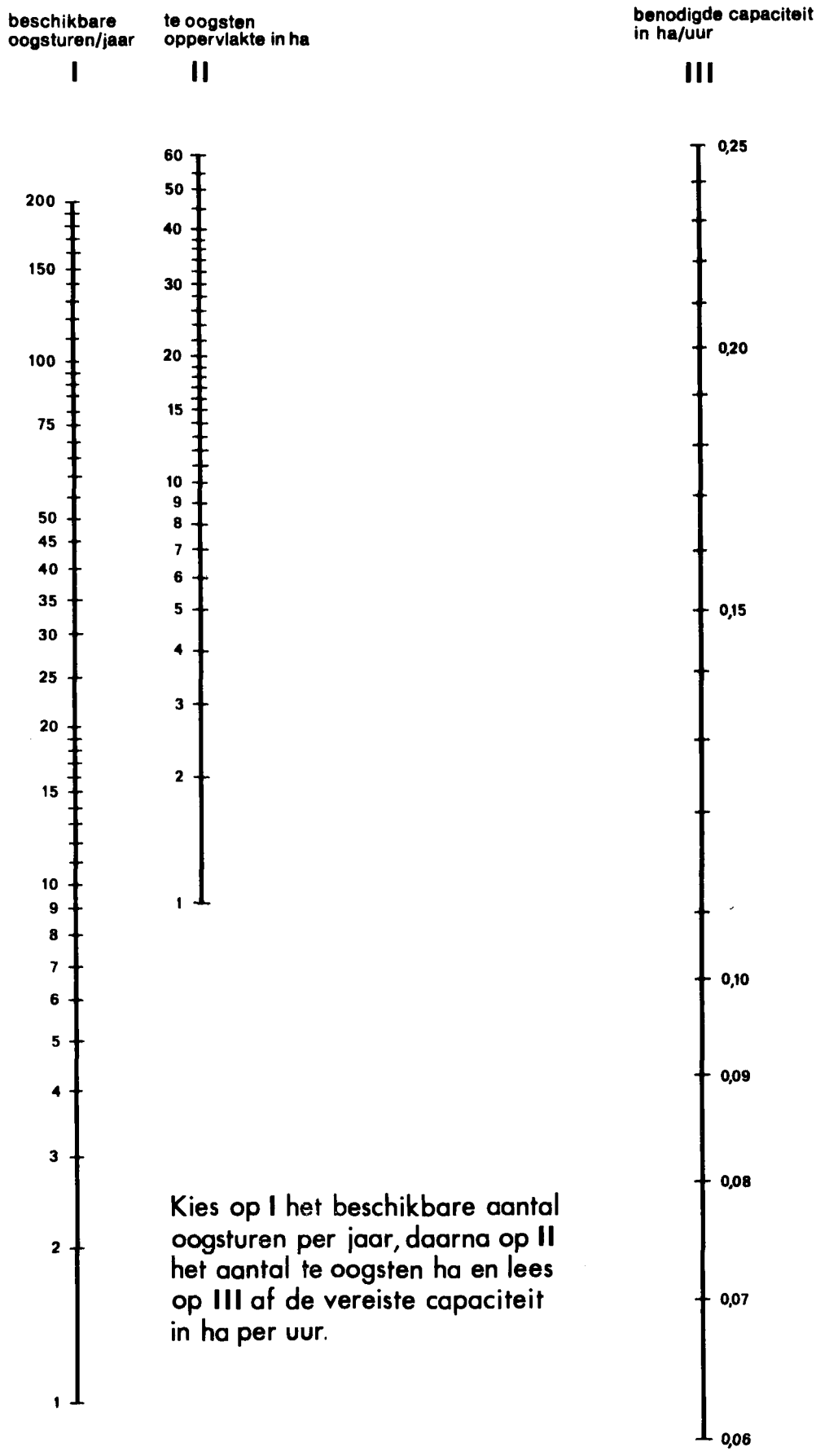
4.1. Inleiding

In de vorige hoofdstukken is een methode ontwikkeld waarmee voor verschillende situaties de capaciteit, de arbeidsbehoefte van de oogstwerkzaamheden, berekend kunnen worden. De wijze waarop men het materiaal in dit rapport dient te hanteren, hangt van de doelstelling af. Wanneer men voor een gegeven situatie de capaciteit of de arbeidsbehoefte wil berekenen, is dit op eenvoudige wijze uit te voeren. Ook de invloed van bepaalde wijzigingen is na te gaan door enkele situaties met elkaar te vergelijken. Het probleem is gecompliceerder als niet kan worden uitgegaan van een bestaande situatie, maar moet worden gekozen uit de verschillende rooi- en transportmethoden en de combinaties daarvan. Men zal dan een beslissing moeten nemen aan de hand van bepaalde criteria. Dit kunnen zijn de capaciteit, de arbeidsorganisatie (aantal personen en arbeidsbehoefte) en de kosten (zie bijlage). Het is in zijn algemeenheid niet te zeggen wat het belangrijkste is, omdat dit van bedrijf tot bedrijf sterk kan verschillen. Men kan hierbij als volgt te werk gaan. Eerst wordt de capaciteitseis berekend aan de hand van de te rooien oppervlakte en de seizoenlengte. Daarna wordt vastgesteld welke rooimethoden aan deze eis voldoen, waarbij tevens het aantal personen waarover men beschikken kan in de beschouwing wordt betrokken. Indien het arbeidsaanbod geen beperkende factor vormt, kan de keus uit deze overblijvende methoden worden gemaakt op grond van de kosten. Het kan ook zijn dat de arbeidsbehoefte de doorslaggevende factor is en dat de kosten pas in laatste instantie in de beschouwing worden betrokken.

In dit hoofdstuk zal op de praktische toepassing van een en ander nader worden ingegaan. Het is echter niet mogelijk om in dit rapport alle mogelijke situaties uitputtend te behandelen. Dit hoofdstuk is dan ook meer bedoeld als illustratie van wat met dit materiaal kan worden gedaan en hoe het kan worden gehanteerd.

In de eerste plaats is het mogelijk om voor een gegeven combinatie van rooien en transport de capaciteit en de arbeidsbehoefte te berekenen bij verschillende perceelsafstanden. Deze gegevens kunnen dienen voor het maken van arbeidsbegrotingen en het uitvoeren van planningen. Verder kan worden nagegaan hoe bij een gegeven rooimethode de capaciteit en de arbeidsbehoefte kunnen worden beïnvloed door wijzigingen aan te brengen bij het transport. Ook is het mogelijk om verschillende oogstmethoden met elkaar te vergelijken, om daardoor een juiste keus te maken uit de verschillende mogelijkheden. Tenslotte kan ook de afstand worden berekend, waarbij het wenselijk is op een andere werkmethode over te gaan. We zullen trachten aan de

Nomogram 2: Bepaling van de benodigde machinecapaciteit in ha per uur



hand van enkele voorbeelden de verschillende aspecten nader te belichten. Eerst zal echter nog worden ingegaan op de manier waarop de capaciteitseis wordt vastgesteld.

4.2. Eisen t.a.v. de capaciteit

Om uit een aantal alternatieven een keus te kunnen maken, zal eerst moeten worden vastgesteld welke capaciteit per uur vereist is. Deze vereiste capaciteit hangt af van de oppervlakte aardappelen die moet worden gerooid en van de tijd die hiervoor beschikbaar is. Dit laatste hangt weer nauw samen met het feit of men pootaardappelen, consumptie-aardappelen of fabrieksaardappelen verbouwt. Tevens wordt het aantal werkbare uren sterk bepaald door de grondsoort. De vaststelling van het aantal werkbare uren kan plaatsvinden op grond van ervaring, of zijn gebaseerd op onderzoek.[1)]

Het is duidelijk dat de kans bestaat dat het veronderstelde aantal werkbare uren in bepaalde jaren niet aanwezig is. Een oogstmethode die minder aanspraak maakt op het aantal werkbare uren verdient dan ook uit een oogpunt van risico de voorkeur. Wanneer bijv. op grond van arbeidsorganisatie en kosten geen verschil bestaat tussen twee methoden, zou men de methode waarbij de oogst zo snel mogelijk plaatsvindt, kunnen kiezen.

De capaciteitseis is af te lezen uit nomogram 2, bij variaties in seizoenlengte en te oogsten oppervlakte. Het is ook mogelijk om, uitgaande van een bepaalde seizoenlengte en capaciteit, de te bewerken oppervlakte per seizoen af te leiden.

4.3. Beïnvloeding van de capaciteit

Bij een bepaalde combinatie van rooien en transport blijft de capaciteit tot de kritische afstand op hetzelfde niveau, om vervolgens bij grotere afstanden te dalen.

Bij een gegeven rooimethode is de kritische afstand en daarmee ook de capaciteit te beïnvloeden door wijzigingen aan te brengen bij het transport. Dit is mogelijk door bijv. per transport een grotere hoeveelheid produkt te vervoeren. Verder kunnen bij de losplaats voorzieningen worden getroffen waardoor het lossen sneller plaatsvindt. Ook is het mogelijk het aantal personen dat het transport verzorgt met één man uit te breiden.

Opgemerkt dient te worden dat het niet altijd gewenst is te streven naar een volledige benutting van de capaciteit van de rooimachine. Het accepteren van een bepaald capaciteitsverlies kan soms voordeliger zijn dan het volledig benutten van de rooicapaciteit door dure voorzieningen.

[1)] Zie ILR-rapporten nr. 31, 41, 47 en 81 van ir. H.G. de Wiljes

De hoeveelheid produkt per transport

De hoeveelheid produkt die per transport vervoerd wordt is te beïnvloeden door:

- de hoeveelheid per wagen,
- het aantal wagens per transport.

De hoeveelheid produkt per wagen hangt nog weer af van het al of niet volledig beladen van een wagen en van het volume.

Wanneer wordt gewerkt met een naastrijdende wagen kan het verwisselen van de wagens plaatsvinden op de wendakker, maar ook op een willekeurige plaats op het perceel. In hoofdstuk 2 is reeds uiteengezet dat in het tweede geval de wagen geheel gevuld wordt en dat dit bij wisselen op de wendakkers meestal niet het geval is. Als voorbeeld gaan we uit van de tweerijige rooimachine, een wageninhoud van 3-4 ton, een transportsnelheid van 10 km per uur en een lossnelheid van 400 kg per minuut. Het gehele werk wordt uitgevoerd door drie personen, dus 1 man rooien, 1 man naastrijden en 1 man tussenrijden. In figuur 14 is het capaciteitsverloop weergegeven voor beide systemen van wisselen en voor opbrengsten van 30 en 45 ton per ha. Bij de opbrengst van 45 ton per ha is het tot een afstand van ongeveer 2000 m voordeliger om de wagens te verwisselen op de wendakker. Bij grotere afstanden ligt de capaciteit iets hoger als de wagens geheel worden gevuld. Door het volledig vullen van de wagens treedt een besparing op, doordat minder transporten behoeven te worden verricht. Er kan echter extra tijd nodig zijn voor transport over het perceel. Wanneer bij het wisselen op de wendakker dit zowel op de voorste als op de achterste wendakker plaatsvindt, moet het transport gemiddeld ook over de halve perceelslengte plaatsvinden, evenals bij willekeurig wisselen. Als alleen op de voorste wendakker wordt gewisseld, is er minder transport over het perceel dan bij wisselen bij volle wagens. Dit laatste geval doet zich in figuur 14 voor bij de opbrengst van 45 ton. Het wisselen gebeurt hier op de voorste wendakker. Wisselen bij volle wagens geeft in dit geval dus extra transporttijd over het perceel. Bij perceelsafstanden tot 2000 m weegt de besparing door beperking van het aantal transporten niet op tegen het extra transport over het perceel.

Bij de opbrengst van 30 ton worden de wagens zowel voor als achter op het perceel gewisseld. Geheel vullen van de wagens doet in dit geval het transport over het perceel niet toenemen. We zien hier dan ook een groter effect op de capaciteit door het volledig vullen van de wagens. Bij perceelsafstanden beneden 600 m heeft ook hier het geheel vullen van de wagens geen betekenis t.a.v. de capaciteit, omdat deze afstanden beneden de kritische afstand liggen. Besparing op transporttijd geeft hier geen capaci-

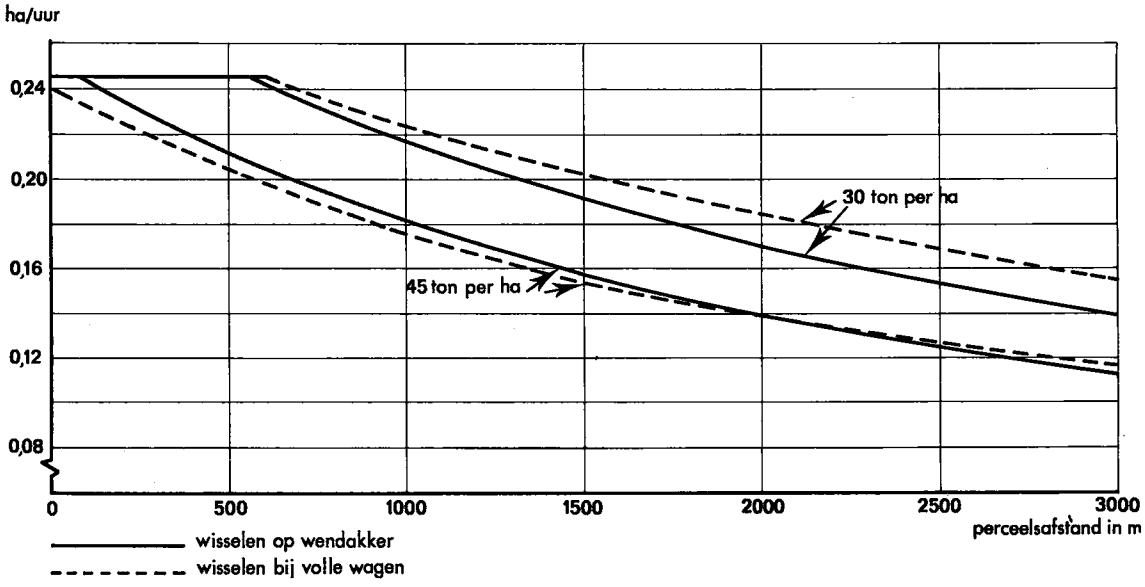


Fig. 14 Capaciteitsverloop van de tweerijige rooimachine bij het verwisselen van geheel gevulde wagens op willekeurige plaatsen op het perceel.

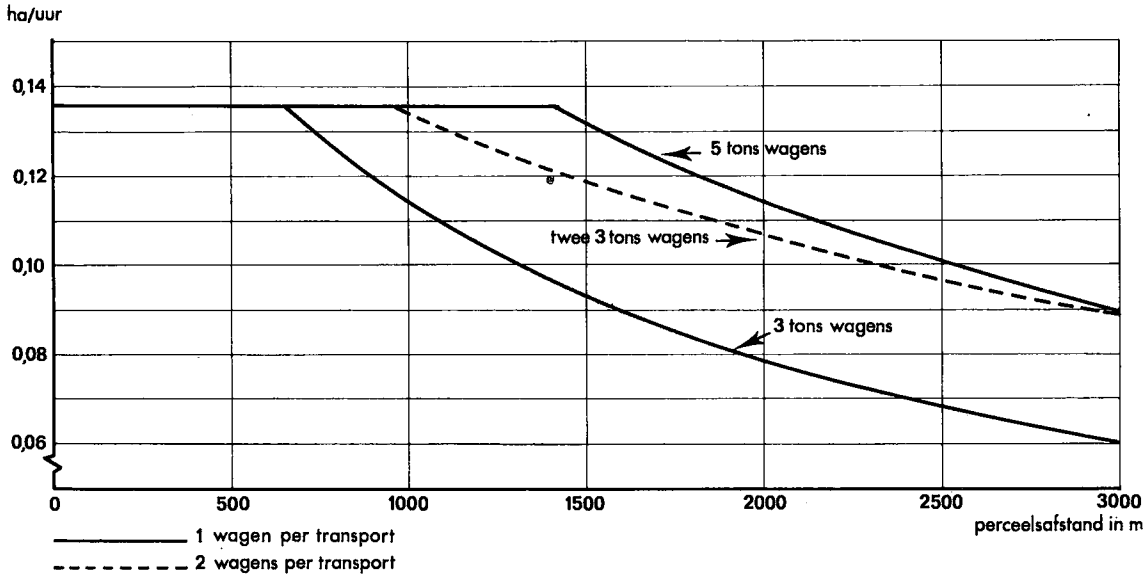


Fig. 15 Capaciteitsverloop van de eenrijige rooimachine met verzamelbak bij variaties in wageninhoud en aantal wagens per transport.

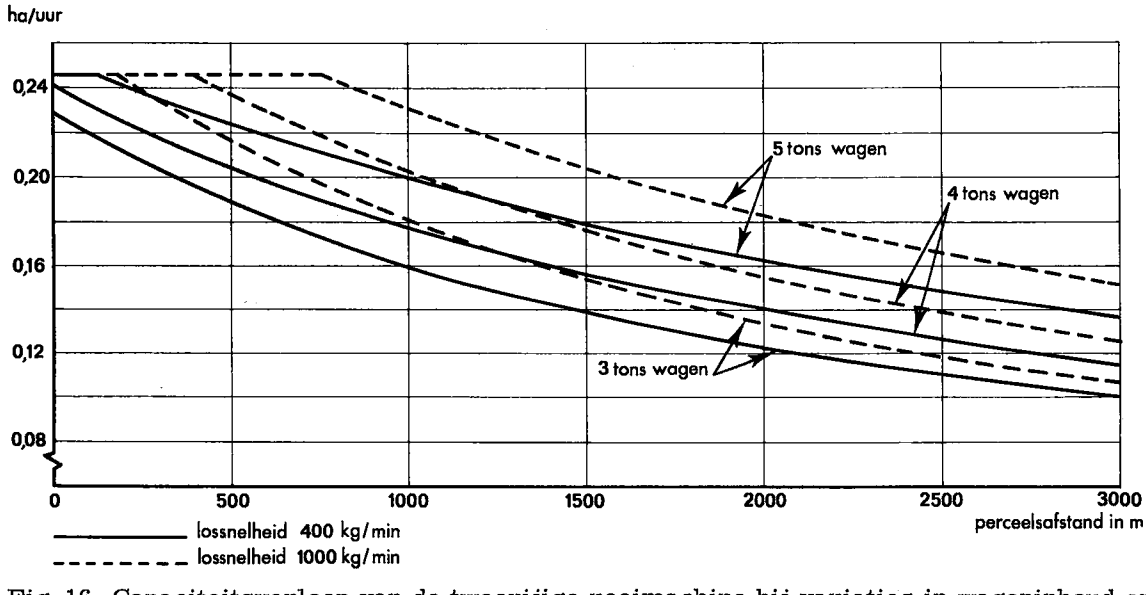


Fig. 16 Capaciteitsverloop van de tweerijige rooimachine bij variaties in wageninhoud en lossnelheid.

teitswinst, maar slechts grotere wachttijden voor de transportman (zie ook onder 3.5.).

De invloed van de plaats van wisselen hangt ook af van de mate waarin de wagen is gevuld bij wisselen op de wendakkers. Bij het voorbeeld in figuur 14 en de opbrengst van 45 ton per ha is de wagen bij wisselen op de wendakker voor 93 % gevuld. De opbrengst per rij kan echter zodanig zijn dat de wagen bijv. voor slechts 80 % gevuld is. Het effect van het geheel vullen van de wagen is dan aanmerkelijk groter.

Voor het vaststellen van de afstand waarbij van wisselen op de wendakker moet worden overgegaan op wisselen bij een gevulde wagen, is het niet noodzakelijk dat van beide methoden het gehele capaciteitsverloop grafisch wordt weergegeven. De gevraagde afstand kan worden berekend m.b.v. formule 3.

Als voorbeeld de situatie in figuur 14 bij een opbrengst van 45 ton.

Gegeven: wisselen op wendakker $V_1 = 0{,}26$

$C_1 = 3{,}04$

wisselen bij gevulde wagen $V_2 = 0{,}24$

$C_2 = 3{,}43$

Gevraagd: afstand waarboven de tweede methode de voorkeur verdient.

Oplossing: $\frac{3{,}43-3{,}04}{0{,}26-0{,}24} = \frac{0{,}39}{0{,}02} = 1950$ m.

De voorwaarden waaraan moet worden voldaan om een dergelijke afstand te vinden zijn genoemd onder 3.5. Om praktische betekenis te hebben moet de gevonden afstand groter zijn dan de kritische afstand.

De hoeveelheid produkt die per keer vervoerd wordt kunnen we ook beinvloeden door met grotere wagens te werken of door meer wagens achter elkaar te koppelen.

In het laatste geval moet in de waarde van C de tijd voor dit koppelen worden opgenomen (zie hiervoor ook hfdst. 2). Ook in dit geval kan op de hierboven omschreven wijze worden berekend tot welke afstand één wagen per transport gebruikt dient te worden en wanneer moet worden overgegaan op het achter elkaar koppelen van twee wagens. Ook kan dit worden vergeleken met het gebruik van een grotere wagen. Als voorbeeld gaan we uit van een opbrengst van 45 ton per ha terwijl gerooid wordt met een eenrijige machine met verzamelbak door twee man, dus 1 man rooit en 1 man verzorgt het transport. We zullen nu de volgende alternatieven met elkaar vergelijken:

1. Transport met 3 tons wagens, 1 wagen per keer, totaal benodigd 3 wagens.
2. Transport met 3 tons wagens, 2 wagens per keer, totaal benodigd 4 wagens.
3. Transport met 5 tons wagens, 1 wagen per keer, totaal benodigd 3 wagens.

Door het achter elkaar koppelen van twee wagens wordt het aantal transporten gehalveerd. Daardoor wordt ook de waarde van V tot de helft teruggebracht. De waarde van C zal stijgen, doordat het achter elkaar koppelen van twee wagens extra tijd vraagt. Bovendien moeten de wagens bij de losplaats weer ontkoppeld en na het lossen weer gekoppeld worden. Dit laatste is uiteraard niet nodig wanneer voorzieningen zijn getroffen waardoor het mogelijk is meer dan één wagen gelijktijdig te lossen.[1] In ons voorbeeld gaan we er vanuit dat dit niet het geval is en we veronderstellen dat door het koppelen en ontkoppelen per transport in totaal 5 minuten meer tijd nodig is voor bijkomend werk. In figuur 15 is het capaciteitsverloop voor deze drie transportmethoden weergegeven.

Uit deze figuur blijkt dat bij transport met een 3 tons wagen de kritische afstand slechts ruim 600 m bedraagt. Wanneer twee 3 tons wagens achter elkaar worden gekoppeld neemt de kritische afstand toe tot bijna 1000 m. Het grootste effect wordt echter bereikt door het gebruik van de 5 tons wagen, waarbij de kritische afstand ruim 1400 m is. Bij toenemende perceelsafstanden zien we echter dat het gebruik van twee 3 tons wagens steeds aantrekkelijker wordt. Bij een afstand van 3000 m is er nauwelijks verschil tussen beide methoden. Het punt waar beide lijnen elkaar snijden kunnen we weer berekenen met formule 3.

Gegeven: een 5 tons wagen per transport $C_1 = 3{,}29$, $V_1 = 0{,}20$

twee 3 tons wagens per transport $C_2 = 4{,}58$, $V_2 = 0{,}16$

Gevraagd: Bij welke perceelsafstand moet worden overgegaan op twee wagens per transport?

lossing: $\frac{4{,}58-3{,}29}{0{,}20-0{,}16} = 3225$ m.

Boven deze afstand verdient dus het gebruik van twee gekoppelde 3 tons wagens de voorkeur boven één 5 tons wagen. Welke keus men maakt wordt natuurlijk ook beïnvloed door het overige bedrijfsgebeuren, met name door het aantal en het type wagens dat voor de graan- en bietenoogst is gewenst.

---

[1] Zie artikel in Landbouwmechanisatie, april 1967 van C.E.M. de Vries

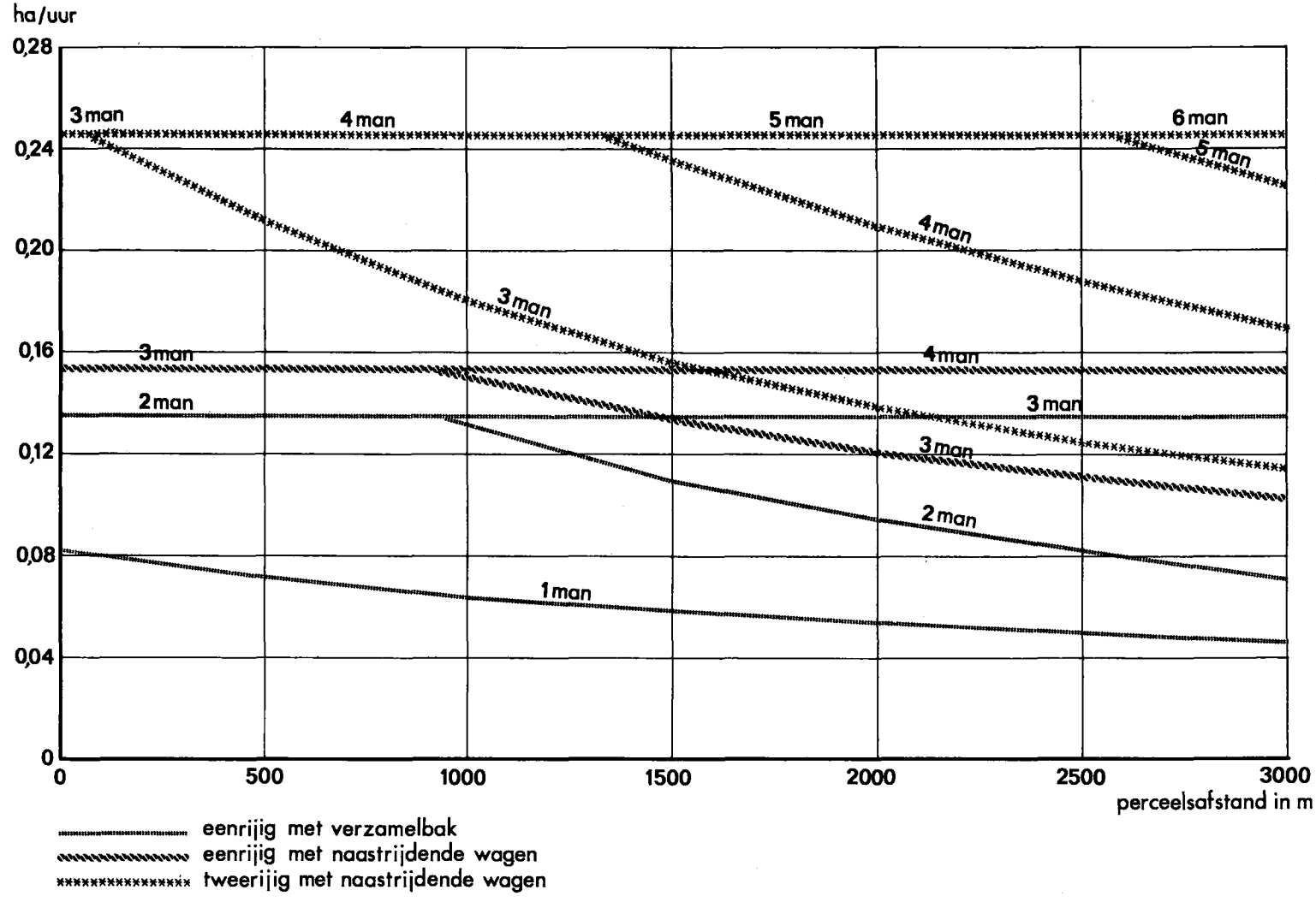


Fig. 17 Capaciteitsverloop voor drie rooimachines bij variaties van het aantal personen. Opbrengst 45 ton per ha.

De lossnelheid

In beide vorige voorbeelden hebben we overwogen de transporttijd terug te brengen door per transport meer produkt te vervoeren. We zouden ook kunnen overwegen de wagens sneller te lossen, door bijv. een transporteur met een grotere capaciteit te nemen. We zullen nu een voorbeeld uitwerken waarbij de invloed van de wageninhoud en de lossnelheid met elkaar worden vergeleken. We gaan weer uit van de opbrengst van 45 ton en de tweerijige rooimachine. Rooien en transport worden door drie man uitgevoerd. Er is verondersteld dat de wagens geheel gevuld worden en het wisselen dus op een willekeurige plaats op het perceel plaatsvindt. Hierdoor kan nl. de invloed van wageninhoud en lossnelheid beter worden nagegaan, omdat de vergelijking steeds betrekking heeft op volledig gevulde wagens. In figuur 16 is het capaciteitsverloop gegeven voor de drie wageninhouden en twee lossnelheden.

In de eerste plaats blijkt dat bij de tweerijige machine hoge eisen worden gesteld aan het transport. Volledige benutting van de rooimachine is bij de 3 en de 4 tons wagen en de lage lossnelheid niet mogelijk en in de overige gevallen slechts over een betrekkelijk klein traject.

Wanneer we de invloed nagaan die wageninhoud en lossnelheid hebben op de capaciteit, dan blijkt dat bij kleine perceelsafstanden de lossnelheid van groter belang is, terwijl bij grote perceelsafstanden de invloed van de wageninhoud groter is. Ook wanneer de wageninhoud en de lossnelheid een procentueel gelijke stijging zouden ondergaan is dit het geval.

In figuur 16 zien we eveneens snijpunten van lijnen. De afstanden waarbij dit plaatsvindt kunnen weer worden berekend met behulp van formule 3.

Het aantal personen voor transport

Uit capaciteitsoverwegingen moet bij het overschrijden van de kritische afstand het aantal transportpersonen met een man worden uitgebreid, althans indien men de eis stelt dat de rooicapaciteit volledig moet worden benut. In het begin van dit hoofdstuk is al gesteld dat dit niet altijd het geval behoeft te zijn.

In figuur 17 is het capaciteitsverloop weergegeven voor een drietal rooimethoden, bij een opbrengst van 45 ton per ha.

In alle gevallen is uitgegaan van 3-4 tons wagens, die worden gelost met een snelheid van 400 kg per minuut. In de figuren is het totale aantal personen voor rooien en transport vermeld.

Wanneer op deze wijze het capaciteitsverloop wordt weergegeven,kan worden vastgesteld in hoeverre de methoden aan de capaciteitseis voldoen. Ook kan worden nagegaan wat de invloed is wanneer het aantal beschikbare personen zou worden uitgebreid, bijv. door samenwerking en of dit laatste uit capaciteitsoverwegingen ook voordelen biedt. Als voorbeeld het volgende.

Op een tweemansbedrijf wil men een keus maken tussen individueel gebruik van een eenrijige machine met verzamelbak en samenwerking met een ander bedrijf met eveneens twee man en een tweerijige rooimachine. Op beide bedrijven wordt dezelfde oppervlakte aardappelen verbouwd. Samenwerking is nu uit capaciteitsoverwegingen pas zinvol wanneer bij gebruik van de tweerijige machine de capaciteit meer dan verdubbeld wordt. Uit figuur 17 blijkt dat dit bij perceelsafstanden beneden 1000 m niet het geval is en dat ook bij afstanden boven 1000 m dit voordeel slechts klein is. Uit capaciteitsoverwegingen hoeft men dus in dit geval niet tot samenwerking over te gaan. Of men hiertoe toch zal overgaan hangt af van andere factoren, bijv. de kosten en de arbeidsbehoefte.

In deze figuur is verder te zien dat bij bepaalde perceelsafstanden tussen de verschillende methoden bij eenzelfde aantal personen nauwelijks verschil in capaciteit aanwezig is. Wanneer men over drie personen kan beschikken zien we dat bij perceelsafstanden van ongeveer 2000 m de capaciteit van de eenrijige machine met verzamelbak even hoog is als die van de tweerijige rooimachine en dat bij grotere afstanden de capaciteit van de tweerijige machine zelfs lager is. Een dergelijk snijpunt zien we ook bij 1500 m voor de beide eenrijige machines. In de praktijk wordt bij de aanschaf van een rooimachine hiermee dikwijls te weinig rekening gehouden.

Bij de machine met verzamelbak wordt boven 1000 m het verschil tussen de een- en tweemansmethode steeds kleiner. Dit komt omdat bij de tweemansmethode de wachttijd voor de "rooiman" een steeds grotere rol gaat spelen.

De eenmansmethode is uit een oogpunt van prestatie per man aantrekkelijk. Wanneer deze methode echter tijdens de gehele oogstperiode wordt toegepast is de benutting van de machine slechts gering. De eenmansmethode moet worden gezien als een zeer aantrekkelijke variant op de tweemansmethode met verzamelbak en wel in die gevallen waarbij tijdelijk een man vrij moet komen voor ander werk.

Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat de invloed van uitbreiding van het aantal personen met één man op de kritische afstand aanmerkelijk groter is dan die van vergroting van de wageninhoud of verhoging van de lossnelheid.

4.4. Beïnvloeding van de arbeidsbehoefte

Op de invloed van wageninhoud, lossnelheid en plaats van verwisselen van de wagens wordt in deze paragraaf niet ingegaan, omdat hiervoor kan worden verwezen naar hetgeen hierover t.a.v. de capaciteit is opgemerkt. Evenals de capaciteit blijft nl. de arbeidsbehoefte tot de kritische afstand op hetzelfde niveau en is de rooitijd bepalend voor de hoogte van de arbeidsbehoefte. Bij perceelsafstanden boven de kritische afstand bepaalt de transporttijd de arbeidsbehoefte en deze neemt evenredig toe met de perceelsafstand. In dit gedeelte wordt ingegaan op de invloed van het aantal personen bij de verschillende oogstmethoden. In figuur 18 is de arbeidsbehoefte weergegeven voor dezelfde gevallen als in figuur 17.

We zagen dat bij het overschrijden van de kritische afstand uit capaciteitsoverwegingen een extra man voor het transport moet worden toegevoegd. Ten aanzien van de arbeidsbehoefte is dit echter nog niet het geval. In figuur 18 zien we dat de kritische afstand bij de rooimethode: eenrijige rooier met naastrijdende wagen en drie personen, ongeveer 900 m is. Bij overschrijding van dit punt moet om de capaciteit te handhaven een man worden toegevoegd. De lijn van de methode met drie man snijdt echter die van de methode met vier man pas bij een afstand van 2300 m. Voorbij dit punt levert de vierde man ook uit een oogpunt van arbeidsbehoefte voordeel op. De afstand waarbij de vierde man moet worden ingezet hangt af van het feit of men de capaciteit dan wel de arbeidsbehoefte het zwaarst wil laten wegen.

De afstand waarbij ook met het oog op de arbeidsbehoefte een man moet worden toegevoegd, kan worden berekend met formule (8). Als voorbeeld zullen we genoemde afstand van 2300 m berekenen.

Gegeven : R = 5,41
C = 3,04
V = 0,26
X = 2
Y = 1
q = 1

Gevraagd : Afstand waarbij uit hoofde van arbeidsbehoefte een man aan het transport moet worden toegevoegd.

Oplossing: $A_a = \dfrac{\left(\frac{4+2+2}{2+1} - 1\right) 5,41-3,04}{0,26} = 23,04$

De gevraagde afstand is dus 2304 m.

Figuur 18 laat verder zien hoe de arbeidsbehoefte van de verschillende rooimethoden t.o.v. elkaar verloopt. De arbeidsbehoefte ligt bij de eenrijige machine met verzamelbak belangrijk lager dan bij die met naastrijdende wagen, behalve in enkele uitzonderingsgevallen. Ook de arbeidsbehoefte van de tweerijige machine ligt beneden die van de eenrijige met naastrijdende wagen, maar in sommige gevallen boven die van de machine met verzamelbak.

De methode waarbij zowel het rooien als het transport door dezelfde man wordt uitgevoerd (met verzamelbak) blijkt in de meeste gevallen tot de laagste arbeidsbehoefte te leiden. Dit is een gevolg van het feit dat bij dit systeem nooit sprake is van wachttijden voor de man. Uiteraard wel voor de machine. Bij de methoden waarbij rooien en transport gelijktijdig door twee of meer personen worden uitgevoerd treedt beneden de kritische afstand wachttijd op bij het transport en daarboven bij het rooien. Bij de kritische afstand zijn rooien en transport precies in evenwicht (R = T) en komt geen wachttijd voor.

Bij de tweemansmethode met verzamelbak is dit het geval bij 950 m (fig. 18). We zien in de figuur dat in het traject van 800-1100 m de arbeidsbehoefte voor de methode met 1 man iets hoger is dan voor de methode met 2 man. Dit komt doordat bij de eenmansmethode tijd nodig is voor het overschakelen van rooien op transport en omgekeerd. Deze tijd is binnen genoemd traject hoger dan de optredende wachttijd bij de tweemansmethode. Naarmate de perceelsafstanden dichter bij de kritische afstand van een bepaalde methode liggen geeft de eenmansmethode minder voordeel t.a.v. de arbeidsbesteding.

4.5. Het kiezen van de juiste methodecombinatie

Stel een bedrijf verbouwt 10 ha consumptie-aardappelen. 7 ha ligt op een afstand van 800 m en 3 ha op 1500 m. De arbeidsbezetting bestaat uit 3 man. Voor het transport zijn drie 4 tons kipwagens aanwezig. Het bedrijf beschikt tevens over drie trekkers. De loscapaciteit in de bewaarplaats bedraagt 400 kg/minuut.

Het kavelpad is verhard en maakt een gemiddelde snelheid mogelijk van 10 km per uur. We veronderstellen dat er 150 uren beschikbaar zijn voor de aardappeloogst. We willen aan de hand van capaciteit, arbeidsbehoefte en kosten een keus maken uit de verschillende rooimethoden.

De capaciteitseis is voor deze 10 ha, 0,07 ha per uur (zie nomogram 2). Uit figuur 17 blijkt dat met uitzondering van de eenmansmethode alle overige hieraan voldoen, dus zowel de eenrijige machine met verzamelbak, de eenrijige met naastrijdende wagen en de tweerijige met naastrijdende wagen.

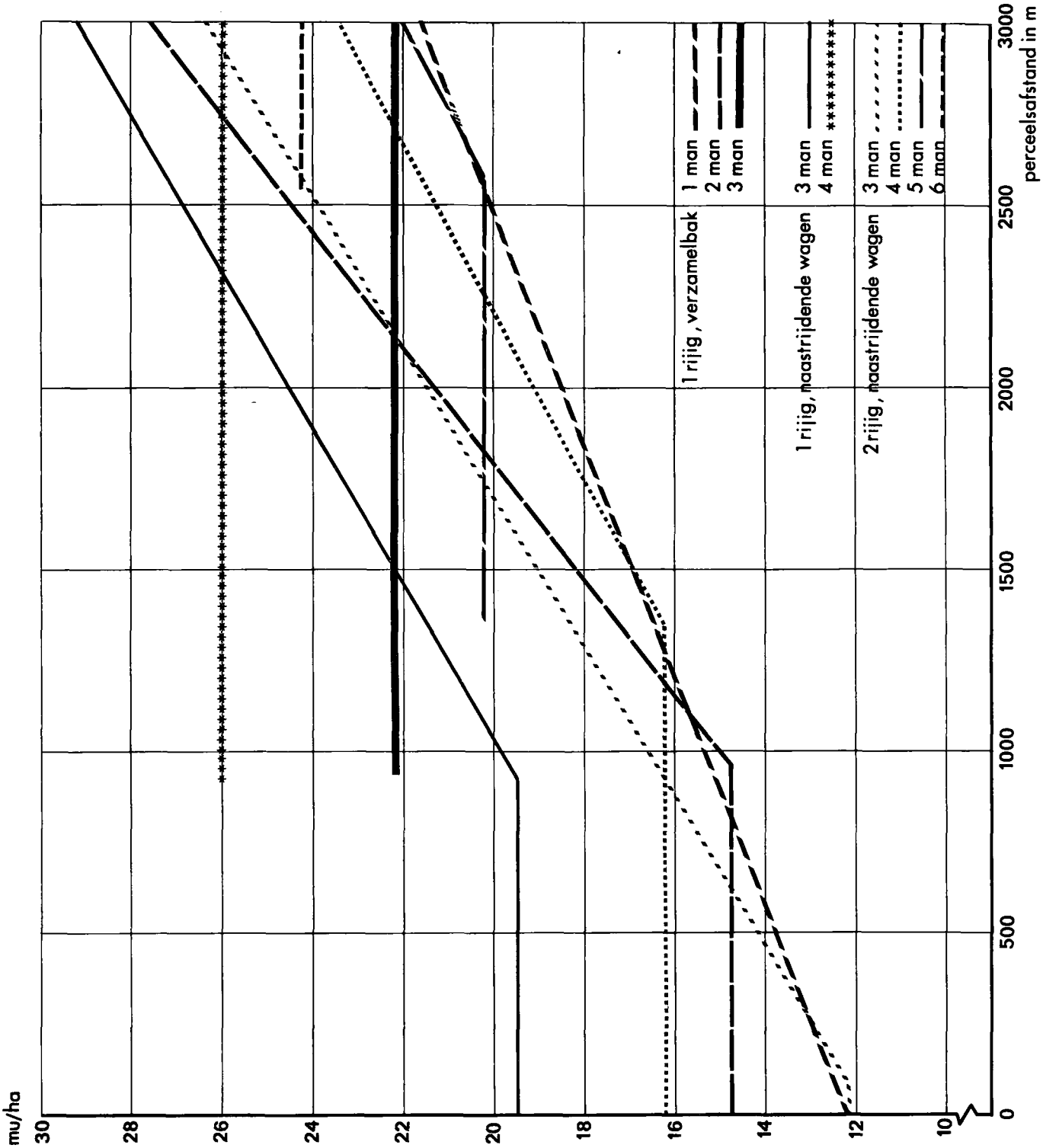


Fig. 18 Verloop van de arbeidsbehoefte voor een drietal rooimethoden bij een variërend aantal personen. Opbrengst 45 ton per ha.

Wanneer we als eis zouden stellen dat de capaciteit van de rooimachine volledig moet worden benut, zouden bij 800 m perceelsafstand voor genoemde drie methoden resp. 2, 3 en 4 en bij 1500 m perceelsafstand resp. 3, 4 en 5 personen aanwezig moeten zijn. Wanneer de machine uitsluitend op dit bedrijf wordt ingezet, en daar gaan we in dit voorbeeld van uit, dan is deze eis niet reëel. Het blijkt nl. dat ook wanneer men genoegen neemt met een belangrijke capaciteitsdaling nog ruimschoots voldaan wordt aan de capaciteitseis van 0,07 ha per uur. We zullen om die reden de volgende alternatieven met elkaar vergelijken.

A. 1-rijige machine met verzamelbak, 2 man, 2 trekkers, 3 wagens.
B. 1-rijige machine met naastrijdende wagen, 3 man, 3 trekkers, 2 wagens.
C. 2-rijige machine met naastrijdende wagen, 3 man, 3 trekkers, 2 wagens.

Deze drie methoden voldoen dus aan de eis zowel t.a.v. de capaciteit als t.a.v. het aantal beschikbare personen. We zullen eerst zien of er uit een oogpunt van arbeidsbehoefte voorkeur bestaat voor een van deze methoden. Als we de arbeidsbehoefte berekenen volgens de formules 6 en 7, of aflezen uit figuur 18, dan blijkt deze voor het rooien en transport per ha als volgt te zijn:

A = 15,9 manuur
B = 20,3 manuur
C = 16,7 manuur

Deze arbeidsbehoefte is het gewogen gemiddelde voor beide perceelsafstanden. De laagste arbeidsbehoefte vinden we dus bij de methode met verzamelbak. Het verschil met de tweerijige machine is echter slechts gering. De eenrijige machine met naastrijdende wagen is uit een oogpunt van arbeidsbehoefte niet aantrekkelijk. De methode met verzamelbak heeft het voordeel dat er slechts twee personen bij nodig zijn, waardoor er steeds één persoon beschikbaar blijft voor ander werk. Bij de beide andere methoden is al het beschikbare personeel betrokken. Wanneer hier noodzakelijk ander werk moet plaatsvinden is men genoodaaakt het rooien te onderbreken, of het rooien tijdelijk met twee man uit te voeren. Uit figuur 17 blijkt dat bij beide driemansmethoden nog een aanzienlijke overcapaciteit aanwezig is, waardoor het tijdelijk stopzetten van het rooien, of het tijdelijk met twee man werken zonder bezwaar kan plaatsvinden. De machine met verzamelbak kan echter op grond van bovenstaande overwegingen wel als de aantrekkelijkste worden beschouwd. We zullen nu van de drie methoden de kosten aan een beschouwing onderwerpen. Deze zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. De kosten voor rooien en transport in guldens per ha voor 3 rooimethoden. Oppervlakte per rooimachine 10 ha.

Omschrijving	A	B	C
Rooimachinekosten (zie bijlage)	290	252	353
Wagenkosten	46	31	31
Trekkerkosten	80	102	84
Totale werktuigkosten	416	385	468

Naast het kostenverschil zullen bij de keuze van de oogstmethode ook de arbeidsbehoefte en het aantal benodigde personen een rol spelen.

We zullen nu nog nagaan welke aanspraken de drie methoden doen op het aantal werkbare uren. Er is aangenomen dat er 150 uur beschikbaar is. Hiervan vraagt methode A 52 %, methode B 45 % en methode C 37 %. Bij alle drie methoden is dus nog een voldoend grote speling aanwezig.

Bij het nemen van een beslissing kunnen nu alle genoemde factoren tegen elkaar worden afgewogen. Het zal ook van het overige bedrijfsgebeuren afhangen welke methode zal worden gekozen.

Wanneer het van belang is te streven naar een laag arbeidsverbruik verdient de tweemansmethode met verzamelbak of de 2-rijige machine de voorkeur. Als er in de oogstperiode van de aardappelen nog veel ander werk op het bedrijf moet worden verricht is de eerstgenoemde duidelijk in het voordeel.

We zullen nu nagaan welke mogelijkheden aanwezig zijn als wordt verondersteld dat bij de aardappeloogst kan worden samengewerkt met een ander bedrijf met dezelfde oppervlakte aardappelen. Ook de andere omstandigheden, zoals arbeidsbezetting, trekkracht en wagens, zijn gelijk aan die van het eerste bedrijf. De oogstmethode moet nu een capaciteit hebben van 0,13 ha per uur.

Figuur 17 toont aan dat bij een perceelsafstand van 800 m de drie reeds genoemde methoden hieraan voldoen. Bij 1500 m ligt de capaciteit van de methode met verzamelbak en twee man hier beneden, zodat bij deze perceelsafstand met drie man moet worden gewerkt. Dit heeft geen enkel bezwaar, omdat we door deze samenwerking de beschikking hebben over zes man. Indien we dit zouden wensen is het nu mogelijk ook bij de beide methoden met naastrijdende wagen de machine-capaciteit volledig te benutten. Het ter beschikking krijgen van meer personen en transportmateriaal moet dan ook als een belangrijk voordeel van samenwerking worden gezien. Hierdoor is het nl. mogelijk bij wisselende perceelsafstanden steeds rooien en transport zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen.

Figuur 17 toont hiervan duidelijk het belang aan. We vergelijken nu de methoden A, B en C nog eens, waarbij we bij methode A en de perceelsafstand van 1500 m uitgaan van 3 man. De methoden B en C blijven ongewijzigd. De gemiddelde arbeidsbehoefte voor A wordt nu iets hoger, nl. 16,9 mu per ha. Die voor B en C blijft ongewijzigd, dus resp. 20,3 en 16,7 mu per ha. Bij alle methoden blijven voldoende personen beschikbaar voor het uitvoeren van ander werk. In tabel 5 zijn de kosten gegeven voor de drie methoden bij 20 ha aardappelen.

Tabel 5. Kosten voor rooien en transport in guldens per ha voor 3 rooimethoden. Oppervlakte per rooimachine 20 ha.

Omschrijving	A	B	C
Rooimachinekosten (zie bijlage)	171	149	208
Wagenkosten (zie bijlage)	36	27	27
Trekkerkosten (zie bijlage)	85	102	84
Totaal werktuigkosten	292	278	319

De verschillen in kosten tussen de drie methoden zijn door de grotere oppervlakten afgenomen en zijn praktisch te verwaarlozen. De arbeidsbehoefte van methode A en C is gelijk. Bij een combinatie met 20 ha aardappelen kan op grond van deze gegevens worden gekozen voor de tweerijige machine, omdat hiermee de oogst het snelst kan worden uitgevoerd. Bij samenwerkende bedrijven is dit een belangrijk punt, omdat hierdoor spanningen tussen de samenwerkende partners kunnen worden beperkt.

Vergelijking van de tabellen 4 en 5 laat zien dat door het samenwerken een besparing aan werktuigkosten optreedt van resp. *f* 1240,-, *f* 1070,- en *f* 1490,- per bedrijf.

Indien de keus valt op de tweerijige machine kan men zich afvragen of het zin heeft de combinatie nog verder uit te breiden, tot b.v. drie bedrijven met in totaal 30 ha aardappelen. Gezien de capaciteit is dit zeker mogelijk, wanneer althans de capaciteit van de machine volledig wordt benut en dus met 4 man wordt gewerkt. De werktuigkosten bedragen dan *f* 262,- per ha. De uitbreiding van de combinatie tot 30 ha levert dus nog eens *f* 570,- per bedrijf op. Het spreekt voor zich dat de voordelen van een methodeverandering, of van samenwerking veel groter kunnen zijn wanneer ook besparing op arbeid tot werkelijke kostenbesparing aanleiding geeft.Dit is bijv. het geval wanneer door vermindering van het aantal personen bij de aardappeloogst de arbeidsbezetting van het bedrijf kan worden verminderd, of als kan worden bespaard op losse arbeid. Deze problemen kunnen echter uitsluitend in het totale bedrijfsverband worden bezien, waarbij de gegevens over capaciteit en arbeidsbehoefte een nuttige dienst kunnen bewijzen.

Bijlage. Het berekenen van de kosten voor rooien en transport

1. De kosten van de rooimachines

Voor het berekenen van de jaarkosten kunnen voor aardappelrooimachines de volgende nieuwwaardeprijzen worden aangehouden.

a. 1-rijige rooimachine met verzamelbak ƒ 11500,-
b. 1-rijige wagenrooier ƒ 10000,-
c. 2-rijige wagenrooier ƒ 14000,-

Gezien het feit dat in de praktijk de benutting van de werktuigen nogal sterk uiteen loopt en door deze verschillen in benutting verschillende jaarkosten ontstaan, worden hieronder de kostenpercentages gegeven voor 3 bezettingsniveaus, waarbij gedacht kan worden aan de volgende categorieën.

I. Individuele landbouwbedrijven.
II. Combinaties van landbouwbedrijven.
Grotere individuele bedrijven.
III. Loonbedrijven en werktuigencoöperaties.
Zeer grote landbouwbedrijven en grote combinaties.

Benuttingsniveau	I	II	III
Afschrijving	15,0	17,5	20,0
Onderhoud	6,0	8,0	10,0
Verzekering	0,6	0,6	0,6
Rente	3,6	3,6	3,6
Percentage jaarkosten	25,2	29,7	34,2

2. De kosten van de wagens

Voor landbouwwagens kunnen de volgende nieuwwaardeprijzen worden aangehouden.

4-wielige landbouwwagen	3 ton	ƒ 1500,-
4-wielige landbouwwagen	4 ton	ƒ 2000,-
4-wielige landbouwwagen	5 ton	ƒ 2500,-
Los- of kipwagens	3 ton	ƒ 3000,-
Los- of kipwagens	4 ton	ƒ 3500,-
Los- of kipwagens	5 ton	ƒ 4000,-

Evenals voor de rooimachines zijn hier 3 benuttingsniveaus onderscheiden. Hieruit vloeien voort de volgende percentages voor jaarkosten.

Benuttingsniveau	I	II	III
4-wielige landbouwwagens	13,1	13,1	18,1
Kipwagens	13,1	15,1	18,1
Loswagens	25,1	32,6	36,1

Bij de bepaling van de wagenkosten voor het aardappelrooien moet rekening worden gehouden met het feit dat de wagens ook voor andere doeleinden worden gebruikt. In het algemeen zal niet meer dan 1/4 tot 1/3 deel van de wagenkosten aan het aardappelrooien kunnen worden toegerekend.

3. De kosten van de trekker

In nog sterkere mate dan bij de wagens het geval is, wordt de trekker voor meerdere werkzaamheden gebruikt. Het heeft dan ook weinig zin om via een ingewikkelde berekening een deel van de trekkerkosten op het aardappelrooien te laten drukken. Gemakshalve kunnen de trekkerkosten daarom gesteld worden op ƒ 5,- per uur.

4. De kosten van de arbeid

De arbeidskosten vormen voor het bedrijf een vaste kostenpost die alleen gevarieerd kan worden met intervallen van een vaste arbeidskracht, tenzij sprake is van losse arbeid of overwerk. Het is dan ook moeilijk de verschillen in arbeidsaanspraken van de methoden uit te drukken in kostenverschillen. De vraag of arbeidsbesparing tevens kostenbesparing inhoudt, hangt teveel af van de individuele situatie, zodat geen algemene uitspraak kan worden gedaan. We zullen dan ook niet verder gaan dan de verschillen in arbeidsaanspraken uit te drukken in manuren per ha. Voor het vergelijken van alternatieve situaties kan, naar omstandigheden, worden uitgegaan van het uurloon of van het evenredig deel van het jaarloon van een arbeidskracht.